

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

« 01 » 01 2020 г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки  
корпуса автомасленки

тема

Руководитель

М.М. 01.01.20  
подпись, дата

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

В.В. Платонов

инициалы, фамилия

Выпускник

В.А. /  
подпись, дата

В.А. Ермаков

инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

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

Консультанты по разделам:

Технологическая часть  
наименование раздела

  
подпись, дата

В.В. Платонов  
инициалы, фамилия

Конструкторская часть  
наименование раздела

  
подпись, дата

В.В. Платонов  
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть  
наименование раздела

  
подпись, дата

В.В. Платонов  
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 «Автомобильный Транспорт и Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.М. Желтобрюхов

подпись инициалы фамилия

« 27 » 04 2020 г.

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

Студенту Ермакову Владиславу Александровичу  
фамилия, имя, отчество

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

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование технологического  
процесса механической обработки корпуса автомасленки

Утверждена приказом по институту № 224 от 27.04.2020 г.

Руководитель ВКР В.В. Платонов, канд. техн. наук, доцент кафедры АТиМ,  
ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 500 шт.

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

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

2. Базовый технологический процесс – 3 листа ф. А1; 3. Технологический

процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление контрольное – 2

листа ф. А1; 6. Техничко-экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

  
подпись

В.В. Платонов  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись

Е.В. Ермаков  
инициалы и фамилия студента

« 27 » 04 2020 г.

## РЕФЕРАТ

Данная работа содержит проектирование технологического процесса механической обработки корпуса автомасленки.

В технологической части проанализировано служебное назначение корпуса, сделан анализ технологичности и технических требований, выбран способ получения заготовки, произведен расчет и выбор припусков на механическую обработку, расчет и выбор режимов резания, нормирование технологического процесса обработки корпуса, определено необходимое количество технологического оборудования.

В конструкторской части спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на универсальном горизонтально-расточном станке 2М614 на операции растачивания посадочных отверстий. Так же спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности оси посадочного отверстия  $\varnothing 38$  относительно установочной поверхности В.

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

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

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Технологическая часть.....	6
1.1 Анализ служебного назначения.....	6
1.2 Анализ технологичности.....	7
1.3 Анализ технических требований .....	8
1.4 Обзор методов обработки детали .....	9
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки детали .....	9
1.6 Обработка корпуса на станке с ЧПУ .....	13
1.7 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	16
1.8 Расчет и назначение припусков .....	17
1.9 Расчет режимов резания.....	22
1.10 Расчет норм времени .....	28
1.11 Выбор универсального оборудования .....	33
1.12 Выбор оборудования с ЧПУ .....	34
2 Конструкторская часть.....	38
2.1 Проектирование расточного приспособления.....	38
2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления .....	38
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления.....	38
2.1.3 Расчет силового привода.....	40
2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность .....	41
2.2 Проектирование контрольного приспособления .....	42
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления .....	43
2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля параллельности .....	43
2.2.3 Расчет приспособления на точность .....	43
3 Экономическая часть .....	45
3.1 Выбор технологического оборудования.....	45
3.2 Определение занимаемой площади .....	46
3.3 Организация транспортной системы .....	46
3.4 Организация технического контроля.....	47
3.5 Организация системы инструментообеспечения .....	47
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания .....	47
3.7 Расчет себестоимости детали.....	48
3.8 Технико-экономические показатели.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	53
CONCLUSION.....	54
Приложения .....	56

## **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 корпуса автомасленки с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Анализ служебного назначения

Корпус служит для установки сборочных единиц автомасленки и ее дальнейшего соединения с системой посредством шлангов.

Материалом детали является серый чугун СЧ18 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.

Данный материал обладает следующими механическими свойствами

- 1 предел прочности при растяжении – наибольшая нагрузка, предшествующая разрушению образца –  $\sigma_B = 180$  МПа;
- 2 предел текучести – минимальное напряжение при котором начинается текучесть (пластическая деформация материала без дальнейшего увеличения нагрузки) –  $\sigma_T = 320$  МПа;
- 3 относительное удлинение –  $\delta = 1$  %;
- 4 твердость по Бринеллю НВ = 190 Н/мм<sup>2</sup>.

Данные о материале сводим в таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна СЧ18 (ГОСТ 1412-85), %

Углерод С	Кремний Si	Марганец Mn	Фосфор Р не более	Сера S не более
3,4-3,6	1,7-2,1	0,5-0,8	0,2	0,15

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ18

Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Литейная усадка $\varepsilon$ , %	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 $\lambda$ , Вт/м
$7,1 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^6$	59



## 1.2 Анализ технологичности

Конструкция детали закрытой коробчатой формы, достаточно сложная с наличием криволинейных поверхностей, множеством внутренних полостей и сквозным посадочным отверстием. Формовка производится с применением стержня для получения посадочного отверстия.

Нетехнологичны

1 ступени посадочных отверстий, которые невозможно обработать на проход, что потребует более точной настройки длины обработки;

2 канавки в посадочных отверстиях из-за применения инструмента специального профиля и врезной схемы резания;

3 отверстия с длиной значительно превышающей  $10d$ , из-за сложности отвода тепла и стружки из зоны резания и применения специального удлиненного инструмента;

4 плоскости под болты из-за невозможности обработки на проход;

5 отверстие, расположенное под углом из-за сложности подвода инструмента.

В остальном деталь технологична, имеет свободный доступ к обрабатываемым поверхностям, допускает применение высокопроизводительных режимов резания, имеет хорошую базовую поверхность.

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

1 Коэффициент использования материала

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

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

$$K_M = 15/18,3 = 0,82$$

Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

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

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

$$K_y = 73/136 = 0,54$$

Деталь технологична.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

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

где  $K_{си}$  - количество стандартного инструмента,  
 $K_{об}$  - общее количество инструмента.

$$K_{и} = 19/23 = 0,83$$

Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

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

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

$$K_o = 72/136 = 0,53$$

Деталь технологична.

Данный анализ также показал, что деталь является технологичной.

### 1.3 Анализ технических требований

Деталь – корпус, представляет собой отливку II класса точности из серого чугуна СЧ18 ГОСТ 1412-85. У отливки допускается облой по разьему формы не более 1 мм и литейные радиусы 3...5 мм.

К рассматриваемому корпусу требований по форме и расположению поверхностей не предъявлено. Только взаимное биение посадочного отверстия и проточки в нем. Это требование выдержим обработкой данных поверхностей с одной установки.

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

Для поверхностей с шероховатостью Rz80 и Rz40 достаточно однократной обработки.

Посадочные отверстия и торцы с шероховатостью Ra2,5 обрабатываем начерно и начисто.

#### **1.4 Обзор методов обработки детали**

Корпус представляет собой коробчатую деталь закрытого типа.

Плоскости детали обрабатываем на станках фрезерной группы. Главным движением в этом случае является вращательное движение инструмента вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение заготовки. Для образования установочной плоскости применим торцевое фрезерование с продольной подачей, для образования торцов посадочных отверстий – с вертикальной.

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 детали**

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 верхняя плоскость корпуса, так как на ней имеются отверстия под направляющую и упорную базы – оправку и палец приспособления.

Так как деталь имеет малые габариты и массу, для фрезерных операций подойдет горизонтально-фрезерный станок модели 6Л82У, для расточных – горизонтально-расточной 2А614-1, а для сверления при максимальном диаметре 20 мм – радиально-сверлильный 2К52.

Так как производство серийное, стараемся использовать стандартный инструмент. Для обработки плоскостей примем торцевую фрезу  $\varnothing 160$  мм со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК6 по ГОСТ 9473-90. Для растачивания посадочных отверстий примем токарный расточной резец с углом в плане  $\phi = 60^\circ$  с пластинами из твердого сплава по ГОСТ 18882-93. Для обработки различных отверстий примем сверла спиральные по ГОСТ 4010-97. Для обработки длинных отверстий примем сверло спиральное удлиненное по ГОСТ 2092-97.

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

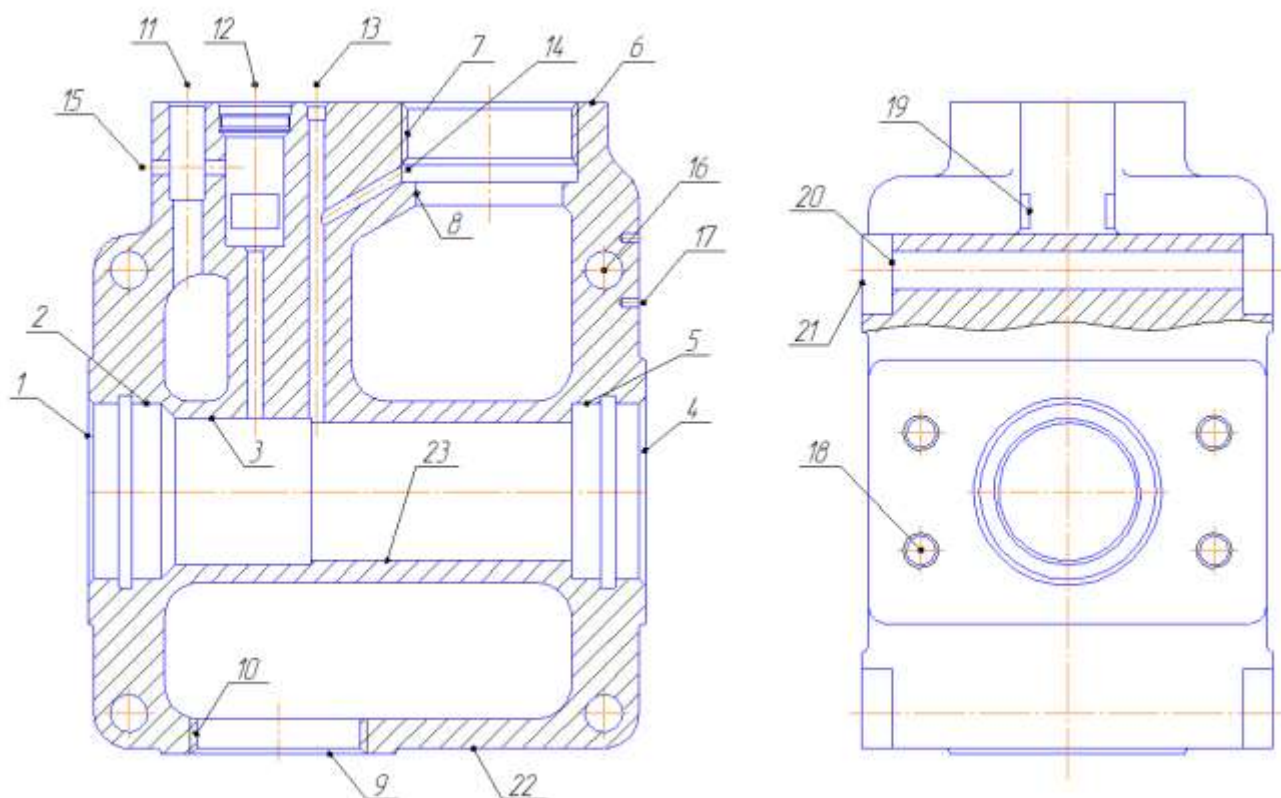


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

На первых операциях произведем подготовку основной технологической базы – верхней плоскости корпуса и отверстий на ней.

#### 010 Горизонтально-фрезерная

А Установить заготовку по поверхности 4 и отверстию 23 с упором в поверхность 9.

1 Фрезеровать плоскость 6 предварительно.

2 Фрезеровать плоскость 6 окончательно.

Станок горизонтально-фрезерный 6Л82У, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза торцевая Ø160 ГОСТ 9473-90, ВК6.

#### 020 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 4 и отверстию 23 с упором в поверхность 22.

- 1 Расточить отверстие 8 окончательно.
- 2 Расточить отверстие 7 Ø58<sup>+0,19</sup> под резьбу предварительно.
- 3 Расточить фаску.
- 4 Расточить в отверстии 7 проточку окончательно.
- 5 Нарезать в отверстии 7 резьбу М60х2-7Н.
- 6 Сверлить отверстие 12 Ø19<sup>+0,13</sup> на глубину 45<sup>+0,6</sup> предварительно.
- 7 Расточить отверстие 12 до Ø20<sup>+0,052</sup> на глубину 49<sup>+0,6</sup> окончательно.
- 8 Расточить в отверстии 12 канавку окончательно.
- 9 Расточить отверстие 12 до Ø22,5<sup>+0,052</sup> под резьбу предварительно.
- 10 Расточить отверстие 12 до Ø24,5<sup>+0,13</sup> на глубину 4±0,2 окончательно.
- 11 Расточить отверстие 12 до Ø25<sup>+0,21</sup> предварительно.
- 12 Расточить отверстие 12 до Ø25,5<sup>+0,13</sup> окончательно.

Б Повернуть стол на 180°.

- 13 Точить торец 9 окончательно.
- 14 Расточить отверстие 10 Ø58<sup>+0,19</sup> под резьбу предварительно.
- 15 Расточить фаску.
- 16 Нарезать в отверстии 10 резьбу М60х2-7Н

Станок горизонтально-расточной 2А614-1, приспособление – специальное, оправки расточные; режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 18882-93, ВК6, резец подрезной ГОСТ 18888-93, ВК6, резцы канавочные, резец резьбовой для внутренней метрической резьбы, сверло спиральное ГОСТ 4010-97, Р6М5.

#### 030 Горизонтально-фрезерная

А Установить заготовку по поверхности 6 и отверстиям 7 и 12.

- 1 Фрезеровать торец 1 предварительно.
  - 2 Фрезеровать торец 1 окончательно.
- Б Переустановить заготовку на 180°.
- 3 Фрезеровать торец 4 предварительно.
  - 4 Фрезеровать торец 4 окончательно.

Станок горизонтально-фрезерный 6Л82У, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза торцевая Ø160 ГОСТ 9473-90, ВК6.

#### 040 Расточная

А Установить заготовку по поверхности 6 и отверстиям 7 и 12.

- 1 Расточить отверстие 23 на глубину 120<sup>+1</sup> предварительно.
- 2 Расточить отверстие 5 предварительно.
- 3 Расточить отверстие 5 окончательно.
- 4 Расточить наружную фаску.

- 5 Расточить проточку предварительно.
- 6 Расточить проточку окончательно.
- Б Повернуть стол на 180°.
- 7 Расточить отверстие 3 предварительно.
- 8 Расточить отверстие 3 окончательно.
- 9 Расточить отверстие 2 предварительно.
- 10 Расточить отверстие 2 окончательно.
- 11 Расточить внутреннюю фаску.
- 12 Расточить наружную фаску.
- 13 Расточить проточку предварительно.
- 14 Расточить проточку окончательно.

Станок горизонтально-расточной 2А614-1, приспособление – специальное, оправки расточные; режущий инструмент – резец расточной ГОСТ 18882-93, ВК6, резец канавочный.

#### 050 Горизонтально-фрезерная

А Установить заготовку по отверстию 5, торцу 4 с упором в поверхность 22.

- 1 Фрезеровать 4 поверхности 21 окончательно.
- 2 Фрезеровать 4 поверхности 20 окончательно.
- Б Переустановить заготовку на 180°.
- 3 Фрезеровать 4 поверхности 21 окончательно.
- 4 Фрезеровать 4 поверхности 20 окончательно.
- В. Переустановить заготовку на 90°.
- 5 Фрезеровать 2 паза 19 окончательно.

Станок горизонтально-фрезерный 6Л82У, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза торцевая Ø50 ГОСТ 9304-89, Р6М5, фреза концевая Ø30 ТУ 2-035-591-97, ВК6, фреза дисковая трехсторонняя Ø50 ГОСТ 3755-98, Р6М5.

#### 060 Радиально-сверлильная

А Установить заготовку по трем поверхностям 21 с упором в поверхность 22 и торец 1.

- 1 Сверлить 4 отверстия 16 Ø13<sup>+0,43</sup> на проход окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2К52, приспособление специальное, плита кондукторная; режущий инструмент сверло спиральное удлиненное ГОСТ 2092-97, Р6М5.

#### 070 Радиально-сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 10, торцу 9 с упором в торец 4.

- 1 Сверлить отверстие 11 Ø10<sup>+0,09</sup> предварительно.
- 2 Развернуть отверстие 11 до Ø12<sup>0,043</sup> на глубину 33<sup>+0,062</sup> окончательно.
- 3 Сверлить в отверстиях 12 отверстие Ø5<sup>+0,3</sup> на проход окончательно.
- 4 Нарезать в отверстиях 12 резьбу М24х1,5-7Н.

- 5 Сверлить отверстие 13  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.
- 6 Развернуть отверстие 13 до  $\varnothing 6^{+0,018}$  на глубину  $6^{+0,3}$  мм окончательно.
- Б Наклонить шпиндель на  $60^\circ$ .
- 7 Сверлить отверстие 14  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2К52, приспособление – специальное, плита кондукторная; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97, Р6М5, развертка ГОСТ 1672-90, Р6М5, сверло спиральное удлиненное ГОСТ 2092-97, Р6М5, метчик ГОСТ 3266-91, Р6М5.

#### 080 Радиально-сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 5, торцу 4 с упором в поверхность б.

- 1 Сверлить 4 отверстия 18  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу предварительно.
- 2 Нарезать в 4х отверстиях 18 резьбу М12-7Н.
- 3 Сверлить отверстие 15  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.

Б Переустановить заготовку по отверстию 2, торцу 1 с упором в поверхность б.

- 4 Сверлить 4 отверстия 18  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу предварительно.
- 5 Нарезать в 4х отверстиях 18 резьбу М12-7Н.
- 6 Сверлить 4 отверстия 17  $\varnothing 3,2^{+0,3}$  окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2К52, приспособление – специальное, плита кондукторная; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97, Р6М5, метчик ГОСТ 3266-91, Р6М5, приспособление – специальное.

### 1.6 Обработка корпуса на станке с ЧПУ

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

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

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.

Составим маршрут обработки корпуса с применением станков с ЧПУ.

#### 010 Токарно-фрезерная с ЧПУ

А Установить заготовку в шпиндель по отверстию 2 с упором в торец 1.

- 1 Фрезеровать торец 4 предварительно.
- 2 Фрезеровать торец 4 окончательно.
- 3 Расточить отверстие 23 на глубину  $120^{+1}$  предварительно.
- 4 Расточить отверстие 5 предварительно.
- 5 Расточить отверстие 5 окончательно.
- 6 Расточить наружную фаску.
- 7 Расточить проточку предварительно.
- 8 Расточить проточку окончательно.
- 9 Сверлить 4 отверстия 18  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу предварительно.
- 10 Нарезать в 4х отверстиях 18 резьбу М12-7Н.
- 11 Сверлить 4 отверстия 17  $\varnothing 3,2^{+0,3}$  окончательно.
- 12 Фрезеровать плоскость 6 предварительно.
- 13 Фрезеровать плоскость 6 окончательно.
- 14 Расточить отверстие 8 окончательно.
- 15 Расточить отверстие 7  $\varnothing 58^{+0,19}$  под резьбу предварительно.
- 16 Расточить фаску.
- 17 Расточить в отверстии 7 проточку окончательно.
- 18 Нарезать в отверстии 7 резьбу М60х2-7Н.
- 19 Сверлить отверстие 11  $\varnothing 10^{+0,09}$  предварительно.
- 20 Развернуть отверстие 11 до  $\varnothing 12^{0,043}$  на глубину  $33^{+0,062}$  окончательно.
- 21 Сверлить отверстие 12  $\varnothing 19^{+0,13}$  на глубину  $45^{+0,6}$  предварительно.
- 22 Расточить отверстие 12 до  $\varnothing 20^{+0,052}$  на глубину  $49^{+0,6}$  окончательно.
- 23 Расточить в отверстии 12 канавку окончательно.
- 24 Расточить отверстие 12 до  $\varnothing 22,5^{+0,052}$  под резьбу предварительно.
- 25 Расточить отверстие 12 до  $\varnothing 24,5^{+0,13}$  на глубину  $4\pm 0,2$  окончательно.
- 26 Расточить отверстие 12 до  $\varnothing 25^{+0,21}$  предварительно.
- 27 Расточить отверстие 12 до  $\varnothing 25,5^{+0,13}$  окончательно.
- 28 Нарезать в отверстии 12 резьбу М24х1,5-7Н.
- 29 Сверлить отверстие 13  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.
- 30 Развернуть отверстие 13 до  $\varnothing 6^{+0,018}$  на глубину  $6^{+0,3}$  мм окончательно.
- 31 Сверлить отверстие 14  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.
- 32 Фрезеровать 2 паза 19 окончательно.



- 33 Фрезеровать торец 9 окончательно.
- 34 Расточить отверстие 10  $\varnothing 58^{+0,19}$  под резьбу предварительно.
- 35 Расточить фаску.
- 36 Нарезать в отверстиях 10 резьбу М60х2-7Н
- 37 Фрезеровать 4 поверхности 21 окончательно.
- 38 Фрезеровать 4 поверхности 20 окончательно.
- 39 Сверлить 2 отверстия 16  $\varnothing 13^{+0,43}$  на проход окончательно.

Б Переустановить заготовку во второй шпиндель по отверстию 5 с упором в торец 4.

- 40 Фрезеровать торец 1 предварительно.
- 41 Фрезеровать торец 1 окончательно.
- 42 Расточить отверстие 3 предварительно.
- 43 Расточить отверстие 3 окончательно.
- 44 Расточить отверстие 2 предварительно.
- 45 Расточить отверстие 2 окончательно.
- 46 Расточить внутреннюю фаску.
- 47 Расточить наружную фаску.
- 48 Расточить проточку предварительно.
- 49 Расточить проточку окончательно.
- 50 Сверлить 4 отверстия 18  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу предварительно.
- 51 Нарезать в 4х отверстиях 18 резьбу М12-7Н.
- 52 Сверлить отверстие 15  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.
- 53 Сверлить в отверстиях 12 отверстие  $\varnothing 5^{+0,3}$  на проход окончательно.
- 54 Фрезеровать 4 поверхности 21 окончательно.
- 55 Фрезеровать 4 поверхности 20 окончательно.
- 56 Сверлить 2 отверстия 16  $\varnothing 13^{+0,43}$  на проход окончательно.

Многофункциональный токарно-фрезерный центр с ЧПУ Goodway GMS-2000, патроны трехлачковые гидравлические, оправки расточные;

инструмент – фреза торцевая  $\varnothing 160$  ГОСТ 9473-90, ВК6, резец расточной ГОСТ 18882-93, ВК6, резцы канавочные, резец резьбовой для внутренней метрической резьбы, сверло спиральное ГОСТ 4010-97  $\varnothing 3,2, 5, 10, 10,5, 19, Р6М5$ , метчик ГОСТ 3266-91 М12, Р6М5, развертка ГОСТ 1672-90  $\varnothing 6, 12, Р6М5$ , сверло спиральное удлиненное ГОСТ 2092-97  $\varnothing 5, 13, Р6М5$ , фреза дисковая трехсторонняя  $\varnothing 50$  ГОСТ 3755-98, Р6М5, фреза торцевая  $\varnothing 50$  ГОСТ 9304-89, Р6М5, фреза концевая  $\varnothing 30$  ТУ 2-035-591-97, ВК6.

## 1.7 Экономическое обоснование выбора заготовки

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

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

Различные способы литья отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления форм. Отливки из серого чугуна чаще всего получают в песчано-глинистых (80%) и металлических (чугунных) формах – кокилях. 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 2го класса точности, IV группы сложности, массой 18,3 кг из чугуна СЧ18, 2ой группы серийности.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Вид литья	$C_i$	$k_T$	$k_c$	$k_B$	$k_M$	$k_{\Pi}$	$Q$	$q$	$S_{\text{отх}}$
Кокиль	64600	1,1	1,1	0,84	1	1,2	17,8	15	4500
Песчан.формы	64600	1,05	1	0,84	1	1,2	18,3	15	4500

$$S_{\text{заг1}} = 1389,89 \text{ руб}$$

$$S_{\text{заг2}} = 1236,37 \text{ руб}$$

Расчет показал, что для нашего случая более приемлемо литье в обычные песчано-глинистые 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

$$\mathcal{E}_Г = (S_{зар1} - S_{зар2}) \cdot N = (1389,89 - 1236,37) \cdot 500 = 76\,760 \text{ руб} \quad (1.6)$$

## 1.8 Расчет и назначение припусков

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

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

Для наиболее важных поверхностей данной детали (посадочное отверстие  $\varnothing 50^{+0,039}$  и его торцы) припуски рассчитаем по формулам.

### 1 Обработка посадочного отверстия $\varnothing 50^{+0,039}$ .

Данное отверстие растачивается до шероховатости  $Rz = 2,5$  мкм с выдерживанием точности размера по восьмому 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  $d = 50$  мм, длина  $l = 190$  мм.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(1 \cdot 50)^2 + (1 \cdot 190)^2} = 197 \text{ мкм}$$

Величина смещения отверстия в отливке относительно базовой 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 132 мм и 70 мм по второму классу точности отливки составляют 2200 мкм и 600 мкм соответственно.

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{2200}{2}\right)^2 + \left(\frac{600}{2}\right)^2} = 1360 \text{ мкм}$$

$$\rho_d = \sqrt{197^2 + 1360^2} = 1374 \text{ мкм}$$

На последующих переходах  $\rho$  определяется через коэффициент уточнения, который равен после черного растачивания 0,06.

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.

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на верхнюю плоскость, которая лишает ее трех степеней свободы. Направляющую базу представляет оправка, упорную – установочный срезанный палец, лишаящие заготовку оставшихся трех степеней свободы.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет поворота заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на палец приспособления. Поворот происходит из-за наличия зазора между наибольшим диаметром установочного отверстия и наименьшим диаметром пальца. Наибольший зазор можно определить [6]

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

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 52 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр пальца, 13 мкм;

$S_{\min}$  – минимальный зазор, 20 мкм.

$$S_{\max} = 85 \text{ мкм.}$$

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]

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,085}{60} = 0,0014 \quad (1.13)$$

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

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 57 мм:

$$\varepsilon_6 = 57 \cdot 0,0014 = 81 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления механическим зажимом при установке на опорные пластинки приспособления по чистой базе  $\varepsilon_3 = 120$  мкм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{81^2 + 120^2} = 145 \text{ мкм}$$

Чистовой переход 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 1.4.

Таблица 1.4 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку отверстия  $\varnothing 50^{+0,039}$

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	$Rz$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{min}$	$d_{max}$	$2z_{min}$	$2z_{max}$
Заготовка	700		1374			45,609	1400	44,21	45,61		
Растачивание											
Черновое	50	-	83	145	2·2082	49,773	160	49,613	49,773	4164	5403
Чистовое	12	-	-	0	2·133	50,039	39	50	50,039	266	387
Итого										4430	5790

2 Обработка торцев посадочного отверстия.

Конструкторский размер  $190_{-1,2}$ .

Достигаемая шероховатость  $Ra = 2,5$  мкм.

Обработка ведется в два перехода.

Припуски на последовательную обработку противоположных плоскостей можно рассчитать по формуле [6]

$$2Z_{min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.14)$$

Суммарное значение  $Rz$  и  $T$  также составляет 700 мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке на перпендикулярную [6]

$$\rho = \rho_{кор} \quad (1.15)$$

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

Длина торца  $d = 180$  мм.

$$\rho_{кор} = 180 \text{ мкм}$$

Так как схема установки та же, что и при растачивании, погрешность установки по формуле (1.11)  $\varepsilon_y = 145$  мкм.

Чистовой переход производится без переустановки, поэтому  $\varepsilon_y = 0$ .  
 Результаты расчетов сведем в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку торцов

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $l_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2z_{\min}$	$2z_{\max}$
Заготовка	700		180			190,786	2500	190,79	193,29		
Фрезерование											
Черновое	50	-	11	145	2·932	188,922	1600	188,922	190,522	1864	2768
Чистовое	30	-	-	-	2·61	188,8	1200	188,8	190	122	522
Итого										1986	3290

На остальные поверхности припуски назначим [6] и оформим в виде таблицы 1.6.

Таблица 1.6 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический Переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный p-p с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1, 4 – торцы	190 <sub>-1,2</sub>	1.фрезерование черновое 2.фрезерование чистовое	0,932·2 0,061·2	1,3·2 0,2·2	193 <sup>+2,5</sup> 190,4 <sup>+1,6</sup>
2, 5 – отверстия	Ø60 <sup>+0,074</sup>	1.черновое растачивание 2.чистовое растачивание		2,35·2 0,15·2	Ø55 <sub>-1,6</sub> Ø59,7 <sub>-0,19</sub>
3 – отверстие	Ø50 <sup>+0,039</sup>	1.черновое растачивание 2.чистовое растачивание	2,082·2 0,133·2	2,35·2 0,15·2	Ø45 <sub>-1,4</sub> Ø49,7 <sub>-0,16</sub>
6, 9 – торцы	224 <sub>-1,2</sub>	1.фрезерование черновое 2.фрезерование чистовое 3.точение черновое		1,3 0,2 1,5	227 <sup>+2,5</sup> 225,7 <sup>+2</sup> 225,5 <sup>+1,6</sup>
7, 10 – отверстия	Ø58 <sup>+0,19</sup>	1.черновое растачивание		2,5·2	Ø53 <sub>-1,6</sub>
21 – торцы	130 <sub>-1,0</sub>	1.фрезерование черновое		1,5·2	133 <sup>+2,2</sup>

## 1.9 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 тех же поверхностей.

1 Растачивание посадочного отверстия  $\varnothing 50^{+0,039}$ .

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.

1.1 Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.6  $t = 2,35$  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]

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

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.



$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,35^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 92 \text{ м / мин}$$

Частота вращения [14]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 92}{3,14 \cdot 50} = 585 \text{ об / мин} \quad (1.18)$$

Примем по станку 2А614-1  $n = 500$  об/мин.  
Уточним скорость резания [14]

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 500}{1000} = 80 \text{ м / мин} \quad (1.19)$$

Сила резания [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 [14]

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

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  $\varphi = 60^\circ$ ,  $K_{\varphi p} = 0,94$ ;

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

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

$K_{r p}$  – учитывает влияние радиуса при вершине, при  $r = 0,5$  мм  $K_{r p} = 0,87$ .

$$K_p = 1 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,9$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,35^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 0,9 = 1157 \text{ Н}$$

Мощность резания [14]

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1157 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт,  
мощность токарного шпинделя станка с ЧПУ – 7,5 кВт.

1.2 Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.6  $t = 0,15$  мм.

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

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.16)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 121 \text{ м / мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 121}{3,14 \cdot 50} = 711 \text{ об / мин}$$

Примем – 630 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 630}{1000} = 100 \text{ м / мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,15^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 100^0 \cdot 0,9 = 37 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{37 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

2 Фрезерование торцев.

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.

Режущий инструмент – торцевая фреза  $\varnothing 160$  с числом зубьев  $z = 16$ .

2.1 Черновое фрезерование.

Глубина резания по таблице 1.6  $t = 1,3$  мм.

Подача на один зуб фрезы по таблицы 33 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава  $S_z = 0,2$  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 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  $B = 90$  мм.

$$V = \frac{445 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,3^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 90^{0,2} \cdot 16^0} 0,8 = 128 \text{ м / мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 160} = 255 \text{ об / мин}$$

Принимаем по станку 250 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 250}{1000} = 125 \text{ м / мин}$$

Сила резания при фрезеровании [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  $K_{mp} = 1$ ;

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,3^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 90^1 \cdot 16}{160^1 \cdot 250^0} = 1888 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1888 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 1510 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (1.25)$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{1888 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 3,9 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 4 кВт,  
 мощность фрезерного шпинделя станка с ЧПУ – 11 кВт.

2.2 Чистовое фрезерование.

Глубина резания по таблице 1.6  $t = 0,2$  мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 37 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава при достижении шероховатости  $Ra = 2,5$  мкм  $S_z = 0,05$  мм.

Скорость резания (1.23)

$$V = \frac{445 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,05^{0,35} \cdot 90^{0,2} \cdot 16^0} = 294 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 294}{3,14 \cdot 160} = 585 \text{ об/мин}$$

Принимаем по станку 500 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 500}{1000} = 250 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.24)

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,2^{0,9} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 90^1 \cdot 16}{160^1 \cdot 500^0} = 126 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе (1.25)

$$M_{кр} = \frac{126 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{126 \cdot 250}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}$$

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [12] и оформим в виде таблицы 1.7.

Таблица 1.7 – 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	1,3	3,2	125	250	1888	3,9
Фрезерование чистовое	0,2	0,8	250	500	126	0,5
Фрезерование черновое Ø50	1,5	1,2	80	500	1234	1,6
Фрезерование концевое Ø30	1,5	1	63	630	917	1,0
Растачивание черновое	2,35	0,5	80	500	1157	1,5
Растачивание чистовое	0,15	0,2	100	630	37	0,1
Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P <sub>z</sub> , Н	N <sub>e</sub> , кВт
Нарезание резьбы М60х2-7Н	1	2	32	160	580	0,3
Сверление Ø19	9,5	0,4	20	315	3582	1,2
Сверление Ø13	6,5	0,35	16	400	3278	0,9
Сверление Ø10	5	0,32	12,5	400	2960	0,9
Сверление Ø5	2,5	0,16	10	630	2600	0,4
Сверление Ø3,2	1,6	0,18	6,3	630	2150	0,2

Развертывание Ø12	1	0,8	25	630	510	0,2
Развертывание Ø6	0,5	0,5	12,5	630	480	0,1
Нарезание резьбы M12-7H	0,5	1	6,3	160	550	0,05
Нарезание резьбы M24x1,5-7H	0,75	1,5	8	100	520	0,07

### 1.10 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, берется по справочным таблицам с учетом условий производства, оборудования, массы и габаритов заготовки и др.;

$t_{тех}$ ,  $t_{орг}$  - 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]

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.27)$$

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.

Пронормируем первую технологическую операцию (обработки основной технологической базы).

Данная операция содержит 2 технологических перехода

1 фрезерование плоскости черное

Обработка ведется «на проход» торцевой фрезой Ø160 с  $z = 16$ .

Основное время при фрезеровании [13]

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

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

$S_z$  – подача на зуб фрезы;

$Z$  – число зубьев фрезы;

$n$  – частота вращения шпинделя.

Фактическая длина обработки равна длине плоскости  $L_0 = 80$  мм.

Длина врезания равна длине перебега – пол диаметра фрезы плюс 5 мм.  
 $L = 80 + 85 + 85 = 250$  мм.

$S_z = 0,2$  мм;  $z = 16$ ;  $n = 250$  об/мин (из расчетов режимов резания).

Основное время

$$t_{o1} = \frac{250}{0,2 \cdot 16 \cdot 250} = 0,32 \text{ мин}$$

2 фрезерование плоскости чистовое.

Длина обработки та же  $L = 80 + 85 + 85 = 250$  мм.

$S_z = 0,05$  мм;  $z = 16$ ;  $n = 500$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_{o2} = \frac{250}{0,05 \cdot 16 \cdot 500} = 0,63 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,32 + 0,63 = 0,95 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время [15]

1 время на установку и снятие детали со станка 0,37 мин;

2 время на подвод и отвод инструмента 0,16;

3 время на управление станком 0,48 мин.

Вспомогательное время

$$t_b = 0,37 + 0,16 + 0,48 = 1,01 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 0,95 + 1,01 = 1,96 \text{ мин.}$$

Укрупненно для фрезерных станков [15]

$$t_{\text{тех}} = 3\% T_{\text{оп}} = 0,03 \cdot 1,96 = 0,06 \text{ мин,}$$

$$t_{\text{орг}} = 1,2\% T_{\text{оп}} = 0,015 \cdot 1,96 = 0,04 \text{ мин,} \quad (1.29)$$

$$t_{\text{отд}} = 6\% T_{\text{оп}} = 0,06 \cdot 1,96 = 0,12 \text{ мин.}$$

Штучное время на данной операции

$$T_{\text{шт}} = 1,96 + 0,06 + 0,03 + 0,12 = 2,17 \text{ мин.}$$

Для серийного производства надо рассчитать штучно-калькуляционное время [13]

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}} \quad (1.30)$$

где подготовительно-заключительное время для фрезерных станков  $T_{\text{п.з.}} = 21$  мин, для расточных – 24 мин, для сверлильных – 18 мин,  
 $n$  – количество деталей в настроечной партии – 100 шт.

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{21}{100} + 2,17 = 2,38 \text{ мин}$$

На остальные операции нормы времени рассчитываем аналогично и результаты вычислений сведем в таблицы 1.8, 1.9.

Таблица 1.8 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	$t_o$	$t_b$	$T_{\text{оп}}$	$t_{\text{тех}}$	$t_{\text{орг}}$	$t_{\text{отд}}$	$T_{\text{шт}}$	$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n}$	$T_{\text{ш-к}}$
10 Фрезерная									
1 фрезерование черн	0,32	1,01	1,96	0,06	0,03	0,12	2,17	0,21	2,38
2 фрезерование чист	0,63								
20 Расточная									
1 растачивание $\varnothing 50$	0,16	3,27	4,74	0,14	0,09	0,27	5,24	0,24	5,48
2 растачивание $\varnothing 58$	0,12								
3 растачивание фаски	0,03								
4 растачив. канавки	0,04								
5 нарезание М60х2	0,08								
6 сверление $\varnothing 19$	0,36								
7 растачивание $\varnothing 20$	0,22								
8 растачив. канавки	0,04								
9 растачив. $\varnothing 22,5$	0,06								
10 растачив. $\varnothing 24,5$	0,04								
11 растачивание $\varnothing 25$	0,03								



Продолжение таблицы 1.8

12 растачив. Ø25,5	0,03								
13 точение торца	0,08								
14 растачивание Ø58	0,08								
15 растачив. фаски	0,03								
16 нарезание М60х2	0,07								
30 Фрезерная									
1 фрезерование черн	0,38								
2 фрезерование чист	0,75	1,65	3,91	0,12	0,05	0,23	4,31	0,21	4,52
3 фрезерование черн	0,38								
4 фрезерование чист	0,75								
40 Расточная									
1 растач. на 120 мм	0,47								
2 растач.Ø60 черн.	0,13								
3 растач. Ø60 чист.	0,26								
4 растач. фаски	0,03								
5 растач. проточки	0,04								
6 растач. проточки	0,07								
7 растач.Ø50 черн.	0,33	3,75	6,31	0,19	0,08	0,37	6,95	0,24	7,19
8 растач. Ø50 чист.	0,66								
9 растач.Ø60 черн.	0,13								
10 растач. Ø60 чист.	0,26								
11 растач. фаски	0,04								
12 растач. фаски	0,03								
13 растач. проточки	0,04								
14 растач. проточки	0,07								
50 Фрезерная									
1 фрезеров. 4 уступов	0,6								
2 фрезеров. 4 плоск.	0,22	2,08	3,84	0,12	0,05	0,23	4,24	0,21	4,45
3 фрезеров. 4 уступов	0,6								
4 фрезеров. 4 плоск.	0,22								
5 фрезеров. 2х пазов	0,12								
60 Сверлильная									
1 сверление 4х Ø13	3,44	1,17	4,61	0,12	0,05	0,25	5,03	0,18	5,21
70 Сверлильная									
1 сверление Ø10	0,54								
2 развертывание Ø12	0,08								
3 сверление Ø5	0,62	2,32	5,27	0,13	0,06	0,27	5,73	0,18	5,91
4 нарезание М24х1,5	0,07								
5 сверление Ø5	1,18								
6 развертывание Ø6	0,04								
7 сверление Ø5	0,42								
80 Сверлильная									
1 сверление 4х Ø10,5	0,76								
2 нарезание М12-7Н	0,56								
3 сверление Ø5	0,35	2,14	5,49	0,14	0,06	0,28	5,97	0,18	6,15
4 сверление 4х Ø10,5	0,76								
5 нарезание М12-7Н	0,56								
6 сверление 4х Ø3,2	0,36								

Таблица 1.9 – Нормы времени на станке с ЧПУ

Операция	$t_o$	$t_v$	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$\frac{T_{п.з.}}{n}$	$T_{ш-к}$
10 Токарно-фрезерная Установка в шпиндель									
1 фрезерование черн	0,33	0,41							
2 фрезерование чист	0,65								
3 растач. на 120 мм	0,47								
4 растач. Ø60 черн.	0,13								
5 растач. Ø60 чист.	0,26								
6 растач. фаски	0,03								
7 растач. проточки	0,04								
8 растач. проточки	0,07								
9 сверление 4x Ø10,5	0,76								
10 нарезание M12-7H	0,56								
11 сверление 4x Ø3,2	0,36								
12 фрезерование черн	0,32								
13 фрезерование чист	0,63								
14 растачивание Ø50	0,16								
15 растачивание Ø58	0,12								
16 растачивание фаски	0,03								
17 растачив. канавки	0,04								
18 нарезание M60x2	0,08								
19 сверление Ø10	0,54		21,32	0,16	0,08	0,33	21,89	0,62	22,51
20 развертывание Ø12	0,08	1,67							
21 сверление Ø19	0,36								
22 растачивание Ø20	0,22								
23 растачив. канавки	0,04								
24 растачив. Ø22,5	0,06								
25 растачив. Ø24,5	0,04								
26 растачивание Ø25	0,03								
27 растачив. Ø25,5	0,07								
28 нарезание M24x1,5	1,18								
29 сверление Ø5	0,04								
30 развертывание Ø6	0,42								
31 сверление Ø5	0,12								
32 фрезеров. 2x пазов	0,19								
33 фрезерование торца	0,08								
34 растачивание Ø58	0,03								
35 растачив. фаски	0,07								
36 нарезание M60x2	0,6								
37 фрезеров. 4x уступов	0,22								
38 фрезеров. 4x плоск.	1,72								
39 сверление 2x Ø13									

Переустановка во второй шпиндель									
40 фрезерование черн	0,33	0,16							
41 фрезерование чист	0,65								
42 растач. Ø50 черн.	0,33								
43 растач. Ø50 чист.	0,66								
44 растач. Ø60 черн.	0,13								
45 растач. Ø60 чист.	0,26								
46 растач. фаски	0,04								
47 растач. фаски	0,03								
48 растач. проточки	0,04	0,53							
49 растач. проточки	0,07								
50 сверление 4x Ø10,5	0,76								
51 нарезание M12-7H	0,56								
52 сверление Ø5	0,35								
53 сверление Ø5	0,62								
54 фрезеров. 4x уступов	0,6								
55 фрезеров. 4x плоск.	0,22								
56 сверление 2x Ø13	1,72								

### 1.11 Выбор универсального оборудования

Проанализировав нормирование, примем следующее оборудование:

- для операций фрезерования – один станок 6Л82У с  $T_{шт-к} = 11,35$  мин,
- для расточных операций – один станок 2А614-1 с  $T_{шт-к} = 12,67$  мин,
- для сверлильных операций – один станок 2К52 с  $T_{шт-к} = 17,27$  мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{17,27 \cdot 500}{1984 \cdot 60} = 0,0726 \text{ года} \quad (1.31)$$

где

- ✓  $T_{шт.маx}$  – наибольшая продолжительность операции, мин,
- ✓  $N$  – годовая программа выпуска деталей, 500 шт,
- ✓  $F_d$  – годовой действительный фонд времени работы оборудования в одну смену 1984 ч.

## 1.12 Выбор оборудования с ЧПУ

При обработке на станках с ЧПУ примем 1 станок

$$T_N = \frac{T_{шт.макс} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{22,51 \cdot 500}{1984 \cdot 60} = 0,0946 \text{ года}$$

Оборудование с применением числового программного управления выбираем, первым делом, по параметрам рабочей зоны. Наша заготовка сравнительно небольшого размера – максимальный размер в поперечном разрезе не более 300 мм.

Также необходимо учесть требуемые для обработки мощности. В нашем случае, при точении максимальная мощность 1,5 кВт, при фрезеровании не более 4 кВт.

У принятого оборудования должно быть достаточно гнезд для размещения всего необходимого режущего инструмента и должен обеспечиваться доступ ко всем обрабатываемым поверхностям.

Проведя анализ предлагаемого в различных источниках оборудования, решили наиболее эффективным использовать многофункциональный токарно-фрезерный центр с ЧПУ Goodway GMS-2000.

Он соответствует всем перечисленным параметрам и справится с обработкой всех достаточно сложных и разнообразных поверхностей нашего корпуса.

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

Таблица 1.10 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Многофункциональный токарно-фрезерный центр с ЧПУ Goodway GMS-2000
Максимальный Ø обработки, мм	550
Токарный шпиндель	A2-6
Размер патрона	8''
Максимальная частота вращения токарного шпинделя, об/мин	4800
Мощность токарного шпинделя, кВт	7,5
Тип двигателя токарного шпинделя	β8 / 8,000i
Кол-во инструментов в револьверной головке	12
Время смены инструмента, сек	2
Диаметр фрезерного шпинделя, мм	25

Максимальная частота вращения фрезерного шпинделя, об/мин	12000
Мощность фрезерного шпинделя, кВт	11
Тип двигателя фрезерного шпинделя	β8 / 3,000i
Кол-во инструментов в инструментальном магазине	24
Характеристики	Goodway GMS-2000
Время смены инструмента, сек	4
Максимальный диаметр инструмента фрезерного магазина, мм	125, при пустых соседних позициях
Система ЧПУ	Fanuc 31 I DUAL PATH ( Fanuc 31I - 5A )
Количество управляемых осей	5

Токарные обрабатывающие центры с фрезерным шпинделем Goodway серии GMS (рисунок 1.2) сочетают основные технологические возможности токарно-револьверного станка традиционной компоновки (оси X, Y, Z, C, возможность установки револьверной головки) с возможностями 5-координатного фрезерного обрабатывающего центра, оснащенного высокоскоростным шпинделем (рисунок 1.3) и системой автоматической смены инструмента.

Это позволяет использовать токарные обрабатывающие центры данной серии для комплексной обработки сложных деталей.



Рисунок 1.2 – Многофункциональный токарно-фрезерный центр с ЧПУ Goodway GMS-2000

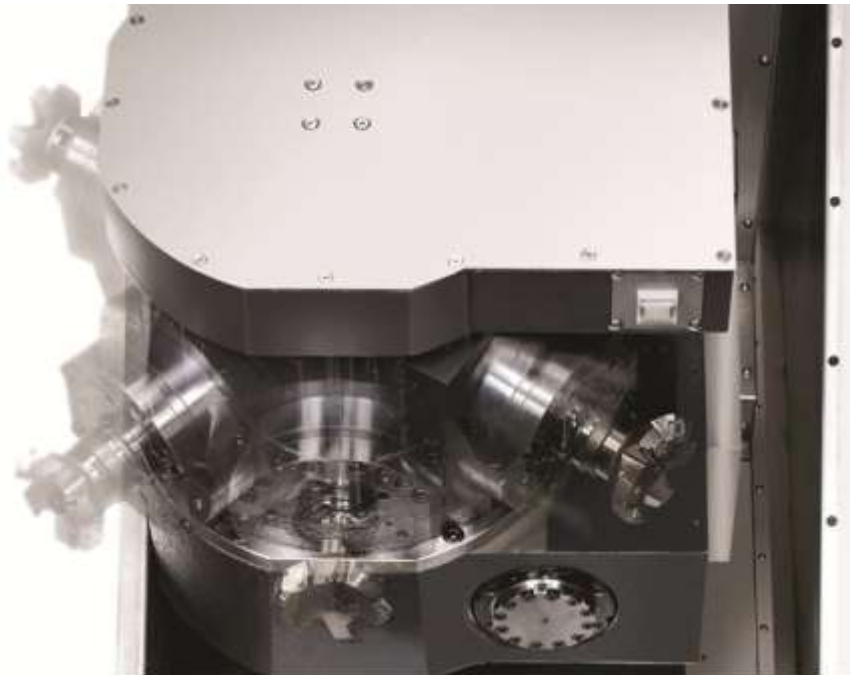


Рисунок 1.3 – Фрезерный шпиндель

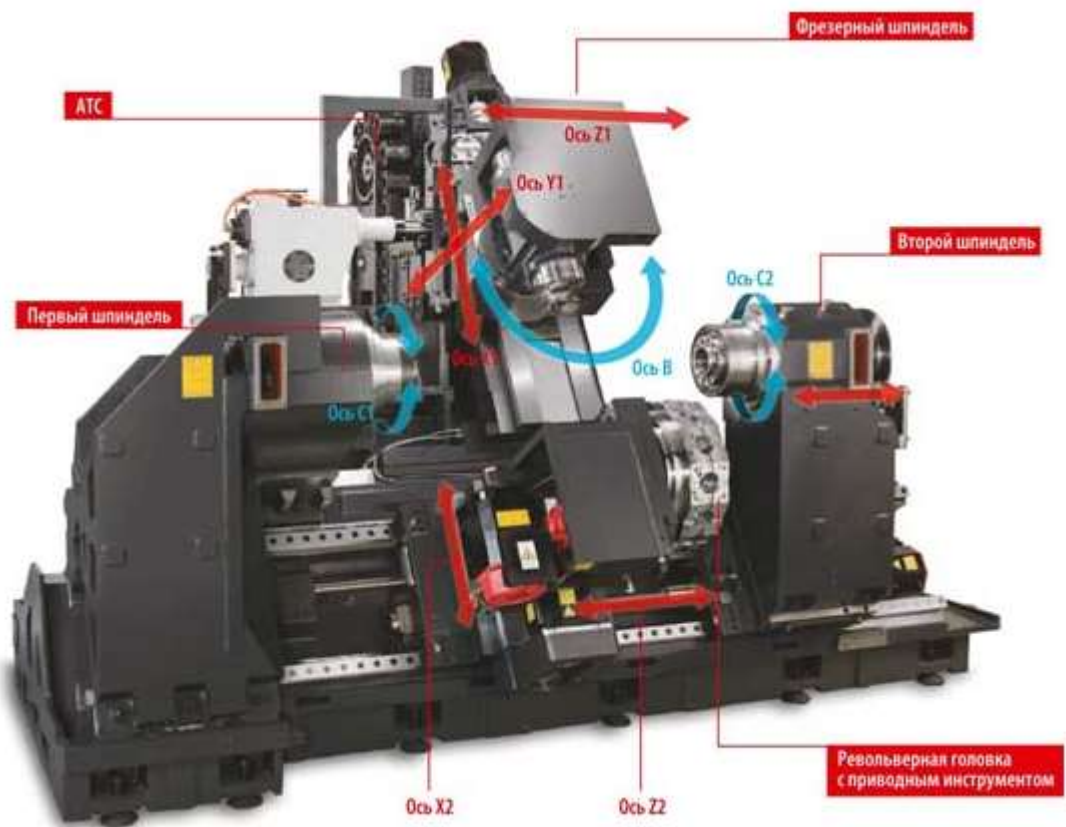


Рисунок 1.4 – Компоновка токарно-фрезерного центра с ЧПУ Goodway GMS-2000

Токарно-фрезерный центр GMS-2000 позволяет использовать до пяти одновременно управляемых осей при обработке одной детали и до девяти осей при одновременной обработке двух деталей, закрепленных в двух оппозитно установленных шпинделях. Необходимо отметить, что модульный принцип построения станка (рисунок 1.4) позволяет собрать комплект, максимально учитывающий требования потребителя к технологии обработки деталей.

#### Параметры точности GMS-2000

Индексируемый угол поворота шпинделя, град .....	0,001
Точность в динамике шпинделя, град .....	$\pm 0,02$
Количество управляемых осей .....	5
Точность позиционирования резцедержателя, град .....	$\pm 0,00069$
Точность повторяемости резцедержателя, град.....	$\pm 0,00027$
Точность позиционирования фрезерного шпинделя(X/Y/Z/B), мм..	$\pm 0,005$
Повторяемость фрезерного шпинделя(X/Y/Z/B), мм .....	$\pm 0,003$
Тип монитора для отображения информации .....	LCD 15"
Тип интерфейса для подключения съемных носителей памяти .....	USB

## **2 Конструкторская часть**

### **2.1 Проектирование расточного 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 расточного приспособления**

Наиболее важными поверхностями корпуса являются два посадочных отверстия. Они должны быть соосны, поэтому их обработку производим с одной установки на горизонтально-расточном станке 2А614-1 с поворотом стола.

Приспособление должно обеспечивать надежное закрепление и свободный доступ режущего инструмента к обоим обрабатываемым отверстиям.

Спроектируем специальное зажимное приспособление для расточки посадочных отверстий корпуса.

#### **2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления**

Заготовка устанавливается верхней плоскостью на опорные пластинки приспособления 7, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей базы служит оправка 6. Упорной базой служит срезанный палец 9.

Силовое замыкание производится планкой 4, установленной на стойках 2, при помощи двух гаек 10. По окончании обработки и ослаблении гаек 10, планка 4 приподнимается над деталью пружинами 3. Для более быстрой установки пластины 4 ее посадочные отверстия не замкнуты, поэтому полного скручивания гаек 10 не требуется.

Все элементы приспособления монтируются на плите 1, которая посредством сухарей 8 базируется на стол станка по пазам.

Чтобы планка при закреплении не изгибалась предусмотрены сферические шайбы 5.



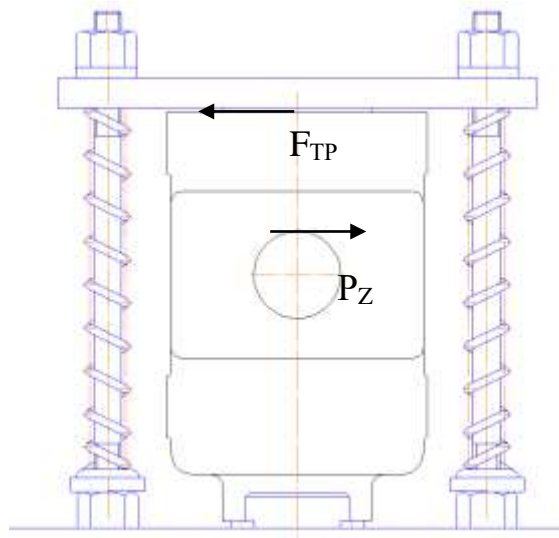


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки в продольном направлении под действием тангенциальной составляющей силы резания при черновом растачивании посадочного отверстия, так как при нем наибольшая сила резания.

Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую сдвиг заготовки. Наличием пальцев пренебрежем.

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия сил на ось  $X$  – сдвигу заготовки в продольном направлении, под действием силы резания, препятствуют сила трения планки о заготовку.

$$\sum F_x = 0$$

$$P_z - F_{\text{тр}} = 0 \quad (2.1)$$

где  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания (из режимов резания 1157 Н);

$F_{\text{тр}}$  – сила трения планки о заготовку, Н;

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

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

$Q$  – сила действия планки на заготовку.

После преобразований получим

$$1157 = Q \cdot 0,16,$$

$$Q = 7230 \text{ Н.}$$

### 2.1.3 Расчет силового привода

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

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем две гайки, каждая из которых должна развивать силу не менее  $7230 \text{ Н} / 2 = 3615 \text{ Н}$ .

Номинальный диаметр гайки можно рассчитать по формуле [22]

$$d = C \sqrt{P_6 / \sigma} = 1,4 \sqrt{3615 / 80} = 9,4 \text{ мм} \quad (2.3)$$

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

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

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

Конструктивно примем резьбу М15.

Рассчитаем момент, который необходимо развить на рукоятке ключа для получения заданной силы закрепления [22]

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

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

$\alpha$  – угол подъема резьбы (для М15  $\alpha = 2^\circ 15'$ );

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

$M_{\text{тр}}$  – момент трения на опорном торце гайки [22]

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} f \cdot P_6 \frac{D_{\text{н}}^3 - d_{\text{в}}^3}{D_{\text{н}}^2 - d_{\text{в}}^2}, \quad (2.5)$$

$$D_{\text{н}} = 1,7d; d_{\text{в}} = d; f = 0,16.$$

После всех преобразований и подстановок формула примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_6 = 0,2 \cdot 15 \cdot 3615 = 11 \text{ Нм} \quad (2.6)$$

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

$$M' = 0,25d \cdot P_6 = 0,25 \cdot 15 \cdot 3615 = 13,6 \text{ Нм} \quad (2.7)$$

Такие усилия может развить человек, поэтому затяжка гаек будет осуществляться вручную.

#### 2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность

К точности расположения обрабатываемого отверстия и базовой плоскости конструктором технических требований не предъявлено.

Чтобы определить точность приспособления зададим выдерживаемый на операции параметр – допуск параллельности обрабатываемого отверстия к установочной плоскости, как четверть допуска на размер.

Необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [4]

$$E_{\text{пр}} = [ T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2] ]^{0,5} \quad (2.8)$$

где  $T = 250$  мкм – допуск параллельности оси обрабатываемых посадочных отверстий 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;

$\varepsilon_6$  - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

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

$\varepsilon_y$  - погрешность установки приспособления на станке;

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

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

Погрешность базирования из пункта 1.7  $\varepsilon_6 = 81$  мкм.

Для рассматриваемого случая  $\varepsilon_3 = 0$ , т.к. силы закрепления действуют перпендикулярно осям обрабатываемых отверстий и на выдерживаемый допуск влияния не оказывают.

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

Погрешность положения имеет вид

$$\varepsilon_{\text{и}} = B_2 \cdot N \quad (2.9)$$

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, то  $N = 100$  раз.

$$\varepsilon_{\text{и}} = 0,002 \cdot 500 = 1 \text{ мкм.}$$

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

Экономическая точность  $W = 125$  мкм.

$$E_{\text{пр}} = 250 - 1,2 \cdot [(0,2 \cdot 81)^2 + 1^2 + (0,7 \cdot 125)^2]^{0,5} = 250 - 105 = 145 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что принятый 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 166-90. 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

К рассматриваемой детали не предъявлено особых требований по форме и взаимному расположению поверхностей.

Конструктором только установлен допуск биения проточки относительно посадочного отверстия  $\varnothing 60$ . Спроектируем в данном курсовом проекте специальное приспособление для контроля этого требования.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

### 2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля параллельности

В деталь по посадочному отверстию  $\varnothing 60$  устанавливаем специальную оправку 5. Она опирается на торец отверстия тремя упорами 2. Оправка центрируется в отверстии двумя рядами по три подпружиненных завальцованных шарика 3.

В оправку по прорези установлен щуп 6 на оси 7. Один его конец соприкасается с контролируемой проточкой. Ко второму концу щупа подведена индикаторная головка часового типа 9.

В первый момент индикатор выводим на ноль. Вращая оправку, при помощи ручки 1, вокруг оси отверстия, снимаем показания.

Так как плечи щупа равные, пересчета показаний не потребуется.

### 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 биения составляет 600 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 60 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [4]

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\Delta_{\text{уст}}^2 + \Delta_{\text{изн}}^2 + \Delta_{\text{г}}^2 + \Delta_{\text{инд}}^2} \quad (2.10)$$

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

Погрешность установки оправки в деталь определим из условия подобных треугольников - угол наклона оправки равен углу наклона индикатора

$$\frac{S}{L} = \frac{\Delta_{уст}}{l} \quad (2.11)$$

где  $S$  – максимально возможный зазор между оправкой и посадочным отверстием корпуса, 0,06 мм;

$L = 25$  – длина контакта корпуса и оправки;

$l = 12,5$  – вылет ножки индикатора.

$$D_{уст} = \frac{0,06 \cdot 12,5}{25} = 0,03 \text{ мм}$$

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

$\Delta_T$  погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002 мм);

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,03^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,011 = 11 \text{ мкм} < 60 \text{ мкм}.$$

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

### 3 Экономическая часть

#### 3.1 Выбор технологического оборудования

Для обработки корпуса 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 <sub>м</sub>	Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтально-фрезерный 6Л82У	1	4	22	1,65x1,54	1926000	1926000
Горизонтально-расточной 2А614-1	1	6	21	4,3x2,6	4372000	4372000
Радиально-сверлильный 2К52	1	1,5	19	1,8x0,9	1152000	1152000
Итого	3	11,5	62	15,34		7450000

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 <sub>м</sub>	Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-фрезерный центр с ЧПУ Goodway GMS-2000	1	7,5·2+11	42	3,5x2,7	6254000	6254000
Итого	1	26	42	9,45		6254000

### 3.2 Определение занимаемой площади

Для планировки необходимо определить площадь участка и произвести расстановку оборудования по типам станков.

На участке расположены 3 станка. Согласно требованиям техники безопасности расстояния между соседними станками для средних станков при расположении их боковыми сторонами друг к другу – не менее 0,9 м; при расположении боком друг к другу - не менее 1,5 м; расстояние от стен и колонн до тыльной или боковой стороны станка – 0,9 м [5].

Для движения погрузчиков и уборочных машин, по середине цеха, необходим магистральный проезд шириной 2 м.

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

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.

$$S_{\text{ст}} = 15,34 \cdot 2,5 = 38,35 \text{ м}^2$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 9,45 \cdot 2,5 = 23,63 \text{ м}^2$$

### 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 средним 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.

Станки с ЧПУ фирмы Goodwey оснащены системой контроля износа инструмента и обмера детали. Это гарантирует надежность выполнения производственных процессов в автоматическом режиме.

### **3.5 Организация системы инструментального обеспечения**

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

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

### **3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания**

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

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

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

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

K-O-O-T-O-O-T-O-O-C-O-O-T-O-O-T-O-O-K

где K - капитальный ремонт;

T - текущий ремонт;

C - средний ремонт;

O - 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 1236,37 руб.

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

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

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

где  $i$  порядковый номер операции;

$m$  число рассматриваемых операций;

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

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

Заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

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

где  $C^{\text{ri}}$  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 (1,1), отчисления на социальные нужды (1,3);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21.

Общее время обработки на универсальном оборудовании 41,29 мин или 0,6882 ч; на станке с ЧПУ – 22,51 мин или 0,3752 ч.

$$Z_{ун} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,6882 = 113,13 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Время автоматической работы принятого станка с ЧПУ значительно выше вспомогательного времени, поэтому рабочий может одновременно обслуживать несколько станков и фактическое время, затрачиваемое на нашу деталь, будет 0,1876 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{ЧПУ} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,1876 \cdot 1,15 = 44,33 \text{ руб/дет}$$

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

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

где  $T_N$  – время обработки программы, год,  
 $N$  – годовая программа выпуска, 500 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	38,35м <sup>2</sup>	73000	2799550	3	83987	12,21
2Оборудование	3 шт		7450000	12	894000	129,81
3 Транспорт			223500	8	17880	2,6
4 Инструмент			74500	15	11175	1,62
5 Инвентарь			51248	15	7687	1,12
Итого			10598798		1014729	147,34

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	23,63м <sup>2</sup>	73000	1724990	3	51750	9,79
2Оборудование	1 шт		6254000	12	750480	141,99
3 Транспорт			62540	8	5003	0,95
4 Инструмент			62540	15	9381	1,78
5 Инвентарь			39895	15	5984	1,13
Итого			8143965		822598	155,64

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

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

где N мощность оборудования, кВт;

$k_N$ ,  $k_B$ ,  $k_{од}$  средние коэффициенты загрузки электродвигателей по мощности, по времени, средний коэффициент одновременности работы всех двигателей (0,7);

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

$\eta$  КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$Ц_{\mathcal{E}}$  тариф на электроэнергию (4,64 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{ун} = (11,5 \cdot 0,85 \cdot 0,87 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,2878 \cdot 4,64 = 12,04 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{чпу} = (26 \cdot 0,34 \cdot 0,96 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3752 \cdot 4,64 = 15,66 \text{ руб/дет}$$

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 16500 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 0,1892 ч, на сверлильном 0,2878 ч, на расточном 0,2112 ч, на токарном с ЧПУ 0,3752 ч.

$$P_{ун} = \frac{16500 \cdot (22 \cdot 0,1892 + 19 \cdot 0,2878 + 21 \cdot 0,2112)}{24174} = 9,6 \text{ руб/дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{16500 \cdot 42 \cdot 0,3752}{24174} = 10,76 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 113,13 + 147,34 + 12,04 + 9,6 = 282,11 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = 44,33 + 155,64 + 15,66 + 10,76 = 226,39 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 1236,37 + 282,11 = 1518,48 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ} = 1236,37 + 226,39 = 1462,76 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 20 %. И точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_r = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (1518,48 - 1462,76) \cdot 500 = 27\,860 \text{ руб} \quad (3.7)$$

### 3.8 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки 500 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 1236,37 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

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{113,13 \cdot 500}{3 \cdot 12 \cdot 0,0726} = 21643 \text{руб} \quad (3.8)$$

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;

12 – месяцев в году;

$T_N$  – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{38,55 \cdot 500}{0,5 \cdot 12 \cdot 0,0946} = 33960 \text{руб} \quad (3.9)$$

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

В ходе проектирования отработана рациональная структура технологических процессов механической обработки, рассчитаны оптимальные режимы резания, выбрано высокопроизводительное оборудование, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный и специальный режущий инструмент.

Также спроектированы зажимное (для обработки основных посадочных отверстий корпуса на горизонтально-расточном станке 2А614-1) и контрольное (для контроля биения внутренней канавки относительно посадочного отверстия) приспособления.

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

Проведенный технико-экономический анализ разработанных вариантов технологических процессов показал, что применение оборудования с ЧПУ обеспечивает снижение в 3 раза количество рабочих мест, уменьшение более чем в 2 раза занимаемых площадей, снижение затрат на оборудование, уменьшение в 2,5 раза фонда заработной платы за счет сокращения численности рабочих.

В целом, экономический расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ выгодней по сравнению с обработкой на универсальном оборудовании и снизит себестоимость механической обработки на 20 %, что подтверждается технико-экономическими показателями. При этом экономический эффект на программу составит 27 860 руб.

## CONCLUSION

This final qualifying work presents the technology of manufacturing the body of a car oiler with an annual production program of 500 pieces.

When designing the rational structure of technological processes of mechanical treatment has been worked out, the optimal cutting modes have been designed, high-performance equipment and high speed tooling have been selected, standard and special cutting tools have been rationally applied.

The clamping (for processing the main fitment holes of the housing on the horizontal boring machine 2A614-1) and control (for monitoring the runout of the inner groove relative to the fitment hole) devices have been designed.

The highly efficient variants of mechanical treatment processes have been developed due to the design measures both for universal metal-cutting equipment and for modern CNC equipment.

The feasibility analysis of the developed variants of technological processes has shown that the use of CNC equipment provides three- fold reducing of the number of jobs, more than two-fold decreasing of the occupied area, reducing of equipment costs, reducing to 2.5 times the payroll by reducing the number of workers.

In general, the economic calculation has showed that processing on CNC machines is more profitable than processing on universal equipment and will reduce the cost of machining by 20 %, which is confirmed by technical and economic indicators. At the same time, the economic effect on the program will be 27,860 rubles.



## 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 Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, 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.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2009-2016. Режим доступа: [http:// www.abamet.ru](http://www.abamet.ru) Горизонтальные обрабатывающие центры с ЧПУ.

## **Приложение**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			БР-15.03.05 000.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	БР-15.03.05 000.001	Основание	1	
		2	БР-15.03.05 000.002	Стойка	2	
		3	БР-15.03.05 000.003	Пружина	2	
		4	БР-15.03.05 000.004	Планка прижимная	1	
		5	БР-15.03.05 000.005	Втулка выпуклая	2	
		6	БР-15.03.05 000.006	Оправка установочная	1	
		7	БР-15.03.05 000.007	Пластина установочная	2	
		8	БР-15.03.05 000.008	Сухарь	4	
		9	БР-15.03.05 000.009	Палец срезанный	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		10		Гайка М15.8		
				ГОСТ 5915-90	4	
		11		Шайба 15.65Г		
				ГОСТ 6402-92	2	

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ			
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Ермаков			Приспособление зажимное	Лит	Лист	Листов
Руков.		Платонов					57	1
Т.контр.		Платонов				ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
Н.контр.		Сагалакова						
Зав.каф.		Желтобрюхов						



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

					БР-15.03.05 000.000. ПЗ							
Изм	Лист	№докум.	Подп.	Дата	<b>Приспособление контрольное</b>			Литер	Лист	Листов		
Студент	Ермаков							у		58	1	
Руковод	Платонов							ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1				
Консульт.	Платонов											
Н.Контр.	Сагалакова											
Зав.каф.	Желтобрюхов											



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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

подпись

« 01 » « 07 » 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки  
корпуса автомасленки

тема

Руководитель

01.07.20  
подпись, дата

к.т.н., доц. каф. АТиМ В.В. Платонов.  
должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

В.А. Ермаков  
подпись, дата

В.А. Ермаков  
инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

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

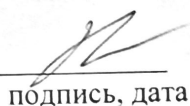
Консультанты по разделам:

Технологическая часть  
наименование раздела

  
подпись, дата

В.В. Платонов  
инициалы, фамилия

Конструкторская часть  
наименование раздела

  
подпись, дата

В.В. Платонов  
инициалы, фамилия

Организационно-экономическая часть  
наименование раздела

  
подпись, дата

В.В. Платонов  
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 «Автомобильный Транспорт и Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.М. Желтобрюхов

подпись инициалы. фамилия

« 27 » 04 2020 г.

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

Студенту Ермакову Владиславу Александровичу

фамилия, имя, отчество

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

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование технологического  
процесса механической обработки корпуса автомасленки

Утверждена приказом по институту № 224 от 27.04.2020 г.

Руководитель ВКР В.В. Платонов, канд. техн. наук, доцент кафедры АТиМ,  
ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 500 шт.

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

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

2. Базовый технологический процесс – 3 листа ф. А1; 3. Технологический  
процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление контрольное – 2  
листа ф. А1; 6. Техничко-экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

  
подпись

В.В. Платонов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению Е.В.  
подпись

Е.В. Ермаков

инициалы и фамилия студента

« 27 » 04 2020 г.