



Продолжение титульного листа БР по теме: проектирование технологического процесса механической обработки корпуса коробки отбора мощности крана стрелового КС2574

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  
«     »                      2020 г.

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

Студенту Сафронов Павел Андреевич

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 редуктора  
вращения

Утверждена приказом по институту № 224 от 27.04.2020 г.  
Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов, канд. техн. наук, доцент кафедры  
АТиМ, ХТИ – филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 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 – 2 листа ф. А1; 3. Технологический  
процесс на станке с ЧПУ – 1 лист ф. А1; 4. Приспособление зажимное –  
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Техничко-  
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

  
подпись

В. В. Платонов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись

П. А. Сафронов

инициалы и фамилия студента

« 1 » 07 2020 г.

## РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс механической обработки корпуса коробки отбора мощности крана стрелового КС2574 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

В технологической части было проанализировано служебное назначение корпуса, сделан анализ технологичности и технических требований, выбор способа получения заготовки, 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 было спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на операции растачивания посадочных отверстий на универсальном горизонтально-расточном станке. Сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля перпендикулярности торцев, относительно оси основного посадочного отверстия  $\varnothing 80$ .

В экономической части был 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 были выполнены чертеж корпуса, совмещенный с заготовкой, карты технологического процесса обработки корпуса по спроектированному и базовому вариантам, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ .....	3
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 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки корпуса.....	9
1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ .....	12
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки .....	14
1.7 Расчет и назначение припусков .....	15
1.8 Расчет режимов резания .....	20
1.9 Расчет норм времени.....	25
1.10 Выбор универсального оборудования .....	31
1.11 Выбор оборудования с ЧПУ .....	31
2 Конструкторская часть .....	35
2.1 Проектирование расточного приспособления.....	35
2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления .....	35
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления.....	35
2.1.3 Расчет силы привода .....	37
2.1.4 Расчет силового привода.....	38
2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность .....	39
2.2 Проектирование контрольного приспособления .....	40
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления .....	41
2.2.2 Описание конструкции приспособления .....	41
для контроля параллельности.....	41
2.2.3 Расчет приспособления на точность .....	41
3 Экономическая часть .....	43
3.1 Выбор технологического оборудования .....	43
3.2 Планировка участка с универсальным оборудованием .....	44
3.3 Планировка участка с оборудованием с ЧПУ .....	44
3.4 Организация транспортной системы .....	44
3.5 Организация технического контроля.....	45
3.6 Организация системы инструментообеспечения.....	45
3.7 Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	45
3.8 Расчет себестоимости детали .....	46
3.9 Технико-экономические показатели.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	52
CONCLUSION .....	53
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	55

## 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. Решение этих задач обеспечивается:

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

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

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

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

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

Основной задачей рациональной эксплуатации металлорежущих станков с ЧПУ является обеспечение длительной и безотказной обработки на них деталей с заданной производительностью, точностью и 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.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Анализ служебного назначения

Основным назначением корпуса в сборе с фланцем является ориентация деталей и узлов коробки отбора мощности в пространстве и монтаж изделия в механизм. Корпус также предохраняет зацепления от загрязнения и повреждений.

Корпуса изготавливают из чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-95. Это ферритный серый чугун, содержащий в своей структуре графит пластинчатой формы (таблицы 1.1, 1.2).

Его применяют при литье средней прочности с перлитной основной массой для изготовления ответственных отливок с толщиной стенок до 30 мм. Он обладает хорошими механическими и литейными свойствами [3, 11].

Таблица 1.1 – Химический состав серого чугуна СЧ20, %

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

### Механические свойства серого чугуна СЧ20

- 1 временное сопротивление при растяжении –  $\sigma_b = 180$  МПа;
- 2 предел текучести –  $\sigma_T = 363$  МПа;
- 3 относительное удлинение –  $\delta = 16$  %;
- 4 твердость по Бринеллю НВ = 190 Н/мм<sup>2</sup>.

Таблица 1.2 – Физические свойства серого чугуна СЧ20

Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Литейная усадка $\delta$ , %	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	Теплопрово дность при 20°С $\lambda$ , Вт/м
$1 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^6$	59

Считаю применение серого чугуна СЧ20 для изготовления корпуса вполне обосновано.

## 1.2 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно простой, что не затрудняет изготовление отливки с применением стержней для выполнения сквозных посадочных отверстий.

С точки зрения обработки деталь так же технологична, имеет легкий подвод инструмента к обрабатываемым поверхностям и основные поверхности позволяют производить обработку на проход.

Посадочное отверстие  $\varnothing 125$  нетехнологично из-за обработки в упор.

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

В остальном деталь технологична.

Проведем количественную оценку технологичности конструкции детали по следующим показателям [11].

### 1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{4,8}{5,6} = 0,86 > 0,75 \quad (1.1)$$

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

### 2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{\text{одн}}}{K_{\text{об}}} = \frac{34}{42} = 0,81 > 0,5 \quad (1.2)$$

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

### 3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_{\text{и}} = \frac{K_{\text{си}}}{K_{\text{об}}} = \frac{7}{8} = 0,88 > 0,5 \quad (1.3)$$

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

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{оп}}{N_{об}} = \frac{32}{42} = 0,76 > 0,5 \quad (1.4)$$

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

### 1.3 Анализ технических требований

К корпусу предъявляется основное техническое требование – перпендикулярность торцев к оси основного посадочного отверстия, для точной установки крышек и опор качения.

Выполнение этого технического требования достигается обработкой посадочных отверстий и торцев от одной базы – установочной плоскости.

Чтобы не было перекоса при сборке с фланцем задано требование плоскостности установочной поверхности. Это требование можно выдержать подбором соответствующих режимов резания.

Позиционный допуск крепежных отверстий выдерживается за счет обработки по кондуктору, базируемому по соответствующему посадочному отверстию.

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

для достижения шероховатости плоскостей  $Ra = 20$  мкм и  $10$  мкм достаточно однократной обработки;

для достижения шероховатости  $Ra = 3,2$  мкм установочной плоскости и стыковочного отверстия  $\varnothing 125$  и точности размера по 9му качеству необходимо чистовое точение;

для достижения шероховатости посадочных отверстий  $Ra = 2,5$  мкм и точности размера по 8му качеству требуется чистовое и тонкое растачивание.

В технических требованиях также оговорена точность отливки, неуказанные литейные радиусы и уклоны, а так же покрытие внутренних поверхностей эмалью НЦ-5123 ГОСТ 7462-93, наружных – эмалью НЦ-132П ГОСТ 6631-94 и клеймение.

## **1.4 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки корпуса**

Составление технологического процесса механической обработки включает в себя:

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

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

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

На первой операции обрабатываем эту плоскость, которая послужит базой при дальнейшей обработке. Далее для точной ориентации заготовки в пространстве на основной технологической базе выполним отверстия под установочные пальцы. Установив заготовку на установочную поверхность и два установочных пальца, произведем обработку остальных поверхностей детали.

Корпус представляет собой корпусную деталь. Такие детали обрабатывают на расточных и фрезерных станках. Деталь неподвижна, а инструменту сообщается главное вращательное движение и продольное движение подачи.

Для обработки посадочного отверстия с вертикальной осью примем токарно-карусельный станок, так как базирование на расточном будет затруднено. Главным движением в этом случае является вращательное движение заготовки вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение инструмента. Обработку посадочных отверстий выполним расточными резцами, а обработку торцев – подрезными.

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.

Основываясь на эскизе детали (рисунок 1.1) составим маршрут обработки.

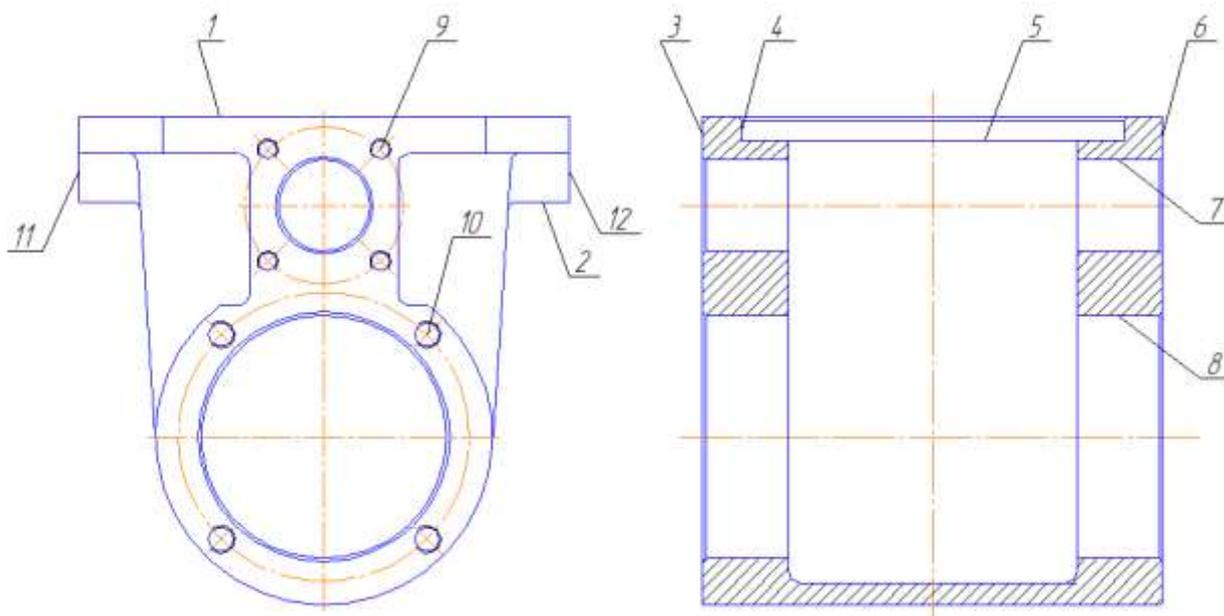


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

10 Токарная

А Установить заготовку.

1 Подрезать поверхность 1 предварительно.

2 Подрезать поверхность 1 окончательно.

3 Подрезать поверхность 5 окончательно.

4 Расточить отверстие 4 предварительно.

5 Расточить отверстие 4 окончательно.

6 Расточить фаску.

База – 2 плоскости 2, упор – поверхности 3, 11.

Станок токарно-карусельный 1512, режущий инструмент – резец расточной по ГОСТ 18063-92 ВК6, резец подрезной по ГОСТ 18880-93 ВК6, приспособление – специальное.

20 Фрезерная

А Установить заготовку.

1 Фрезеровать плоскость 2 окончательно.

Б Переустановить заготовку на 180°.

2 Фрезеровать плоскость 2 окончательно.

База – плоскость 1, упор – отверстие 4, поверхность 11.

Станок горизонтально-фрезерный 6Р82, режущий инструмент – фреза концевая по ГОСТ 4675-91 Ø25 ВК6, приспособление – специальное.

### 30 Сверлильная

А Установить заготовку.

- 1 Сверлить на плоскости 1 2 отверстия  $\varnothing 10$  предварительно.
- 2 Сверлить на плоскости 1 4 отверстия  $\varnothing 10,2$  окончательно.
- 3 Сверлить на плоскости 1 2 отверстия  $\varnothing 7,25$  под резьбу.
- 4 Развернуть 2 отверстия до  $\varnothing 10,2^{+0,018}$  окончательно.
- 5 Нарезать в 2 отверстиях резьбу М8-6Н окончательно.

База – плоскость 2, упор – поверхности 3, 11.

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

### 40 Фрезерная

А Установить заготовку.

- 1 Фрезеровать торец 3 окончательно.
- Б Переустановить заготовку на  $180^\circ$ .
- 2 Фрезеровать торец 6 окончательно.

База – плоскость 1 и два отверстия  $\varnothing 10,2$ .

Станок горизонтально-фрезерный 6Р82, режущий инструмент – фреза торцевая по ГОСТ 9473-90  $\varnothing 200$  ВК6, приспособление – специальное.

### 50 Расточная

А Установить заготовку.

- 1 Расточить отв. 7 предварительно.
- 2 Расточить отв. 8 предварительно.
- 3 Расточить отв. 7 предварительно.
- 4 Расточить отв. 8 предварительно.
- 5 Расточить отв. 7 окончательно со снятием фаски.
- 6 Расточить отв. 8 окончательно со снятием фаски.
- Б Переустановить заготовку на  $180^\circ$ .
- 7 Расточить отв. 7 предварительно.
- 8 Расточить отв. 8 предварительно.
- 9 Расточить отв. 7 предварительно.
- 10 Расточить отв. 8 предварительно.
- 11 Расточить отв. 7 окончательно со снятием фаски.
- 12 Расточить отв. 8 окончательно со снятием фаски.

База – плоскость 1 и два отверстия  $\varnothing 10,2$ .

Станок горизонтально-расточной 2М615, режущий инструмент – резец расточной по ГОСТ 18063-92 ВК6, приспособление – специальное.

### 60 Сверлильная

А Установить заготовку.

- 1 Сверлить 4 отверстия 9  $\varnothing 5$  под резьбу.
- 2 Сверлить 4 отверстия 10  $\varnothing 6,5$  под резьбу.

- 3 Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-6Н.
  - 4 Нарезать в 4 отверстиях 10 резьбу М8-6Н.
- База – плоскость 6 и отверстия 7, 8.
- Б Переустановить заготовку.
- 1 Сверлить 4 отверстия 9 Ø5 под резьбу.
  - 2 Сверлить 4 отверстия 10 Ø6,5 под резьбу.
  - 3 Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-6Н.
  - 4 Нарезать в 4 отверстиях 10 резьбу М8-6Н.
- База – плоскость 3 и отверстия 7, 8.

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

### **1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ**

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

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

Основные преимущества станков с ЧПУ:

- производительность станка повышается в 1,5...2,5 раза по сравнению с производительностью аналогичных станков с ручным управлением;
- сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата;
- снижается потребность в квалифицированных рабочих станочниках, а подготовка производства переносится в сферу инженерного труда;
- детали, изготовленные по одной программе, являются взаимозаменяемыми, что сокращает время пригоночных работ;
- сокращаются сроки подготовки и перехода на изготовление новых деталей благодаря предварительной подготовке программ, более простой и универсальной технологической оснастке.

## Маршрут обработки корпуса с применением станка с ЧПУ

### 10 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

#### А Установить заготовку.

1 Фрезеровать торец 1 по контуру предварительно.

2 Фрезеровать торец 1 по контуру окончательно.

3 Фрезеровать отв. 4 предварительно с фрезерованием торца 5 окончательно.

4 Фрезеровать отв. 4 окончательно.

5 Фрезеровать фаску.

Б Поворот стола на  $90^\circ$ .

6 Фрезеровать плоскость 2 окончательно.

В Поворот стола на  $180^\circ$ .

7 Фрезеровать плоскость 2 окончательно.

Г Поворот стола на  $90^\circ$ .

8 Сверлить на плоскости 1 2 отверстия  $\varnothing 10$  предварительно.

9 Сверлить на плоскости 1 4 отверстия  $\varnothing 10,2$  окончательно.

10 Сверлить на плоскости 1 2 отверстия  $\varnothing 6,5$  под резьбу.

11 Развернуть 2 отверстия до  $\varnothing 10,2^{+0,018}$  окончательно.

12 Нарезать в 2 отверстиях резьбу М8-6Н окончательно.

База – плоскость 3 и отверстия 7, 8.

Д Переустановить заготовку.

Е Смена паллеты.

13 Фрезеровать торец 3 окончательно.

14 Расточить отверстие 7 предварительно.

15 Расточить отверстие 8 предварительно.

16 Расточить отверстие 7 предварительно.

17 Расточить отверстие 8 предварительно.

18 Расточить отверстие 7 окончательно со снятием фаски.

19 Расточить отверстие 8 окончательно со снятием фаски.

20 Сверлить 4 отверстия 9  $\varnothing 5$  под резьбу.

21 Сверлить 4 отверстия 10  $\varnothing 6,5$  под резьбу.

22 Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-6Н.

23 Нарезать в 4 отверстиях 10 резьбу М8-6Н.

Ж Поворот стола на  $180^\circ$ .

24 Фрезеровать торец 6 окончательно.

25 Расточить отверстие 7 предварительно.

26 Расточить отверстие 8 предварительно.

27 Расточить отверстие 7 предварительно.

28 Расточить отверстие 8 предварительно.

29 Расточить отверстие 7 окончательно со снятием фаски.

30 Расточить отверстие 8 окончательно со снятием фаски.

31 Сверлить 4 отверстия 9  $\varnothing 5$  под резьбу.

32 Сверлить 4 отверстия 10  $\varnothing 6,5$  под резьбу.

33 Нарезать в 4 отверстиях 9 резьбу М6-6Н.

34 Нарезать в 4 отверстиях 10 резьбу М8-6Н.

База – плоскость 1 и два отверстия Ø10,2.

Станок горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG MORI NH4000 DCG, режущий инструмент – фреза торцевая насадная по ГОСТ 9304-99 Ø50 Р6М5, фреза концевая по ГОСТ 4675-91 Ø25, l = 50 мм ВК6, сверло спиральное по ГОСТ 10902-97, развертка по ГОСТ 1672-90, метчик по ГОСТ 3266-91, фреза торцевая по ГОСТ 9473-90 Ø125 ВК6, резец расточной по ГОСТ 18063-92 ВК6; приспособления – специальные.

## 1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления.

Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

Различные способы получения литых заготовок отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления форм.

Отливки из СЧ20 чаще всего получают в земляных (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 5,6 кг, из серого чугуна, 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	65400	1,05	1,4	0,91	1,04	1,2	5,6	4,8	2500
Земл.формы	64500	1	1,2	0,91	1,04	1,2	5,2	4,8	2500

$$S_{\text{заг1}} = 566,75 \text{ руб}$$

$$S_{\text{заг}2} = 490,25 \text{ руб.}$$

Как видим из расчетов, для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы. Формовочная смесь при этом состоит из кварцевого песка, глины и специальных добавок. Литейная форма изготавливается путем уплотнения формовочной смеси по модели при помощи формовочной машины. Металл из печи выпускают в ковши, а затем разливают по формам до тех пор, пока металл не заполнит выпоры и прибыли. После полного затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из форм и из них выбивают стержни. Затем отливки необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей и удалить с поверхности отливки пригоревшую формовочную смесь.

Экономия при этом составит на одну деталь 76,5 руб, на годовой выпуск – 38 250 руб.

### 1.7 Расчет и назначение припусков

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

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

Рассчитаем припуски на наиболее ответственные поверхности.

1 Посадочное отверстие  $\varnothing 80^{+0,03}$ .

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

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

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.6)$$

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 и тонкого растачивания находим только значения Rz (соответственно 50 и 20).

Черновую обработку производим при установке по обработанной плоскости и двум установочным пальцам. В этом случае величина суммарного отклонения расположения поверхности равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности.

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} \quad (1.7)$$

Коробление учитывается как в диаметральном, так и в осевом направлении.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} \quad (1.8)$$

Удельная кривизна для литых заготовок  $\Delta_k = 1$  мкм. Диаметр отверстия  $d = 80$  мм, длина  $l = 150$  мм.

$$\rho_{\text{кор}} = 170 \text{ мкм.}$$

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

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} \quad (1.9)$$

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для размера 65 мм составляют по 1600 мкм.

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

$$\rho = \sqrt{170^2 + 1130^2} = 1144 \text{ мкм.}$$

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

Погрешность установки

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \quad (1.10)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления.

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на плоскость параллельную оси обрабатываемого отверстия, что лишает ее трех степеней свободы. Направляющую базу представляют два установочных пальца, лишаящие заготовку оставшихся трех степеней свободы.

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

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min} \quad (1.11)$$

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 36 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр пальца, 36 мкм;

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

$S_{\max} = 92$  мкм.

Тогда наибольший угол поворота заготовки на пальцах может быть найден из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения, к расстоянию между базовыми отверстиями

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,092}{150} = 0,0006 \quad (1.12)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 75 мм

$\varepsilon_6 = 75 \cdot 0,0006 = 46$  мкм.

Погрешность закрепления при винтовом зажиме  $\varepsilon_3 = 160$  мкм.

$\varepsilon_1 = 167$  мкм.

Чистовой и тонкий переходы выполняется без переустановки, поэтому погрешность установки 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 посадочного отверстия  $\varnothing 80^{+0,03}$

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		1144			75,926	1600	74,33	75,93		
Растачивание											
Черновое	50	-	70	167	2·1856	79,638	190	79,45	79,64	3712	5120
Чистовое	30	-	46	0	2·120	79,878	74	79,804	79,878	240	354
Тонкое	-	-	-	0	2·76	80,03	30	80	80,03	152	196
Итого										4104	5670

2 Установочная плоскость.

Конструкторский размер  $28_{-0,4}$ . Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой, без переустановки до шероховатости  $Ra = 3,2$  мкм.

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой, без переустановки

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.13)$$

Суммарное значение Rz и T так же составляет 700 мкм. Для чистового точения  $Rz = 50$  мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при базировании по противоположной

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L \quad (1.14)$$

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

Длина плоскости  $l = 200$  мм.

$\rho_{\text{кор}} = 200$  мкм.

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

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.5.

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим (таблица 1.6).

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

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		200			28,995	1000	29	30		
точение											
Черновое	50	-	12	600	1333	27,662	520	27,66	28,18	1333	1820
Чистовое	-	-	-	0	62	27,6	400	27,6	28	62	180
Итого										1395	2000

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	
7 - отверстие	$\varnothing 30^{+0,033}$	1. черновое растачивание 2. чистовое растачивание 3. тонкое растачивание		2,25 0,15 0,1	$\varnothing 25^{+0,6}_{-0,4}$ $\varnothing 29,5^{+0,09}_{-0,04}$ $\varnothing 29,8^{+0,036}_{-0,016}$
8 - отверстие	$\varnothing 80^{+0,03}$	1. черновое растачивание 2. чистовое растачивание 3. тонкое растачивание	1,86 0,12 0,076	2,25 0,15 0,1	$\varnothing 75^{+1,1}_{-0,5}$ $\varnothing 79,5^{+0,13}_{-0,06}$ $\varnothing 79,8^{+0,05}_{-0,024}$
4 - отверстие	$\varnothing 125^{+0,1}$	1. черновое растачивание 2. чистовое растачивание		2,3 0,2	$\varnothing 120^{+1,3}_{-0,7}$ $\varnothing 124,6^{+0,16}_{-0,09}$
3, 6 - торец	150 <sub>-1</sub>	1. черновое фрезерование 2. черновое фрезерование		1,5 1,5	153 <sup>+0,7</sup> <sub>-1,3</sub> 151,5 <sup>+0,4</sup> <sub>-1</sub>
1, 2 - плоскости	28 <sub>-0,4</sub>	1. черновое точение 2. чистовое точение	1,333 0,062	1,4 0,1	31 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,7</sub> 28,2 <sup>+0,18</sup> <sub>-0,34</sub>

## 1.8 Расчет режимов резания

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Произведем расчет режимов резания для различных по обработке поверхностей – посадочное отверстие  $\varnothing 80$  мм и его торцы.

1 Посадочное отверстие  $\varnothing 80^{+0,03}$  мм.

Обработка ведется в три перехода – черновой, чистовой, тонкий.

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 2,25$  мм.

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

По таблице 12 [14]  $S = 0,5$  мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \cdot 0,9 \quad (1.15)$$

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} \quad (1.16)$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1 [9] для чугуна с HB=190 -  $K_{MV} = 1$ ;

$K_{PV}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, по таблице 5 [9] при обработке чугунной отливки по корке -  $K_{PV} = 0,8$ ; без корки -  $K_{PV} = 1$ .

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [9] для пластин из твердого сплава ВК6 -  $K_{IV} = 1$ ;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

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

0,9 – поправочный коэффициент на растачивание.

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

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 80} = 358 \text{ об/мин} \quad (1.17)$$

Округлим до стандартного значения 315 об/мин.  
Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 315}{1000} = 80 \text{ м/мин} \quad (1.18)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.19)$$

где постоянная  $C_p$  и показатели степени возьмем из таблицы 22[14]  
 $C_p=92$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = 0$ .

$K_p$  – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.20)$$

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

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

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

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

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

После подстановки получаем  $K_p = 1,15$ .

Сила резания

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

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1415 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт} \quad (1.21)$$

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

Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 0,15$  мм.

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [14] при  $Ra = 3,2$  мкм и  $r = 1$  мм,  $S = 0,25$  мм/об.

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.15)

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

Частота вращения (1.17)

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

Округлим до стандартного значения 400 об/мин.

Уточним скорость резания (1.18)

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

Сила резания (1.17)

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

Мощность резания (1.21)

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

Тонкое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4  $t = 0,1$  мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [14] при  $Ra = 2,5$  мкм,  $S = 0,15$  мм/об.

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

Частота вращения (1.17)

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

Округлим до стандартного значения – 500 об/мин.  
Уточним скорость резания (1.18)

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

Сила резания (1.19)

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

Мощность резания (1.21)

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

2 Фрезерование торцев посадочных отверстий.

Обработка ведется в один переход – черновой.

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

Черновое фрезерование.

Глубина резания по таблице 1.5  $t = 1,5$  мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава  $S_z = 0,1$  мм/зуб.

Скорость резания – окружная скорость фрезы определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v \quad (1.22)$$

Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени возьмем из таблицы 39, а период стойкости – из таблицы 40 [14].

$C_v = 445$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;  $u = 0,2$ ;  $p = 0$ ;  $m = 0,32$ ; период стойкости  $T = 180$  мин; ширина фрезерования  $B = 160$  мм.

$$K_v = 0,8 \quad (1.16)$$

$$V = \frac{445 \cdot 200^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 160^{0,2} \cdot 20^0} \cdot 0,8 = 148 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.17)

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 200} = 237 \text{ об/мин}$$

Округлим до стандартного значения 200 об/мин.

Уточним скорость резания (1.18)

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

Сила резания – окружная сила

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (1.23)$$

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

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 160^1 \cdot 20}{200^1 \cdot 200^0} \cdot 1 = 2285 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2285 \cdot 200}{2 \cdot 100} = 2,3 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (1.24)$$

Мощность резания (1.21)

$$N_e = \frac{2285 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 4,7 \text{ кВт}$$

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

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

Таблица 1.6 – 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
Подрезка торца черновая	1,4	0,4	80	200	2162	1,9
Подрезка торца чистовая	0,1	0,2	100	250	120	0,16
Растачивание черновое Ø125	2,3	0,5	80	200	1415	2
Растачивание чистовое Ø125	0,2	0,25	100	250	80	0,13
Растачивание черновое Ø80	2,25	0,5	80	315	1415	2
Растачивание чистовое Ø80	0,15	0,25	100	400	80	0,13
Растачивание тонкое Ø80	0,1	0,15	125	500	19	0,05
Растачивание черновое Ø30	2,25	0,5	63	630	1415	1,5
Растачивание чистовое Ø30	0,15	0,25	80	800	80	0,1
Растачивание тонкое Ø30	0,1	0,15	100	1000	19	0,03
Фрезерование концевое Ø25	1,5	0,5	63	800	1445	1,5
Фрезерование торцевое Ø200	1,5	2	125	200	2285	4,7
Сверление отв.Ø5	2,5	0,16	10	630	2600	0,4
Сверление отв.Ø6,5	3,25	0,2	12,5	630	2720	0,4
Сверление отв.Ø10	5	0,32	16	500	2960	0,8
Развертывание Ø10,2	0,1	1,6	20	630	356	0,12
Нарезание резьбы М6	0,5	1	5	200	420	0,04
Нарезание резьбы М8	0,75	1,5	6	200	420	0,04

Для станка с ЧПУ						
Фрезерование торцевое Ø50 черновое	1,4	1	63	400	2150	2,2
Фрезерование торцевое Ø50 чистовое	0,1	0,8	80	500	506	0,7
Фрезерование концевое Ø25 черновое	1,4	0,5	63	800	1350	1,5
Фрезерование концевое Ø25 чистовое	0,1	0,4	80	1000	320	0,1
Фрезерование торцевое Ø125	1,5	1,2	125	315	1890	3,9

### 1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.25)$$

где  $t_o$  - основное (технологическое) время, затрачиваемое на достижение цели данной технологической операции;  $t_b$  - вспомогательное время, на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы;  $t_{тех}$ ,  $t_{орг}$  - время, соответственно, технического и

организационного обслуживания рабочего места;  $t_{отд}$  - время на отдых и личные потребности.

Суммарное значение основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{оп} = t_o + t_v \quad (1.26)$$

$t_{тех}$ ,  $t_{орг}$  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 операцию на универсальном оборудовании – обработки основной технологической базы.

Данная операция содержит 6 технологических переходов.

1 Подрезка торца 1 черновая.

Обработка ведется на проход подрезным резцом.

Основное время при точении рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \quad (1.27)$$

где  $L$  – длина обработки, состоящая из фактической длины резания плюс врезание и перебег.

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

$S$  - подача;  $n$  - частота вращения шпинделя.

Фактическая длина обработки равна  $L_o = (200 - \varnothing 120) / 2 = 40$  мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда  $L = 50$  мм.

$S = 0,4$  мм/об;  $n = 200$  об/мин (из расчетов режимов резания).

Основное время

$$t_o = \frac{50}{0,4 \cdot 200} = 0,63 \text{ мин}$$

2 Подрезка торца 1 чистовая.

Обработка ведется на проход.

Длина обработки та же, 50 мм.

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

$$t_o = \frac{50}{0,2 \cdot 250} = 1 \text{ мин}$$

3 Подрезка торца 5 черновая.

Обработка ведется в упор.

Фактическая длина обработки равна  $L_o = (\varnothing 120 - 94) / 2 = 13$  мм.

Длина врезания равна 5 мм, перебега нет. Отсюда  $L = 18$  мм.

$S = 0,5$  мм/об;  $n = 200$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{18}{0,4 \cdot 200} = 0,23 \text{ мин}$$

4 Растачивание  $\varnothing 125$  черновое.

Обработка ведется в упор.

Фактическая длина обработки равна  $L_o = 7,5$  мм.

Длина врезания равна 5 мм, перебега нет. Отсюда  $L = 12,5$  мм.

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

$$t_o = \frac{12,5}{0,5 \cdot 200} = 0,13 \text{ мин}$$

5 Растачивание  $\varnothing 125$  чистовое.

Обработка ведется в упор.

Длина обработки та же, 12,5 мм.

$S = 0,25$  мм/об;  $n = 250$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{12,5}{0,25 \cdot 250} = 0,2 \text{ мин}$$

6 растачивание фаски.

Обработка ведется в упор.

Длина обработки  $L = 1 + 5 = 6$  мм.

$S = 0,5$  мм/об;  $n = 200$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{6}{0,5 \cdot 200} = 0,06 \text{ мин}$$

Основное время операции

$$t_o = 0,5 + 0,8 + 0,18 + 0,13 + 0,2 + 0,06 = 1,87 \text{ мин.}$$

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

По справочнику [13]

- 1 время на установку и снятие детали со станка – 0,76 мин;
- 2 время на подвод-отвод инструмента – 0,45 мин;
- 3 время на смену инструмента – 0,78 мин;
- 4 время на управление станком – 0,93 мин.

Вспомогательное время на операции будет

$$t_{\text{в}} = 0,76 + 0,45 + 0,78 + 0,93 = 2,92 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{\text{оп}} = 1,87 + 2,92 = 4,79 \text{ мин.}$$

Укрупненно для токарных станков [13]

$$\begin{aligned} t_{\text{тех}} &= 3\% T_{\text{оп}} = 0,03 \cdot 4,79 = 0,15 \text{ мин;} \\ t_{\text{орг}} &= 1,5\% T_{\text{оп}} = 0,015 \cdot 4,79 = 0,07 \text{ мин;} \\ t_{\text{отд}} &= 6\% T_{\text{оп}} = 0,06 \cdot 4,79 = 0,29 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (1.28)$$

Штучное время на операции

$$T_{\text{шт}} = 4,79 + 0,15 + 0,07 + 0,29 = 5,3 \text{ мин.}$$

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

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

где подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках  $T_{\text{п.з.}} = 18$  мин, на сверлильных – 21 мин, на фрезерных – 22 мин, на расточных – 23 мин;

$n$  – количество деталей в настроечной партии – 100 шт.

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{18}{100} + 5,3 = 0,18 + 5,3 = 5,48 \text{ мин.}$$

На остальные операции нормы времени рассчитываем аналогично и результаты вычислений сведем в таблицы 1.7, 1.8.

Таблица 1.7 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t <sub>о</sub>	t <sub>в</sub>	T <sub>оп</sub>	t <sub>тех</sub>	t <sub>орг</sub>	t <sub>отд</sub>	T <sub>шт</sub>	T <sub>ш-к</sub>
<b>10 Токарная</b>								
1 точение черновое	0,5							
2 точение чистовое	0,8							
3 точение черновое	0,18	2,92	4,79	0,15	0,07	0,29	5,3	5,48
4 растачивание черновое	0,13							
5 растачивание чистовое	0,2							
6 растачивание фаски	0,06							
<b>20 Фрезерная</b>								
1 фрезерование черновое	0,2·2	2,73	3,13	0,09	0,05	0,17	3,44	3,66
<b>30 Сверлильная</b>								
1 сверление Ø10	1,04							
2 сверление Ø6,5	0,34	1,38	2,94	0,07	0,04	0,15	3,2	3,41
3 развертывание Ø10,2	0,04							
4 нарезание М8-6Н	0,14							
<b>40 Фрезерная</b>								
1 фрезерование черновое	0,67	2,92	4,26	0,13	0,06	0,25	4,7	4,92
2 фрезерование черновое	0,67							
<b>50 Расточная</b>								
1 растачивание черновое	0,12							
2 растачивание черновое	0,24							
3 растачивание чистовое	0,19							
4 растачивание чистовое	0,38							
5 растачивание тонкое	0,25							
6 растачивание тонкое	0,51	4,27	7,65	0,19	0,09	0,38	8,31	8,54
7 растачивание черновое	0,12							
8 растачивание черновое	0,24							
9 растачивание чистовое	0,19							
10 растачивание чистовое	0,38							
11 растачивание тонкое	0,25							
12 растачивание тонкое	0,51							
<b>60 Сверлильная</b>								
1 сверление 4 отв. Ø5	0,8							
2 сверление 4 отв. Ø6,5	0,76							
3 нарезание М6-6Н	0,34							
4 нарезание М8-6Н	0,28	2,27	6,63	0,17	0,09	0,34	7,23	7,44
5 сверление 4 отв. Ø5	0,8							
6 сверление 4 отв. Ø6,5	0,76							
7 нарезание М6-6Н	0,34							
8 нарезание М8-6Н	0,28							

Таблица 1.8 – Нормы времени на станке с ЧПУ

Операция	t <sub>о</sub>	t <sub>в</sub>	T <sub>оп</sub>	t <sub>тех</sub>	t <sub>орг</sub>	t <sub>отд</sub>	T <sub>шт</sub>	T <sub>шт/к</sub>
10 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ								
Установка заготовки		0,76						
1 фрезерование черновое	1,37							
2 фрезерование чистовое	1,37							
3 фрезерование черновое	0,42							
4 фрезерование чистовое	0,42							
5 фрезерование фаски	0,48							
Поворот стола								
6 фрезерование черновое	0,2							
Поворот стола								
7 фрезерование черновое	0,2	0,65						
Поворот стола								
8 сверление Ø10	1,04							
9 сверление Ø6,5	0,34							
10 развертывание Ø10,2	0,04							
11 нарезание М8-6Н	0,14							
Переустановка заготовки		0,1						
Смена паллеты								
12 фрезерование торца	0,49							
13 растачивание черновое	0,12		18,71	0,23	0,13	0,47	19,54	20,89
14 растачивание черновое	0,24							
15 растачивание чистовое	0,19							
16 растачивание чистовое	0,38							
17 растачивание тонкое	0,25	1,21						
18 растачивание тонкое	0,51							
19 сверление 4 отв. Ø5	0,8							
20 сверление 4 отв. Ø6,5	0,76							
21 нарезание М6-6Н	0,34							
22 нарезание М8-6Н	0,28							
Поворот стола		0,04						
23 фрезерование торца	0,49							
24 растачивание черновое	0,12							
25 растачивание черновое	0,24							
26 растачивание чистовое	0,19							
27 растачивание чистовое	0,38							
28 растачивание тонкое	0,25	1,21						
29 растачивание тонкое	0,51							
30 сверление 4 отв. Ø5	0,8							
31 сверление 4 отв. Ø6,5	0,76							
32 нарезание М6-6Н	0,34							
33 нарезание М8-6Н	0,28							

## 1.10 Выбор универсального оборудования

Судя по полученным нормам времени работы оборудования видим, что для обработки корпуса нам потребуется

- для токарной операции 10 – один станок 1512 с  $T_{шт-к} = 5,48$  мин;
- для фрезерных операций 20 и 40 – один станок 6P82 с  $T_{шт-к} = 8,58$  мин;
- для сверлильных операций 30 и 60 – один станок 2M55 с  $T_{шт-к} = 10,85$  мин;
- для расточной операции 50 – один станок 2M615 с  $T_{шт-к} = 8,54$  мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.макс} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{10,85 \cdot 500}{1984 \cdot 60} = 0,0456 \text{ года} \quad (1.30)$$

где  $T_{шт.макс}$  – наибольшая продолжительность операции, мин,  
 $N$  – годовая программа выпуска деталей, 500 шт,  
 $F_d$  – 1984 ч – действительный годовой фонд работы станка в одну смену.

## 1.11 Выбор оборудования с ЧПУ

При обработке на станке с ЧПУ примем 1 станок

$$T_N = \frac{T_{шт.макс} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{20,89 \cdot 500}{1984 \cdot 60} = 0,0878 \text{ года}$$

Оборудование с применением числового программного управления выбираем, первым делом, по параметрам рабочей зоны. Наша заготовка небольшого размера 150x160x160.

Также необходимо учесть требуемые для обработки мощности. В нашем случае, максимальная мощность при фрезеровании – 4,7 кВт.

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

Проанализировав предлагаемое в доступных источниках оборудование, приняли для обработки нашей детали горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ NH4000 DCG фирмы DMG MORI – крупнейшего в мире японско-немецкого станкостроительного концерна.

Он соответствует всем перечисленным параметрам и из найденных нами аналогов занимает меньшую площадь и стоимость.

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

Таблица 1.9 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG MORI NH4000 DCG
Параметры рабочей зоны, мм	размер паллеты 400x400
Перемещение, мм	
по оси X	560
по оси Y	560
по оси Z	630
Время смены паллеты, сек	6
Время поворота паллеты, сек	
на 90°	1,3
на 180°	2,5
Шпиндель	конус BBT-40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	14000
Мощность шпинделя, кВт	18,5
Кол-во инструментов	40
Максимальный диаметр инструмента, мм	70
при пустых соседних ячейках, мм	140
Время смены инструмента, сек	6,5



Рисунок 1.2 – Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG MORI NH4000 DCG

Горизонтально-фрезерные обрабатывающие центры NH (рисунок 1.2) являются представителями современного поколения станков, в которых воплощены все передовые технологии станкостроения. Серия обрабатывающих центров NH предназначена для высокопроизводительной, высококачественной обработки заготовок. Основными сферами их применения являются: автомобилестроение, аэрокосмическая отрасль, инструментальная промышленность и другие отрасли.

L-образная станина (рисунок 1.3) имеет жесткую термосимметричную конструкцию, которая на стадии проектирования была проанализирована методом конечных элементов (FEM technology). Для достижения высокой точности обработки и достижения максимального баланса при перемещении шпиндельного узла Японскими инженерами в станках серии NH была применена конструкция «коробка в коробке», в которой шпиндельный узел направляется и приводится в движение с идеальным балансом. Такая компоновка повышает динамику механизмов серводвигателя, создавая беспрецедентные скорость и ускорение.

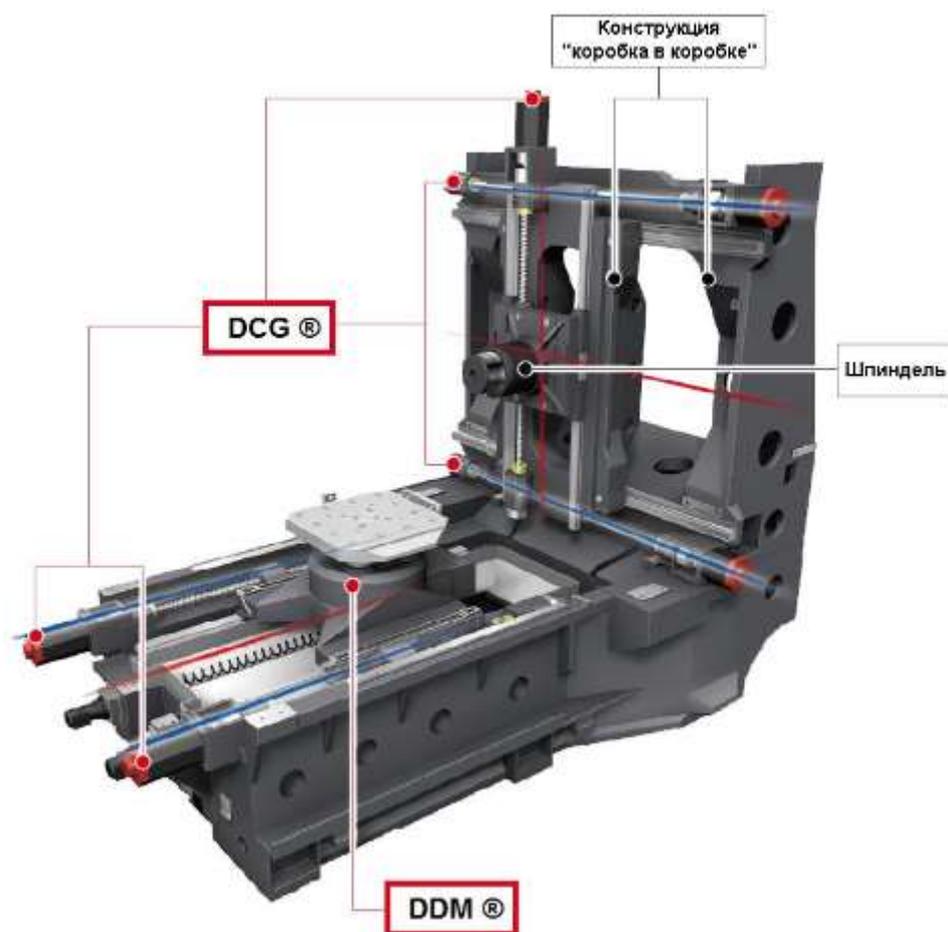


Рисунок 1.3 – Основные элементы станка

DDM ® (прямой привод) - до сих пор в станках использовались ременные и червячные передачи для привода поворотных осей, но такая система привода негативно влияла на скорость и точность, к тому же обладала увеличенным тепловыделением и низкой надежностью. Технология DDM решает эти проблемы, позволяя достигать высокой эффективности и скорости вращения, благодаря встроенному двигателю и системе охлаждения «масляной рубашкой». Технология DDM обеспечивает передачу вращения с нулевым зазором.

DCG ® (привод по центру тяжести) – как известно, вибрация является главным врагом высокой скорости перемещения и точности обработки. Технология DCG компании DMG MORI позволяет решить данную проблему и уменьшить вибрации, возникающие при работе станка.

NH4000 оснащен высокоскоростной системой автоматической смены паллет с точностью позиционирования 0,001°, что значительно сокращает вспомогательное время.

Система ЧПУ MAPPS IV с 19” дисплеем и предустановленным САМ модулем ESPRIT обеспечивает качественное и удобное программирование.

## **2 Конструкторская часть**

### **2.1 Проектирование расточного приспособления**

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

#### **2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления**

На операции 40 Расточная, производим черновую, чистовую и тонкую обработку основных посадочных отверстий, выдерживая размеры по 8му качеству. Для обеспечения надежной работы коробки, необходимо соблюдать точность взаимного расположения осей этих отверстий, поэтому их обработку желательно производить с одной установки.

Спроектируем зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции 50 Расточная.

Приспособление должно обеспечивать надежное закрепление заготовки и доступ режущего инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Схема базирования по плоскости, параллельной осям обрабатываемых отверстий и двум установочным пальцам (цельному и срезанному). Базовая поверхность чистая.

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

Заготовка устанавливается плоскостью разъема на опорные пластины 7 приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два пальца 8 (срезанный) и 9 (цельный). Срез пальца 8 расположен в направлении пальца 9.

Силовое замыкание производится двумя прихватами 4 с винтовым зажимом гайками 12. Для обеспечения прижима прихватов к заготовке их подпирают упоры 2. Чтобы прихваты не ломало при прижиме на них предусмотрены пары выпукло-вогнутых шайб 5-6, обеспечивающие мягкий наклон прихватов.

Для удобства установки прихватов над заготовкой и их отведения, предусмотрены ручки 3.

Все элементы приспособления установлены на плите 1, которая в свою очередь при помощи сухарей 10 базируется по пазам стола станка.

При обработке сила резания пытается сдвинуть заготовку по приспособлению. Зажимное приспособление должно предотвратить этот сдвиг. Наличием пальцев пренебрежем.

Рассчитаем силу зажима необходимую для предотвращения сдвига заготовки.

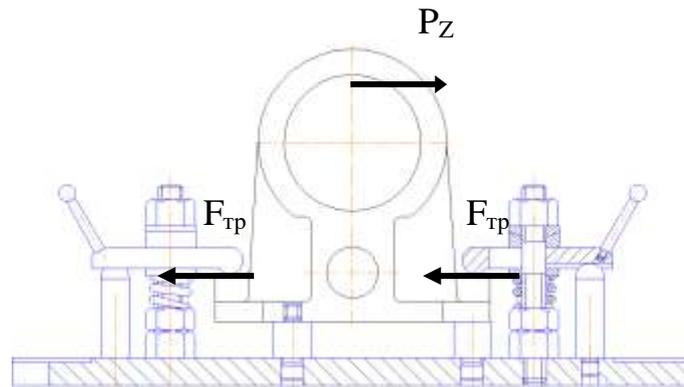


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия сил, относительно оси X.

$$\sum P_x = 0 \Rightarrow P_z - 2F_{тр} = 0 \quad (2.1)$$

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

$F_{тр}$  – сила трения прихвата о заготовку.

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

где  $Q$  – сила действия прихвата на заготовку;

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

$$1415 = 2 \cdot Q \cdot 0,16$$

отсюда  $Q = 4422$  Н.

### 2.1.3 Расчет силы привода

Определим силу привода, как функции от силы закрепления

$$P_{\text{пр}} = f(Q) \quad (2.3)$$

Прихват представляет собой двух плечевой рычаг с осью вращения на одном конце. На другом конце развивается сила прихвата, а между ними действует сила гайки.

На прихват (рисунок 2.2) кроме силы привода действуют сила трения о заготовку, сила трения о привод и сила, с которой заготовка действует на прихват, по модулю равная силе действия прихвата – 4422 Н.

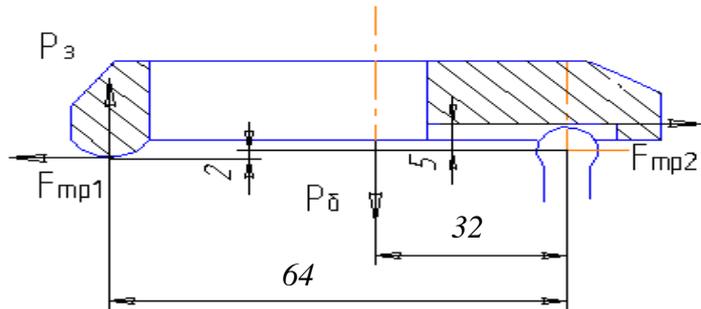


Рисунок 2.2 – Схема действия сил на прихват

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

$$P_3 \cdot 64 + F_{\text{тр}1} \cdot 5 - P_6 \cdot 32 + F_{\text{тр}2} \cdot 2 = 0 \quad (2.4)$$

где  $F_{\text{тр}1} = P_3 \cdot k_{\text{тр}}$  - сила трения прихвата о заготовку;

$F_{\text{тр}2} = P_6 \cdot k_{\text{тр}}$  - сила трения прихвата об упор.

$k_{\text{тр}} = 0,16$  – коэффициент трения.

Произведем следующие преобразования

$$P_3(64 + k_{\text{тр}} \cdot 5) = P_6(32 - k_{\text{тр}} \cdot 2)$$

Отсюда выразим и определим силу, которую должна развить гайка

$$P_6 = P_3 \cdot \frac{64 + 0,16 \cdot 5}{32 - 0,16 \cdot 2} = 9045 \text{ Н}$$

### 2.1.4 Расчет силового привода

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем резьбовой прижим. Гайка, прижимающая прихват к заготовке, действует напрямую и должна обеспечить силу прижима не менее 9045 Н.

Номинальный диаметр резьбы можно рассчитать по формуле [10]

$$d = C\sqrt{P_6/\sigma} = 1,4\sqrt{9045/100} = 13,3 \text{ мм} \quad (2.5)$$

где  $C = 1,4$  – коэффициент для основной метрической резьбы;  
 $P_6$  – сила болта, необходимая для закрепления заготовки, Н;  
 $\sigma$  – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 100 МПа.

Примем шпильку М14.

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

$$M = r_{cp} \cdot P_6 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_{тр} \quad (2.6)$$

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

$\alpha$  – угол подъема резьбы (для М14  $\alpha = 2^\circ 30'$ );

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

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

$$M_{тр} = \frac{1}{3} f \cdot P_6 \frac{D_n^3 - d_b^3}{D_n^2 - d_b^2} \quad (2.7)$$

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

После всех преобразований и подстановок формула для момента примет вид:

$$M = 0,2d \cdot P_6 = 0,2 \cdot 14 \cdot 9045 = 25 \text{ Нм.}$$

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:

$$M' = 0,25d \cdot P_6 = 0,25 \cdot 14 \cdot 9045 = 32 \text{ Нм.}$$

Такие усилия может развить гайковерт.

## 2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции допуска взаимного расположения обрабатываемых отверстий, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого параметра. Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [7]

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

где  $T = 50$  мкм – допуск взаимного расположения осей обрабатываемых отверстий;

$K_T = 1,2$  - 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 в данном случае возникает за счет перекоса заготовки при установке ее на пальцы приспособления. Перекос происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром посадочного отверстия корпуса и наименьшим диаметром пальца. Наибольший зазор можно определить

$$S_{\text{max}} = \delta_A + \delta_B + S_{\text{min}} \quad (2.9)$$

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 36 мкм;

$\delta_B$  – допуск на оправку, 36 мкм;

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

$S_{\text{max}} = 92$  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 пальцами

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{S_{\max}}{1} = \frac{0,092}{150} = 0,0006 \quad (2.10)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия

$$\varepsilon_6 = l_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha = 75 \cdot 0,0006 = 46 \text{ мкм.}$$

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

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

Погрешность положения

$$\varepsilon_n = B_2 \cdot N \quad (2.11)$$

где  $B_2 = 0,002$  - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочные пластины;

$N$  - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, а пластины меняют раз в квартал, то количество контактов равно 500 раз.

$$\varepsilon_n = 0,002 \cdot 500 = 10 \text{ мкм.}$$

В приспособлении отсутствуют направляющие элементы,  $\varepsilon_n = 0$ .

Экономическая точность  $W = 25$  мкм.

$$E_{\text{пр}} = 50 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 46)^2 + 10^2 + (0,7 \cdot 25)^2]^{0,5} = 50 - 41 = 9 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что допуск расположения 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 посадочного отверстия производят нутромером ГОСТ 868-82.

Контроль отверстий производят двумя калибр-пробками – проходной и непроходной. Контроль качества обработанной поверхности производят с помощью образцов шероховатости ГОСТ 7398-95 путем их сравнения.

### **2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления**

Для точной установки торцевых крышек, к корпусу коробки предъявлено требование перпендикулярности торцев, относительно оси основного посадочного отверстия  $\varnothing 80$  не более 0,05 мм.

Это требование выдерживается обработкой указанных поверхностей от одной технологической базы.

Для контроля указанного параметра спроектируем специальное приспособление. Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

### **2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля параллельности**

Для контроля перпендикулярности ось отверстия необходимо материализовать. Для этого в деталь устанавливаем по посадочному отверстию оправку приспособления 2, упирающуюся в торец тремя упорами 1, расположенными под углом  $120^\circ$  друг к другу.

Контроль производим индикаторной головкой часового типа 6, закрепленной на оправке 2 болтом 5 таким образом, чтобы ее наконечник соприкасался с контролируемым торцом. В первый момент времени выводим индикатор на ноль. Показания снимаем при вращении оправки с индикатором вокруг оси отверстия.

Оправка в отверстии центрируется двумя рядами по три завальцованных шарика 3 подпружиненных пружинами 4, расположенными под углом  $120^\circ$ .

Вращение осуществляем при помощи небольшой ручки 1.

### **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 перпендикулярности составляет 50 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 10 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [7]

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\Delta_{\text{уст}}^2 + \Delta_{\text{изн}}^2 + \Delta_{\text{г}}^2 + \Delta_{\text{инд}}^2} \quad (2.12)$$

где  $\Delta_{уст}$  – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности. Равна нулю, так как оправка центрируется в отверстии шариками.

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,006 = 6\text{мкм} < 10\text{мкм} .$$

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 широкоуниверсальном оборудовании (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности $R_m$	Занимаемая площадь, $m^2$	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-карусельный 1512	1	30	21	2,9x2,7	1956000	1956000
Горизонтально-фрезерный 6P82	1	7,5	22	2,3x2	2572000	2572000
Горизонтально-расточной 2M615	1	4,5	24	4,3x2,6	4378000	4378000
Радиально-сверлильный 2M55	1	5,5	21	2,7x1	1246000	1246000
Итого	4	47,5	88	26,3		10152000

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 $R_m$	Занимаемая площадь, $m^2$	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG MORI NH4000 DCG	1	8,5	41	2,3x3,9	5267000	5267000
Итого	1	8,5	41	9		5267000

### 3.2 Планировка участка с универсальным оборудованием

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

На участке расположены 4 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.

Площадь, занимаемую оборудованием определим по формуле

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

где  $f_{\Sigma}$  – суммарная площадь станков в плане;

$k_f = 2,5$  – коэффициент, учитывающий дополнительную производственную площадь проходов, проездов, мест складирования заготовок и т.д.

$$S_{\text{ст}} = 26,3 \cdot 2,5 = 65,75 \text{ м}^2$$

### 3.3 Планировка участка с оборудованием с ЧПУ

При обработке на станках с ЧПУ используем 1 станок. Расстояния такие же, как и для универсального металлорежущего оборудования. Также предусмотрен проезд.

$$S = 9 \cdot 2,5 = 22,5 \text{ м}^2.$$

### 3.4 Организация транспортной системы

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

Детали, обрабатываемые на участке, относятся к мелким металлическим твердым деталям. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять рольганги. Они устанавливаются между соседними станками и просты в эксплуатации.

Заготовки на рольганг устанавливаются вручную.

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

### **3.5 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 DMG MORI оснащены системой контроля износа инструмента и обмера детали. Это гарантирует надежность выполнения производственных процессов в автоматическом режиме.

### **3.6 Организация системы инструментобеспечения**

Система инструментобеспечения 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.

### **3.7 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]

К-О-О-Т-О-О-Т-О-О-С-О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

где К - капитальный ремонт;

Т - текущий ремонт;

С - средний ремонт;

О - осмотр.

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

### 3.8 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 – 490,25 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 [8]

$$C_{\text{обр}} = \sum C_{\text{обр}}^{\text{di}} \quad (3.1)$$

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.

Зарботная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$З = C^{pi} \cdot k_p \cdot k_c \cdot k_{np} \cdot k_n \cdot k_d \cdot k_{соц} \cdot T_{шт}^{di} \quad (3.2)$$

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

$k_p$  – коэффициент разряда,

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

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

При использовании универсального оборудования один рабочий обслуживает один станок, то есть в смене 4 рабочих третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21.

Общее время обработки на универсальном оборудовании 33,45 мин или 0,5575 ч; на станке с ЧПУ – 20,89 мин или 0,3482 ч.

$$Z_{ун} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,5575 = 91,65 \text{ руб/дет}$$

При использовании станка с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке работает один рабочий третьего разряда, который во время автоматической работы нашего станка обслуживает еще один станок с ЧПУ, занятый обработкой других деталей коробки (например – фланца). Поэтому, фактическое время, затрачиваемое им на корпус, будет 0,1741 ч.

Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчика, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{чпу} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,1741 \cdot 1,15 = 41,14 \text{ руб/дет}$$

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 [8].

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим делением на годовую программу выпуска (500 шт).

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_{\text{г}} \cdot T_{\text{N}}}{N} \quad (3.4)$$

где  $T_{\text{N}}$  – 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	65,75м <sup>2</sup>	72000	4734000	3	142020	12,95
2 Оборудование	4 шт		10152000	12	1218240	111,11
3 Транспорт			304560	8	24365	2,22
4 Инструмент			101520	15	15228	1,39
5 Инвентарь			74430	15	11165	1,02
Итого			15366510		1411018	128,69

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	22,5 м <sup>2</sup>	72000	1620000	3	48600	8,54
2 Оборудование	1 шт		5267000	12	632040	110,98
3 Транспорт			52670	8	4214	0,74
4 Инструмент			52670	15	7901	1,39
5 Инвентарь			34435	15	5165	0,91
Итого			7026775		697920	122,56

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$\mathcal{E} = (N \cdot k_N \cdot k_B \cdot k_{од} \cdot k_w / \eta) \cdot T_{шт.мах} \cdot Ц_э \quad (3.3)$$

где  $N$  – мощность оборудования, кВт;

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности (универсальное оборудование – 0,57, станок с ЧПУ – 0,63);

$k_B$  – средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени, (универсальное оборудование – 0,77, станки с ЧПУ – 0,95);

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

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

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

$Ц_э$  – тариф на электроэнергию (4,52 кВт·ч)

$$\mathcal{E}_{ун} = (47,5 \cdot 0,57 \cdot 0,77 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,1808 \cdot 4,52 = 18,06 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{чпу} = (8,5 \cdot 0,63 \cdot 0,95 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3482 \cdot 4,52 = 8,49 \text{ руб/дет}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

$$P = \frac{W_m \cdot R_m \cdot T_{шт}}{T_{р.ц}} \quad (3.4)$$

где  $W_m$  – затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 18000 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 токарном станке – 0,0914 ч, на фрезерном – 0,143 ч, на сверлильном – 0,1808 ч, на расточном – 0,1424 ч, на фрезерном станке с ЧПУ – 0,3482 ч.

$$P_{ун} = \frac{18000(21 \cdot 0,0914 + 22 \cdot 0,143 + 21 \cdot 0,1808 + 24 \cdot 0,1424)}{24174} = 9,15 \text{ руб/дет}$$

$$P_{чпу} = \frac{18000 \cdot 41 \cdot 0,3482}{24174} = 10,63 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 91,65 + 128,69 + 18,06 + 9,15 = 247,55 \text{ руб/дет}$$

$$C_{чпу} = 41,14 + 122,56 + 8,49 + 10,63 = 182,82 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{\text{ун}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ун}} = 490,25 + 247,55 = 737,8 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ЧПУ}} = 490,25 + 182,82 = 673,07 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 26%. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_2 = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (737,8 - 673,07) \cdot 500 = 32\,365 \text{ руб} \quad (3.5)$$

### 3.9 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 490,25 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

4 Площади участка берем по таблицам 3.1, 3.2.

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

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

При работе на станках с ЧПУ структура штучного времени позволяет применять многостаночное обслуживание, то есть, рабочий во время автоматической работы одного станка, успеет обслужить другой. Таким образом, для обслуживания всего участка в смену достаточно одного рабочего.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{91,65 \cdot 500}{4 \cdot 12 \cdot 0,0456} = 20936 \text{ руб} \quad (3.6)$$

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

$N$  – годовая программа выпуска, шт;

$n$  – число рабочих в смене, чел;

12 – месяцев в году;

$T_N$  – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станка с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{35,78 \cdot 500}{0,5 \cdot 12 \cdot 0,0878} = 33954 \text{ руб} \quad (3.7)$$

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 коробки отбора мощности крана стрелового КС2574 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 2М615) и контрольное (для контроля перпендикулярности торцев оси основного 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 4 раза количество рабочих мест, уменьшение в 3 раза занимаемых площадей, снижение в 2 раза затрат на оборудование, уменьшение в 2 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 26 %, что подтверждается технико-экономическими показателями. При этом экономический эффект на программу составит 32 365 руб.

## CONCLUSION

This final qualifying work presents the technology of manufacturing the housing of the power take off box of the jib crane KS2574 with an annual production program of 500 pieces.

When designing the rational structure of technological treatment processes created for optimal cutting modes has been developed, high-performance equipment and high speed tooling have been selected, standard and special cutting tools have been managed.

Also clamping (for processing the main landing holes of the housing on a horizontal boring machine 2M615) and control (to control the perpendicular of the ends of the axis of the main landing hole) devices have been designed.

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

The conducted technical and economic analysis of the developed variants of technological processes has showed that the use of CNC equipment provides a 4-fold reduction in the number of workplaces, a 3-fold reduction in occupied space, a 2-fold reduction in equipment costs, a 2-fold reduction in the payroll due to a reduction in 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 26 %, which is confirmed by technical and economic indicators. At the same time, the economic effect on the program will be 32,365 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, 1992 – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 1993 – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983 – 256 с.
- 6 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007 – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001 – 303 с.
- 8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 1995 – 156 с.
- 9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 1993 – 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, 1990 – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 1991 – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 1990 – 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., 2009-2020. Режим доступа: [http:// www.dmtg-stanki.ru](http://www.dmtg-stanki.ru) Горизонтальные обрабатывающие центры с ЧПУ. (дата обращения 28.05.2020).

## ПРИЛОЖЕНИЯ





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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки  
корпуса коробки отбора мощности крана стрелового КС2574

тема

Руководитель

  
подпись, дата

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

Выпускник

  
подпись, дата

2.07.20

П. А. Сафронов  
инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: проектирование технологического процесса механической обработки корпуса коробки отбора мощности крана стрелового КС2574

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

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

Студенту Сафронов Павел Андреевич

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 редуктора  
вращения

Утверждена приказом по институту № 224 от 27.04.2020 г.

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

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

1. Чертеж детали;

2. Годовая программа выпуска N = 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 – 2 листа ф. А1; 3. Технологический  
процесс на станке с ЧПУ – 1 лист ф. А1; 4. Приспособление зажимное –  
1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Техничко-  
экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

  
подпись

В. В. Платонов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись

П. А. Сафронов

инициалы и фамилия студента

« 1 » 07 2020 г.