

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

« 3 » 07 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки  
корпуса редуктора Ф54.1633.024

тема

Руководитель

подпись, дата

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

В.В. Платонов.  
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А.А. Панцер  
инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: проектирование технологического процесса механической обработки корпуса редуктора Ф54.1633.024.

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

« 17 » 14 2020 г.

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

Студенту Панцеру Алексею Андреевичу

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  
Ф54.1633.024

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 – 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

А.А. Панцер

инициалы и фамилия студента

« 24 » 04 2020 г.

## РЕФЕРАТ

Данная работа содержит проектирование технологического процесса механической обработки корпуса редуктора Ф54. При этом необходимо на основе основных тенденций развития современного машиностроения разработать процесс производства, обеспечивающий выпуск изделия в серийном производстве с требуемым качеством и минимальными затратами на его изготовление.

В технологической части работы 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 вертикально-фрезерном станке 6Л12 на операции фрезерования основной технологической базы корпуса. А так же, спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности осей посадочных отверстий  $\varnothing 80$  и  $\varnothing 40$ .

В экономической части проведен расчёт целесообразности внедрения станков с ЧПУ в производство. Проведен расчет стоимости основных производственных фондов, расчет заработной платы рабочих и расчет себестоимости изготовления корпуса по спроектированному и базовому вариантам технологического процесса.

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

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 Технологическая часть.....	8
1.1 Анализ служебного назначения .....	8
1.2 Анализ технологичности.....	9
1.3 Анализ технических требований .....	10
1.4 Обзор методов обработки детали .....	10
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса .	11
1.6 Составление маршрута механической обработки корпуса на станке с ЧПУ .....	14
1.7 Экономическое обоснование выбора заготовки .....	15
1.8 Расчет и назначение припусков .....	17
1.9 Расчет режимов резания.....	22
1.10 Расчет норм времени.....	27
1.11 Выбор универсального оборудования.....	33
1.12 Выбор оборудования с ЧПУ .....	33
2 Конструкторская часть.....	37
2.1 Проектирование зажимного приспособления .....	37
2.1.1 Техническое задание на проектирование.....	37
зажимного приспособления .....	37
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления.....	38
2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность .....	40
2.2 Проектирование контрольного приспособления .....	41
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления .....	42
2.2.2 Описание конструкции приспособления .....	42
для контроля параллельности.....	42
2.2.3 Расчет приспособления на точность .....	42
3 Экономическая часть .....	44
3.1 Ведомость технологического оборудования.....	44
3.2 Определение занимаемой площади .....	45
3.3 Организация транспортной системы .....	45
3.4 Организация технического контроля .....	45
3.5 Организация системы инструментообеспечения .....	46
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания .....	46
3.7 Расчет себестоимости детали.....	47
3.8 Технико-экономические показатели .....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
CONCLUSION.....	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	52
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	55

## ВВЕДЕНИЕ

Учение о технологии машиностроения в своем развитии прошло путь от простого накопления опыта по механической обработке и сборке машин до создания научно обоснованных положений, разработанных на базе теоретических исследований научно проведенных экспериментов и обобщения передового опыта машиностроительных заводов.

Эффективность производства, его технический прогресс во многом зависит от опережающего развития производства нового оборудования, машин и аппаратов, от 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.

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 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 доля станков с ЧПУ будет непрерывно увеличиваться при одновременном повышении их технического уровня.

В данной выпускной работе приведены результаты проектирования технологического процесса механической обработки корпуса редуктора Ф54 с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

# 1 Технологическая часть

## 1.1 Анализ служебного назначения

Основным назначением корпуса является ориентация деталей и узлов редуктора в пространстве и монтаж изделия в сборе в механизм. Корпус также предохраняет механизм от загрязнения и повреждений.

Корпус изготавливают из чугуна марки СЧ18 ГОСТ 1412-95. Это серый чугун, содержащий в своей структуре графит пластинчатой формы. Его применяют при литье средней прочности с перлитной основной массой для изготовления ответственных отливок с толщиной стенок до 30 мм. Он обладает хорошими механическими и литейными свойствами.

Таблица 1.1 – Химический состав серого чугуна СЧ18, %

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

### Механические свойства СЧ18

- 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 СЧ18

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°C, Дж	Коэффициент литейного расширения $\alpha$ , 1/С	Теплопрово дность при 20°C $\lambda$ , Вт/м
$7,1 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^6$	59

Считаю, что применение серого чугуна СЧ18 для изготовления корпуса вполне обосновано.



## 1.2 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно сложной с наличием внутренней полости и ребер жесткости. Для получения сквозных посадочных отверстий выполняется отливка с применением стержней.

С точки зрения обработки деталь имеет следующие недостатки

- проточки в посадочном отверстии требуют применения инструмента специального профиля и схемы резания – врезание, что ухудшает отвод стружки;

- при обработке резьбовых отверстий на боковых стенках, базирование детали вертикально, также создает некоторые трудности.

В остальном, деталь технологична. Все плоскости позволяют обработать их на проход, все посадочные, базовые и резьбовые отверстия сквозные.

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

1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{24}{28} = 0,86 > 0,75 \quad (1.1)$$

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

Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{37}{61} = 0,61 > 0,5 \quad (1.2)$$

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

$K_{об}$  - общее количество поверхностей.

Деталь технологична.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_u = \frac{K_{си}}{K_{об}} = \frac{13}{14} = 0,93 > 0,5 \quad (1.3)$$

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

$K_{об}$  - общее количество инструмента.

Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{оп}}{N_{об}} = \frac{35}{51} = 0,67 > 0,5 \quad (1.4)$$

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

$N_{об}$  - общее количество поверхностей.

Деталь технологична.

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

### 1.3 Анализ технических требований

Деталь является отливкой из чугуна марки СЧ18 ГОСТ 1412-95.

Главным условием качественной работы редуктора является точность ориентации валов в пространстве для точной передачи моментов и исключения заклинивания. Для этого к корпусу предъявляются основные технические требования – параллельность и перекос осей посадочных отверстий, для точной установки валов.

Выполнение этого требования достигнем обработкой обоих посадочных отверстий с одной установки.

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

для достижения шероховатости плоскостей Ra12,5 и Ra6,3, достаточно однократной обработки;

для достижения шероховатости посадочных отверстий Ra3,2 и точности размера по 7му качеству, потребуется трехкратная обработка (черновая, чистовая, тонкая);

для получения крепежных отверстий по 14-му качеству достаточно сверления.

### 1.4 Обзор методов обработки детали

Корпус представляет собой корпусную деталь коробчатого типа.

Плоскости детали обрабатываем на фрезерном станке торцевыми фрезами. Главным движением при торцевом фрезеровании является вращательное движение инструмента вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение стола с заготовкой.

Посадочные отверстия обрабатываем на координатно-расточном станке расточными оправками – деталь неподвижна, а инструменту сообщается главное вращательное движение и вертикальное 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 системы охлаждающей жидкости (СОЖ) к режущим кромкам инструмента.

## **1.5 Обоснование выбора баз и составление 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 первых операциях подготовим основную технологическую базу: обработаем установочную плоскость и просверлим на ней отверстия. Далее, применив схему базирования по плоскости и двум установочным пальцам, произведем обработку остальных поверхностей детали.

При выборе оборудования основными факторами являются:

- вид обработки,
- габариты обрабатываемой детали и ее конфигурация,
- требуемая точность и мощность обработки и т.д.

Наша деталь сравнительно небольшая, поэтому для фрезерных операций вполне подойдет вертикально-фрезерный станок 6Л12.

Для расточных операций примем координатно-расточной станок 2Д450. Так как посадочные отверстия имеют оси перпендикулярные к базе, на горизонтально-расточном станке деталь пришлось бы базировать в вертикальной плоскости.

Для сверления крепежных отверстий, расположенных по контуру, примем радиально-сверлильный станок 2К52 с поворотным шпинделем.

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

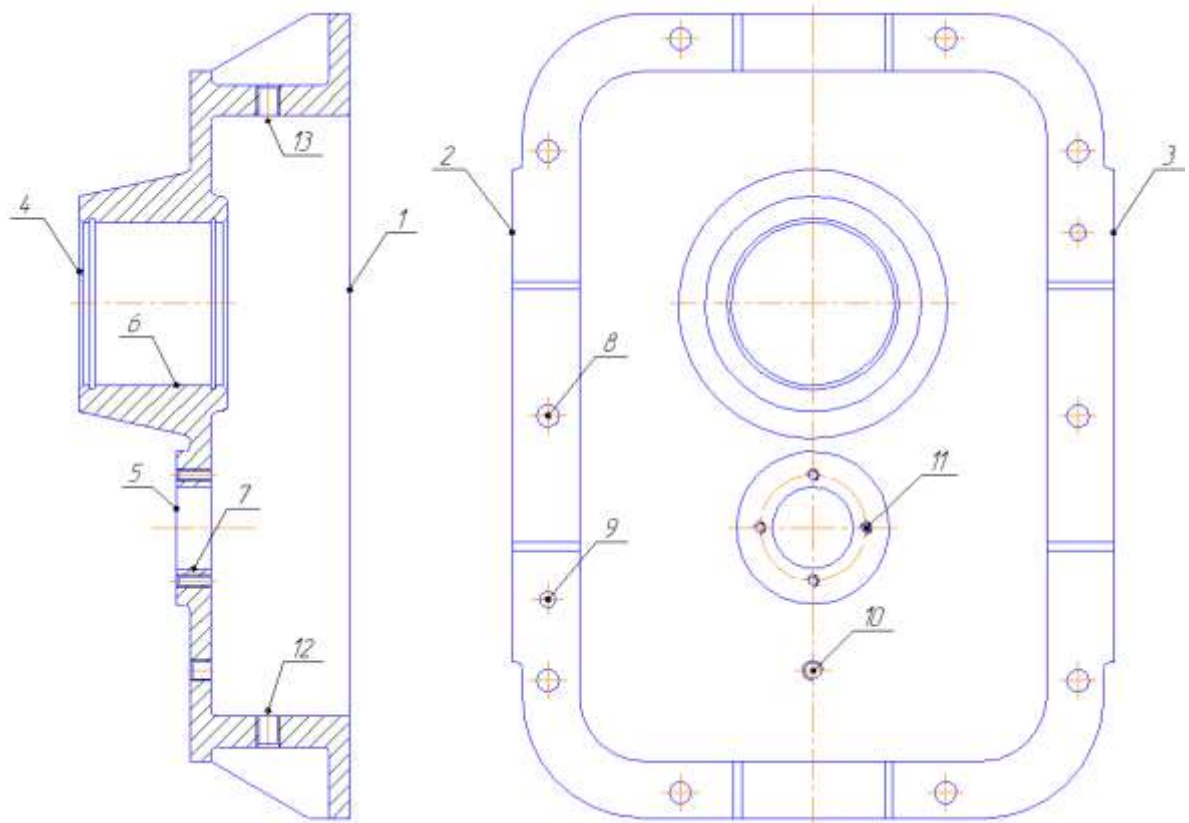


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

#### 10 Фрезерная

А Установить заготовку.

1 Фрезеровать плоскость 1 по контуру окончательно.

2 Фрезеровать плоскость 2 окончательно.

3 Фрезеровать плоскость 3 окончательно.

База – торец 4, отверстия 6, 7.

Станок вертикально-фрезерный 6Л12, режущий инструмент – фреза торцевая насадная по ГОСТ 9304-99  $\varnothing 80$  P6M5, фреза концевая по ГОСТ 17026-91  $\varnothing 20$  1 = 38 мм P6M5, приспособление – специальное.

#### 20 Сверлильная

А Установить заготовку.

1 Сверлить 2 отверстия 9  $\varnothing 8^{+0,36}$  окончательно.

2 Сверлить 8 отверстий 8  $\varnothing 11^{+0,43}$  окончательно и 2 отверстия 8  $\varnothing 10,8^{+0,43}$  предварительно.

3 Развернуть 2 отверстия 8 до  $\varnothing 11^{+0,043}$  технологически окончательно.

База – торец 4, отверстия 6, 7.

Станок радиально-сверлильный 2К52, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97 Р6М5, развертка по ГОСТ 1672-90 Р6М5, приспособление – специальное, кондукторная плита.

### 30 Расточная

А Установить заготовку.

- 1 Точить торец 4 окончательно.
- 2 Расточить отверстие 6 предварительно.
- 3 Расточить отверстие 6 предварительно.
- 4 Расточить отверстие 6 окончательно.
- 5 Точить в отверстии 6 две фаски.
- 6 Расточить в отверстии 6 две канавки.
- 7 Точить торец 5 окончательно.
- 8 Расточить отверстие 7 предварительно.
- 9 Расточить отверстие 7 предварительно.
- 10 Расточить отверстие 7 окончательно.

База – плоскость 1, два отверстия 8.

Станок координатно-расточной 2Д450, режущий инструмент – резец подрезной по ГОСТ 18880-93 ВК6, резец расточной по ГОСТ 18063-92 ВК6, резец специальный канавочный ВК6, приспособление – специальное.

### 40 Сверлильная

А Установить заготовку.

- 1 Сверлить отверстие 10  $\varnothing 8,5^{+0,058}$  под резьбу.
  - 2 Нарезать в отверстии 10 резьбу М10х1,5-7Н.
  - 3 Сверлить 4 отверстия 11  $\varnothing 5^{+0,048}$  под резьбу.
  - 4 Нарезать в 4х отверстиях 11 резьбу М6-7Н.
- Б Повернуть шпиндель на  $90^\circ$
- 5 Сверлить отверстие 12  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу.
  - 6 Нарезать в отверстии 12 резьбу М12х1,5-7Н.
- В Повернуть шпиндель на  $180^\circ$
- 7 Сверлить отверстие 13  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу.
  - 8 Нарезать в отверстии 13 резьбу М12х1,5-7Н.

База – плоскость 1, два отверстия 8.

Станок радиально-сверлильный 2К52, режущий инструмент – сверло спиральное по ГОСТ 10902-97 Р6М5, метчик по ГОСТ 3266-91 Р6М5, приспособление – специальное.

## 1.6 Составление маршрута механической обработки корпуса на станке 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.

Составим маршрут обработки корпуса с применением станка с ЧПУ.

### 10 Вертикально-фрезерная с ЧПУ

А Установить заготовку.

1 Фрезеровать плоскость 1 по контуру окончательно.

2 Фрезеровать плоскость 2 окончательно.

3 Фрезеровать плоскость 3 окончательно.

4 Сверлить 2 отверстия  $9 \text{ } \varnothing 8^{+0,36}$  окончательно.

5 Сверлить 8 отверстий  $8 \text{ } \varnothing 11^{+0,43}$  окончательно.

6 Сверлить 2 отверстия  $8 \text{ } \varnothing 10,8^{+0,43}$  предварительно.

7 Развернуть 2 отверстия 8 до  $\varnothing 11^{+0,043}$  технологически окончательно.

База – торец 4, отверстия 6, 7.

Б Переустановить заготовку.

В Смена паллеты

8 Фрезеровать торец 4 окончательно.

9 Расточить отверстие 6 предварительно.

10 Расточить отверстие 6 предварительно.

11 Расточить отверстие 6 окончательно.

- 12 Точить в отверстии 6 две фаски.
  - 13 Фрезеровать в отверстии 6 две канавки.
  - 14 Фрезеровать торец 5 окончательно.
  - 15 Фрезеровать отверстие 7 предварительно.
  - 16 Фрезеровать отверстие 7 предварительно.
  - 17 Фрезеровать отверстие 7 окончательно.
  - 18 Сверлить отверстие 10  $\varnothing 8,5^{+0,058}$  под резьбу.
  - 19 Нарезать в отверстии 10 резьбу М10х1,5-7Н.
  - 20 Сверлить 4 отверстия 11  $\varnothing 5^{+0,048}$  под резьбу.
  - 21 Нарезать в 4х отверстиях 11 резьбу М6-7Н.
  - 22 Сверлить отверстие 12  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу.
  - 23 Нарезать в отверстии 12 резьбу М12х1,5-7Н.
  - 24 Сверлить отверстие 13  $\varnothing 10,5^{+0,07}$  под резьбу.
  - 25 Нарезать в отверстии 13 резьбу М12х1,5-7Н.
- База – плоскость 1, два отверстия 8.

Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ JHV-550APC; приспособление специальное; инструмент – фреза торцевая насадная по ГОСТ 9304-99  $\varnothing 80$ ,  $\varnothing 40$  Р6М5, фреза концевая по ГОСТ 17026-91  $\varnothing 20$  l = 38 мм,  $\varnothing 10$  l = 22 мм Р6М5, сверло спиральное по ГОСТ 10902-97 Р6М5, развертка по ГОСТ 1672-90 Р6М5, метчик по ГОСТ 3266-91 Р6М5, резец расточной по ГОСТ 18063-92 ВК6, фреза прорезная по ГОСТ 2679-93  $\varnothing 20$  b = 2,2 мм Р6М5.

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

Отливки из СЧ18 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]

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

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 тонны заготовок,

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_n$  – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок,

$Q$  – масса заготовки,

$q$  – масса готовой детали,

$S_{отх}$  – цена одной тонны отходов.

Наша заготовка 2го класса точности, IV группы сложности, массой 28 кг, из серого чугуна, 2ой группы серийности.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Вид литья	$C_i$	$k_T$	$k_C$	$k_B$	$k_M$	$k_n$	$Q$	$q$	$S_{отх}$
Кокиль	64500	1,1	1,4	0,8	1	1,2	26,5	24	5200
Земл.формы	64500	1,05	1,2	0,8	1	1,2	28	24	5200

$$S_{заг1} = 2513,96 \text{ руб,}$$

$$S_{заг2} = 2163,74 \text{ руб}$$

Как видим из расчетов, для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы по второму классу точности. 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

$$\mathcal{E}_Г = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N = (2513,96 - 2163,74) \cdot 500 = 175\,110 \text{ руб} \quad (1.6)$$



## 1.8 Расчет и назначение припусков

Для достижения максимальной производительности оборудования и уменьшения брака необходимо максимально точно рассчитывать припуски на механическую обработку.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен нормативным методом по соответствующим справочным таблицам и ГОСТам или определён на основе расчётно–аналитического метода.

Расчётно–аналитический метод базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности.

Для наиболее важных поверхностей детали припуски рассчитаем по формулам.

Для расчетов выберем поверхности – посадочное отверстие  $\varnothing 80$  и установочная плоскость.

1 Обработка посадочного отверстия  $\varnothing 80^{-0,021}_{-0,051}$ .

Данное отверстие растачивается до шероховатости  $Ra = 3,2$  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]

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

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 и тонкого растачивания находим только значения  $Rz$  (соответственно 50 и 30).

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности [6]

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

Коробление следует учитывать в диаметральном и в осевом сечении [6]

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

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

Диаметр отверстия  $d = 80$  мм, длина  $l = 75$  мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 80)^2 + (1 \cdot 75)^2} = 110 \text{ мкм}$$

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

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

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для соответствующих размеров составляют по 2000 мкм.

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

$$\rho_d = \sqrt{110^2 + 1414^2} = 1420 \text{ мкм}$$

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

Погрешность установки [6]

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

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления.

При обработке рассматриваемого отверстия заготовка устанавливается на перпендикулярную плоскость, 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

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

где  $\delta_A$  – допуск на отверстие, 43 мкм;

$\delta_B$  – допуск на диаметр пальца, 11 мкм;

$S_{\min}$  – минимальный зазор, 10 мкм.

$S_{\max} = 64$  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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,064}{392} = 0,00016 \quad (1.13)$$

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 145 мм:

$$\varepsilon_6 = 145 \cdot 0,00016 = 24 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления при винтовом зажиме и чистой базе

$$\varepsilon_3 = 160 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_1 = 162 \text{ мкм.}$$

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

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

Значения допусков каждого перехода принимаем по таблицам в соответствии с качеством вида обработки.

Наибольшее значение размера получаем округлением расчетного размера до точности допуска соответствующего перехода, а наименьший – вычитанием из наибольших допусков соответствующих переходов.

Минимальные предельные значения припусков равны разности наибольших предельных размеров выполняемого и предыдущего переходов, а максимальные – соответственно разности наименьших предельных размеров.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.4.

Таблица 1.4. – Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку посадочного отверстия  $\varnothing 80^{+0,021}_{-0,051}$

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		1420			75,275	1600	73,675	75,275		
Растачивание											
Черновое	50	-	85	162	2·2130	79,535	300	79,235	79,535	4260	5560
Чистовое	30	-	57	0	2·135	79,805	74	79,731	79,805	270	496
Тонкое	-	-	-	0	2·87	79,979	30	79,949	79,979	174	218
Итого										4704	6274

2 Обработка установочной плоскости корпуса.

Конструкторский размер  $132,5 \pm 0,5$ .

Обработка ведется в один переход – черновой до шероховатости Ra12,5.

Припуск на обработку плоскости можно рассчитать по формуле [6]

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

Суммарное значение Rz и T также составляет 700 мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при базировании по параллельной [6]

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

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

Длина плоскости  $l = 395$  мм.

$\rho_{\text{кор}} = 395$  мкм.

Погрешность установки на пластинки приспособления по черной базе и механическом зажиме  $\varepsilon_y = 420$  мкм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.5.

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

Технологические переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $l_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$				$l_{min}$	$l_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
Заготовка	700		395			133,277	2200	133,28	135,48		
Фрезерование											
Черновое	40	-	-	420	1277	132	1000	132	133	1277	2477
Итого										1277	2477

На остальные поверхности припуски назначим [6] (таблица 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 - плоскости	132,5±0,5	1.черновое фрезерование 2.черновое точение	1, 28	2 2	136,5±1,1 134,5±0,8
1,5 - плоскости	85±0,3	1.черновое фрезерование 2.черновое точение	1, 28	2 2	89±1 87±0,7
2,3 - плоскости	295±0,5	1.черновое фрезерование 2.черновое фрезерование		2 2	299±1,4 297±1
6 - отверстие	$\varnothing 80^{+0,021}_{-0,051}$	1.черновое растачивание 2.чистовое растачивание 3.тонкое растачивание	2·2,13 2·0,135 2·0,087	2·2,25 2·0,15 2·0,1	$\varnothing 75_{-1,6}$ $\varnothing 79,5_{-0,3}$ $\varnothing 79,8^{+0,032}_{-0,106}$
7 - отверстие	$\varnothing 40^{+0,025}$	1.черновое растачивание 2.чистовое растачивание 3.тонкое растачивание		2·2,25 2·0,15 2·0,1	$\varnothing 35_{-1,2}$ $\varnothing 39,5^{+0,25}$ $\varnothing 39,8^{+0,062}$
8 - отверстие	$\varnothing 11^{+0,043}$	1.сверление 2.развертывание		2·5,4 2·0,1	--- $\varnothing 10,8^{+0,43}$

## 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 Посадочное отверстие  $\varnothing 80^{+0,021}_{-0,051}$  мм.

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

1.1 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 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]

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IIV} \quad (1.17)$$

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

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

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

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

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

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

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

Частота вращения [14]

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

Примем согласно паспорта станка 2М614 – 315 об/мин.

Уточним скорость резания [14]

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

Сила резания [14]

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

где постоянную  $C_p$  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]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

(1.21)

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

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

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

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

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

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

Сила резания

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

Мощность резания [14]

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1415 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1,85 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

Мощность принятого станка 2Д450 – 2 кВт,  
станка с ЧПУ – 5,5 кВт.

### 1.2 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 (1.16)

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,25^{0,4}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 118 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

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

Примем – 400 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

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

Сила резания (1.20)

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

Мощность резания (1.22)

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

### 1.3 Тонкое растачивание

Глубина резания по таблице 1.45  $t = 0,1$  мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 при  $Ra = 2,5$  мкм,  $S = 0,1$  мм/об.

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

Частота вращения (1.18)

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

Принимаем – 500 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

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

Сила резания (1.20)

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

Мощность резания (1.22)

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



## 2 Фрезерование установочной плоскости.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Режущий инструмент – торцевая фреза  $\varnothing 80$  с числом зубьев  $z = 16$ .

### 2.1 Черновое фрезерование.

Глубина резания по таблице  $1.5 t = 2$  мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 33 [14] для торцевых фрез из быстрорежущей стали  $S_z = 0,15$  мм/зуб.

Скорость резания – окружная скорость фрезы [14]

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

Значение коэффициента  $C_V$  и показателей степени возьмем из таблицы 39 [14],  $C_V = 42$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0,1$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,15$ .

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,  $K_V = 0,8$  (1.17)

Период стойкости  $T = 180$  мин; ширина фрезерования  $B = 50$  мм.

$$V = \frac{42 \cdot 80^{0,2}}{180^{0,15} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 50^{0,1} \cdot 16^{0,1}} \cdot 0,8 = 41 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.19)

$$n = \frac{1000 \cdot 41}{3,14 \cdot 80} = 163 \text{ об/мин}$$

Принимаем по паспорту станка 6Л12 – 160 об/мин.

Уточним скорость резания (1.20)

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 160}{1000} = 40 \text{ м/мин}$$

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]

$C_p = 50$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,14$ ;  $q = 1,14$ ;  $w = 0$ ;  $K_{MP} = 1$  (1.21)

$$P_z = \frac{10 \cdot 50 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 50^{1,14} \cdot 16}{80^{1,14} \cdot 160^0} \cdot 1 = 2230 \text{ Н}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2230 \cdot 80}{2 \cdot 100} = 0,9 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (1.25)$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{2230 \cdot 40}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт} \quad (1.24)$$

Мощность принятого станка 6Л12 – 7,5 кВт, станка с ЧПУ – 5,5 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 торцевое Ø80	2	2,4	40	160	2230	1,5
Фрезерование торцевое Ø40	2	1,5	31,5	250	2140	1,1
Фрезерование концевое Ø20	2	0,3	63	1000	1460	1,5
Фрезерование концевое Ø10 черновое	2,25	0,24	40	1250	1380	0,9
Фрезерование концевое Ø10 чистовое	0,15	0,12	63	2000	350	0,4
Фрезерование концевое Ø10 тонкое	0,1	0,06	80	2500	45	0,06
Фрезерование прорезное Ø20	1,75	0,5	50	800	1720	1,4
Точение черновое	2	0,3	100	315	1175	1,9
Растачивание черновое Ø80	2,25	0,5	80	315	1415	1,85
Растачивание чистовое Ø80	0,15	0,25	100	400	80	0,13
Растачивание тонкое Ø80	0,1	0,1	125	500	19	0,05
Растачивание черновое Ø40	2,25	0,5	63	500	1342	1,4
Растачивание чистовое Ø40	0,15	0,25	80	630	74	0,1
Растачивание тонкое Ø40	0,1	0,1	100	800	17	0,03
Сверление отв. Ø5	2,5	0,2	10	500	2600	0,4
Сверление отв. Ø8,5	4,25	0,25	12,5	500	2830	0,7
Сверление отв. Ø10,5	5,25	0,32	12,5	400	2960	0,9
Развертывание Ø11	0,1	0,8	20	630	356	0,12
Нарезание резьбы М6	0,5	1	3,15	200	420	0,02
Нарезание резьбы М10	0,75	1,5	5	160	460	0,04
Нарезание резьбы М12	0,75	1,5	5	125	480	0,04

## 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;

$t_{тех}$ ,  $t_{орг}$  – 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 третью операцию – Расточную – обработки основных посадочных отверстий.

Данная операция содержит 10 технологических переходов.

1 Точение торца черновое

Обработка ведется на проход подрезным резцом.

Основное время при точении рассчитывается по формуле

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

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

$S$  – подача;

$n$  – частота вращения шпинделя.

Фактическая длина обработки равна ширине торца

$$L = (\varnothing 106 - \varnothing 75) / 2 = 15,5 \text{ мм.}$$

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда  $L = 25,5 \text{ мм.}$

$S = 0,3 \text{ мм/об; } n = 315 \text{ об/мин}$  (из расчетов режимов резания).

Основное время перехода

$$t_{o1} = \frac{25,5}{0,3 \cdot 315} = 0,27 \text{ мин}$$

2 Растачивание черновое  $\varnothing 80$ .

Обработка ведется на проход расточным резцом.

Фактическая длина обработки  $L_o = 72,5 \text{ мм.}$

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда  $L = 82,5 \text{ мм.}$

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

$$t_{o2} = \frac{82,5}{0,5 \cdot 315} = 0,53 \text{ мин}$$

3 Растачивание чистовое  $\varnothing 80$ .

Длина обработки та же,  $82,5 \text{ мм.}$

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

$$t_{o3} = \frac{82,5}{0,25 \cdot 400} = 0,83 \text{ мин}$$

4 Растачивание тонкое  $\varnothing 80$ .

Длина обработки та же,  $82,5 \text{ мм.}$

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

$$t_{o4} = \frac{82,5}{0,1 \cdot 500} = 1,65 \text{ мин}$$

5 Точение фасок.

Обработка ведется в упор расточным резцом.

Фактическая длина обработки  $L_o = 2 \text{ мм.}$

Длина врезания 5 мм, перебега нет. Отсюда  $L = 7 \text{ мм.}$

Фаски две.

$S = 0,3 \text{ мм/об; } n = 315 \text{ об/мин}$  (из расчетов режимов резания).

$$t_{o5} = \frac{7}{0,3 \cdot 315} \cdot 2 = 0,15 \text{ мин}$$

6 Растачивание проточек.

Обработка ведется врезанием канавочным резцом.

Фактическая длина обработки равна  $L_o = (\varnothing 83,5 - \varnothing 80)/2 = 1,75$  мм.

Длина врезания 5 мм, перебега нет. Отсюда  $L = 6,75$  мм.

Проточки две.

$S = 0,3$  мм/об;  $n = 315$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_{o6} = \frac{6,75}{0,3 \cdot 315} \cdot 2 = 0,15 \text{ мин}$$

7 Точение торца черновое.

Обработка ведется на проход подрезным резцом.

Фактическая длина обработки  $L_o = (\varnothing 75 - \varnothing 35)/2 = 20$  мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда  $L = 30$  мм.

$S = 0,3$  мм/об;  $n = 315$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_{o7} = \frac{30}{0,3 \cdot 315} = 0,32 \text{ мин}$$

8 Растачивание черновое  $\varnothing 40$ .

Обработка ведется на проход расточным резцом.

Фактическая длина обработки  $L_o = 17$  мм.

Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда  $L = 27$  мм.

$S = 0,5$  мм/об;  $n = 500$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_{o8} = \frac{27}{0,5 \cdot 500} = 0,11 \text{ мин}$$

9 Растачивание чистовое  $\varnothing 40$ .

Длина обработки та же, 27 мм.

$S = 0,25$  мм/об;  $n = 630$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_{o9} = \frac{27}{0,25 \cdot 630} = 0,17 \text{ мин}$$

10 Растачивание тонкое  $\varnothing 40$ .

Длина обработки та же, 27 мм.

$S = 0,1$  мм/об;  $n = 800$  об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_{o10} = \frac{27}{0,1 \cdot 800} = 0,34 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,27 + 0,53 + 0,83 + 1,65 + 0,15 + 0,15 + 0,32 + 0,11 + 0,17 + 0,34 = 4,52 \text{ мин.}$$

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

По справочнику [10,13]:

- 1 время на установку и снятие детали со станка – 0,64 мин;
- 2 время на смену инструмента – 0,76 мин;
- 3 время на подвод-отвод инструмента – 1,08 мин;
- 4 время на управление станком – 0,93 мин.

Вспомогательное время на операции

$$t_b = 0,64 + 0,76 + 1,08 + 0,93 = 3,41 \text{ мин.}$$

Оперативное время  $T_{оп} = 4,52 + 3,41 = 7,93 \text{ мин.}$

Укрупненно для расточных станков [10, 13]

$$\begin{aligned} t_{тех} &= 2,5\% T_{оп} = 0,025 \cdot 7,93 = 0,2 \text{ мин;} \\ t_{орг} &= 1,8\% T_{оп} = 0,018 \cdot 7,93 = 0,15 \text{ мин;} \\ t_{отд} &= 4\% T_{оп} = 0,04 \cdot 7,93 = 0,32 \text{ мин.} \end{aligned} \quad (1.29)$$

Штучное время  $T_{шт} = 7,93 + 0,2 + 0,15 + 0,32 = 8,6 \text{ мин}$

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

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

где подготовительно-заключительное время при работе на расточных станках  $T_{п.з.} = 24 \text{ мин}$ ;  $n$  – количество деталей в настроенной партии – 100 шт.

$$T_{шт-к} = \frac{24}{100} + 8,6 = 0,24 + 8,6 = 8,84 \text{ мин}$$

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

Таблица 1.8 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	$t_0$	$t_b$	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{п.з.н}$	$T_{шт-к}$
10 Фрезерная									
1 фрезерование торцевое	3,14	2,17	7,15	0,14	0,07	0,28	7,64	0,21	7,85
2 фрезерование концевое	0,92								
3 фрезерование концевое	0,92								
20 Сверлильная									
1 сверление 2 отв. Ø8	0,32	4,48	6,44	0,19	0,1	0,36	7,09	0,22	7,31
2 сверление 10 отв. Ø11	1,56								
3 развертывание Ø11	0,08								
30 Расточная									
1 точение торца	0,27	3,41	7,93	0,2	0,15	0,32	8,6	0,24	8,84
2 растачив. черновое	0,53								
3 растачивание чистовое	0,83								
4 растачивание тонкое	1,65								
5 точение фасок	0,15								
6 растачив. проточек	0,15								
7 точение торца	0,32								
8 растачив черновое	0,11								
9 растачивание чистовое	0,17								
10 растачивание тонкое	0,34								
40 Сверлильная									
1 сверление отв. Ø8,5	0,16	4,82	7,36	0,21	0,12	0,43	8,12	0,22	8,34
2 нарезание М10х1,5-7Н	0,08								
3 сверление 4 отв. Ø5	1,08								
4 нарезание М6-7Н	0,56								
5 сверление отв. Ø10,5	0,2								
6 нарезание М12х1,5-7Н	0,13								
7 сверление отв. Ø10,5	0,2								
8 нарезание М12х1,5-7Н	0,13								

Таблица 1.9 – Нормы времени на оборудовании 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>п.з.п</sub>	T <sub>шт-к</sub>
10 Фрезерная									
1 фрезерование торцевое	3,14								
2 фрезерование концевое	0,92								
3 фрезерование концевое	0,92	0,57							
4 сверление 2 отв. Ø8	0,32								
5 сверление 10 отв. Ø11	1,56								
6 развертывание Ø11	0,08								
Смена паллеты		0,12							
7 фрезерование торца	0,42								
8 растачивание черновое	0,53								
9 растачивание чистовое	0,83								
10 растачивание тонкое	1,65								
11 точение фасок	0,15		16,03	0,43	0,24	0,89	17,59	0,87	18,46
12 фрезеров. проточек	0,24								
13 фрезерование торца	0,29								
14 фрезеров. черновое	0,18								
15 фрезеров. чистовое	0,21	1,02							
16 фрезеров. тонкое	0,34								
17 сверление отв. Ø8,5	0,16								
18 нарезание M10x1,5-7H	0,08								
19 сверление 4 отв. Ø5	1,08								
20 нарезание M6-7H	0,56								
21 сверление отв. Ø10,5	0,2								
22 нарезание M12x1,5-7H	0,13								
23 сверление отв. Ø10,5	0,2								
24 нарезание M12x1,5-7H	0,13								



## 1.11 Выбор универсального оборудования

Проанализировав нормирование, примем следующее оборудование для операции 10 – один станок 6Л12 с  $T_{шт-к} = 7,85$  мин;  
для операции 20 – один станок 2К52 с  $T_{шт-к} = 7,31$  мин;  
для операции 30 – один станок 2Д450 с  $T_{шт-к} = 8,84$  мин;  
для операции 40 – один станок 2К52 с  $T_{шт-к} = 8,34$  мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{8,84 \cdot 500}{1984 \cdot 60} = 0,0372 \text{года} \quad (1.31)$$

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

$N$  – годовая программа выпуска деталей, 500 шт,

$F_d$  – действительный годовой фонд работы станка при односменном режиме работы (в 2020 году 248 рабочих дней).

## 1.12 Выбор оборудования с ЧПУ

При обработке на станках с ЧПУ примем 1 станок

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{18,46 \cdot 500}{1984 \cdot 60} = 0,0776 \text{года}$$

Оборудование с применением числового программного управления выбираем, первым делом, по параметрам рабочей зоны. Наша заготовка сравнительно небольшого размера 300x400x135.

Также необходимо учесть требуемые для обработки мощности. В нашем случае, при точении максимальная мощность 2 кВт, при фрезеровании и сверлении – не более 1,5 кВт.

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

Проведя мониторинг предлагаемого оборудования, сочли наиболее эффективным использовать Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ JHV-550APC Sunmill.

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

Так как оборудование, оснащенное ЧПУ, сложнее универсального, приведем его некоторые характеристики (таблица 1.10) [15].

Таблица 1.10 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ JHV-550APC Sunmill
Размер стола, мм	600x400
Поворот стола, град	0,001
Шпиндель	конус BT-40
Вертикальное перемещение шпинделя, мм	550
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8000
Мощность шпинделя, кВт	5,5
Кол-во инструментов	24
Максимальный $\varnothing$ инструмента, мм	150
Время смены инструмента, сек	3
Время смены паллеты, сек	7
Система ЧПУ	Fanuc 0iMD
Количество управляемых осей	3



Рисунок 1.2 – Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ  
JHV-550APC

Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ JHV-550APC (рисунок 1.2) предназначен для комплексной механической обработки штампов, плит, прессформ. На нем можно выполнять фрезерование, сверление, растачивание.

Наличие двух сменных паллет (рисунок 1.3) значительно сокращает вспомогательное время.



Рисунок 1.3 – Двухпаллетная система станка

#### Особенности вертикального обрабатывающего центра с ЧПУ

- жесткая конструкция станка, выполненная из специального высококачественного чугуна, что позволяет станку обеспечивать высокую стабильность в работе, качество, а также увеличивает срок службы станка. Станок работает с автоматической сменой паллет. Данная конструкция позволяет оператору станка менять заготовку в тот момент, когда вторая обрабатывается, что повышает эффективность работы.

- снятие внутренних напряжений

- система ЧПУ Fanuc 0i, цветной графический дисплей, все операции на станке осуществляются легко и просто, существует система блокировки в случае сбоя в операции

- высокоскоростной высокоточный шпиндель в котором используются специальные высокоточные подшипники, позволяющие выдерживать параметры 8000 об/мин

- устройство регулировки температуры используется для динамического контроля температуры шпинделя во избежание деформации шпинделя при увеличении температуры, при этом гарантируется точность обработки и длительный срок эксплуатации шпинделя. Рабочий стол оснащен пазами отвода СОЖ

- направляющие трех осей соединены шариковинтовой парой через муфту с сервомотором. Это позволяет добиться высочайшей точности в работе. Подшипники высочайшего класса С3 позволяют добиться термической устойчивости при работе

- вращающийся барабан и поворотный рычаг позволяют производить быструю автоматическую смену инструмента на 24 позиции. Требуемый инструмент может быть установлен путем вращения магазина в разных направлениях (по кратчайшему расстоянию).

Нам необходимо обработать отверстия, расположенные на боковых стенках корпуса. Чтобы к ним подобраться необходимо применение специальных угловых головок 90° АНВ-ВТ40 (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Угловая головка 90° АНВ-ВТ40

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Проектирование зажимного 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 зажимного приспособления

На первой операции производим обработку установочной плоскости корпуса, которая в дальнейшем будет служить основной технологической базой. Для обеспечения надежной сборки редуктора, конструктором установлена достигаемая шероховатость поверхности Ra12,5. Технических требований по форме и расположению данной поверхности не предъявлено.

Спроектируем зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции 10 Фрезерная на вертикально-фрезерном станке 6Л12. Обработка ведется торцевой и концевой фрезами. Подача стола как продольная, так и поперечная.

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

Примем способ базирования по плоскости и двум отверстиям.

Установку производим по торцу посадочного отверстия, параллельному обрабатываемой плоскости, и по двум оправкам.

### 2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается торцом посадочного отверстия на три установочных штифта 6 приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей базы служит цельная оправка 2 по основному посадочному отверстию  $\varnothing 80$ . Упорной базой будет срезанная оправка 5 по второму посадочному отверстию  $\varnothing 40$ .

Силовое замыкание производится съемной разрезанной шайбой 3 при помощи гайки 9. Для удобства установки и снятия шайбы на ней предусмотрена ручка 4. Для облегчения конструкции и экономии материала оправка 5 выполнена полой.

Все элементы приспособления расположены на основании 1, которое при помощи сухарей 7 базируется непосредственно на стол станка.

При фрезеровании сила резания пытается продвинуть заготовку по приспособлению, поэтому необходимо создать такую силу закрепления, которая предотвратит сдвиг заготовки. Наличием оправок пренебрежем.

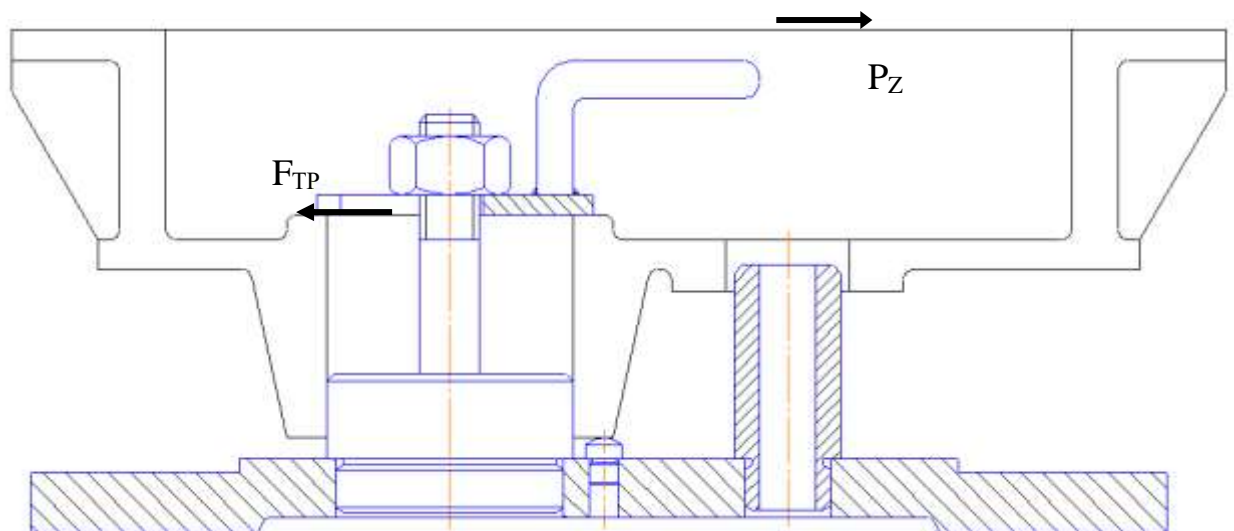


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия сил относительно оси X – сдвигу заготовки под действием силы резания  $P_Z$  препятствует сила трения  $F_{тр}$  от шайбы.

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

где  $P_Z$  – сила резания, из расчета режимов резания 2230 Н (при черновом торцевом фрезеровании, так как это более нагруженная схема);

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

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

где  $Q$  – сила действия шайбы на заготовку;

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

$2230 = Q \cdot 0,16$ , отсюда  $Q = 14$  кН.

Определим силу привода, как функции от силы закрепления  $P_{пр} = f(Q)$ .

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем гайку, которая должна развивать соответствующую силу.

Номинальный диаметр резьбы [1]

$$d = C \sqrt{P_{\sigma} / \sigma} = 1,4 \sqrt{14000 / 100} = 16,6 \text{ мм} \quad (2.3)$$

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

$P_{\sigma}$  – сила гайки, необходимая для закрепления заготовки, Н;

$\sigma$  – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 100 МПа.

Примем резьбу М20.

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

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

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

$\alpha$  – угол подъема резьбы (для М20  $\alpha = 2^{\circ}15'$ );

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

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

$$M_{тр} = \frac{1}{3} f \cdot P_{\sigma} \frac{D_n^3 - d_v^3}{D_n^2 - d_v^2} \quad (2.5)$$

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

После всех преобразований и подстановок формула для момента примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_{\sigma} = 0,2 \cdot 20 \cdot 14000 = 56 \text{ Нм.}$$

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

$$M' = 0,25d \cdot P_6 = 0,25 \cdot 20 \cdot 14000 = 70 \text{ Нм.}$$

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

$$E_{пр} = [ T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{и}^2 + \varepsilon_{п}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2] ]^{0,5} \quad (2.6)$$

где  $T$  – выдерживаемый на операции допуск.

Так как особых требований к взаимному расположению торца и установочной плоскости конструктором не задано, примем в качестве выдерживаемого на операции параметра параллельность базовой и обрабатываемой поверхностей, как  $1/4$  от поля допуска на размер, то есть  $T = 1/4 = 0,25$  мм.

$K_T = 1,2$  – 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;

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

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

Погрешность базирования при установке на противоположную плоскость, есть неплоскостность базы. В нашем случае база еще черная и примем ее неплоскостность 200 мкм.



Для рассматриваемого случая  $\varepsilon_z = 0$ , т.к. силы закрепления действуют перпендикулярно обрабатываемой плоскости и на точность допуска параллельности влияния не оказывают.

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

Погрешность положения в данном случае имеет вид  $\varepsilon_n = B_2 \cdot N$ ,

где  $B_2 = 0,2$  – постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочные штифты;

$N$  – количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, а опорные штифты меняют один раз в год, то фактически количество контактов равно 500 раз.  
 $\varepsilon_n = 0,2 \cdot 500 = 100$  мкм.

Т.к. в приспособлении отсутствуют направляющие элементы,  $\varepsilon_n = 0$ ,

Экономическая точность  $W = 160$  мкм.

$E_{пр} = 250 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 200)^2 + 100^2 + (0,7 \cdot 160)^2]^{0,5} = 250 - 231 = 19$  мкм.

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

## 2.2 Проектирование контрольного приспособления

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

Контроль гладких и резьбовых 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

Важное значение для качественной работы редуктора имеет точность расположения деталей друг относительно друга и точность монтажа самого редуктора в механизм.

Для точной установки валов друг относительно друга, к корпусу предъявлено требование непараллельности осей посадочных отверстий не более 0,05 мм.

Это требование выдерживается обработкой указанных отверстий на одной операции 30 Расточная.

Для контроля указанного параметра спроектируем специальное приспособление.

### 2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля параллельности

Для контроля параллельности оси отверстий необходимо материализовать. Для этого в деталь по посадочным отверстиям устанавливаем две оправки 1 и 2 типа вал, упирающиеся на торцы приливами. Контроль производим индикаторной головкой часового типа 9, установленной на оправке 2 так, чтобы ее наконечник соприкасался со второй оправкой 1.

Слегка покачивая индикатор, находим наименьшее расстояние между оправками и выводим индикатор на ноль. Показания снимаем при перемещении оправки 2 с индикатором 9 в направляющей втулке 3 вдоль оси отверстия.

Чтобы индикатор переместился на определенное расстояние для облегчения расчетов погрешности, на оправке 2 предусмотрена ограничительная шайба 5.

Для удобства перемещения оправки 2 на ней предусмотрены две ручки 7.

Для облегчения оправок 1, 2 и экономии материала они выполнены полыми.

### 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 непараллельности составляет 50 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 15 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [4]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{инд}^2} \quad (2.7)$$

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

Погрешность установки есть перекося оправки 2 во втулке 3 из-за наличия между ними зазора.

Перекося определим из условия подобных треугольников – угол наклона оправки во втулке равен углу наклона индикатора

$$\frac{S}{100} = \frac{\Delta_{уст}}{8} \quad (2.8)$$

где  $S$  – зазор между оправкой и втулкой, 0,15 мм;

100 – длина контакта втулки и оправки;

8 – вылет ножки индикатора.

$$\Delta_{уст} = \frac{0,15 \cdot 8}{100} = 0,012 \text{ мм}$$

$\Delta_{изн}$  – 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);

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,012^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,013 = 13 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}$$

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

### 3 Экономическая часть

#### 3.1 Ведомость 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 $R_m$	Занимаемая площадь, $m^2$	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Вертикально-фрезерный 6Л12	1	7,5	20	1,95x2,3	2542000	2542000
Координатно-расточной 2Д450	1	2	24	3,3x2,7	4152000	4152000
Радиально-сверлильный 2К52	2	1,5	21	1,8x0,9	917000	1834000
Итого	4	12,5	86	41,6		8528000

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
Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ JHV-550APC	1	5,5	36	2,4x2,2	4618000	4618000
ИТОГО	1	5,5	36	13,2		4618000

### 3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием определим по формуле

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

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

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

Для обработки корпуса нам потребуется 4 универсальных станка с общей площадью  $16,64 \text{ м}^2$ .

$$S_{\text{ун}} = 16,64 \cdot 2,5 = 41,6 \text{ м}^2$$

При обработке на станках с ЧПУ потребуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 5,28 \cdot 2,5 = 13,2 \text{ м}^2$$

### 3.3 Организация транспортной системы

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

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

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

### 3.4 Организация технического контроля

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

Требования, предъявляемые при контроле, должны соответствовать техническим условиям на приемку деталей. Правильность размеров деталей после обработки проверяется измерительными инструментами общего

назначения, калибрами, пробками, специальными приспособлениями. Контрольные пункты в любом цехе размещают с обслуживанием по ходу технологического процесса.

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

### **3.5 Организация системы инструментообеспечения**

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

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

### **3.6 Организация 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.

### 3.7 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 – 2163,74 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]

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

где  $i$  — порядковый номер операции;

$m$  — число рассматриваемых операций;

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

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

Заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

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

где  $C^{ri}$  – часовая тарифная ставка третьего разряда, 62,4 руб/ч;

$k_c, k_{пр}, k_{п}, k_{д}, k_{соц}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно, районный коэффициент (1,3), приработок рабочего (1), северную надбавку к

заработной плате (1,4), дополнительную заработную плату (1,1), отчисления на социальные нужды (1,3);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда.

Общее время обработки на универсальном оборудовании 32,34 мин или 0,539 ч; на станке с ЧПУ – 18,46 мин или 0,3077 ч.

$$Z_{ун} = 62,4 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,539 = 87,54 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание. Так как основное время работы станка значительно больше вспомогательного времени, рабочий может обслуживать еще 1 станок с ЧПУ, занятый обработкой других деталей редуктора. Поэтому, фактическое время, затрачиваемое на корпус, будет 0,1539 ч.

Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%.

При использовании станков с ЧПУ необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{чпу} = 62,4 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,1539 \cdot 1,15 = 35,93 \text{ руб/дет}$$

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

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

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	41,6 м <sup>2</sup>	65000	2704000	3	81120	6,04
2 Оборудование	4 шт		8528000	12	1023360	76,14
3 Транспорт			255840	8	20467,2	1,52
4 Инструмент			85280	15	12792	0,95
5 Инвентарь			56160	15	8424	0,63
Итого			11629280		1146163,2	85,28

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	13,2 м <sup>2</sup>	65000	858000	3	25740	3,99
2 Оборудование	1 шт		4618000	12	554160	86,01
3 Транспорт			46180	8	3694,4	0,57
4 Инструмент			46180	15	6927	1,08
5 Инвентарь			23519	15	3527,85	0,55
Итого			4819679		594049,25	92,2

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

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

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);

$C_3$  – тариф на электроэнергию (4,82 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{\text{ун}} = (12,5 \cdot 0,73 \cdot 0,78 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,1473 \cdot 4,82 = 5,36 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЧПУ}} = (5,5 \cdot 0,68 \cdot 0,97 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3077 \cdot 4,82 = 5,71 \text{ руб/дет}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

$$P = \frac{W_m \cdot R_m \cdot T_{\text{шт}}}{T_{\text{р.ц}}} \quad (3.6)$$

где  $W_m$  – затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 15700 руб;

$R_m$  – единицы ремонтной сложности;

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

$T_{\text{шт}}$  – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном – 0,1308 ч, на расточном – 0,1474 ч, на сверлильном – 0,2609 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,3077 ч.

$$P_{\text{ун}} = \frac{15700(20 \cdot 0,1308 + 24 \cdot 0,1474 + 21 \cdot 0,2609)}{24174} = 7,56 \text{ руб/дет}$$

$$P_{\text{ЧПУ}} = \frac{15700 \cdot 36 \cdot 0,3077}{24174} = 7,2 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{\text{ун}} = 87,54 + 85,28 + 5,36 + 7,56 = 185,74 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = 35,93 + 92,2 + 5,71 + 7,2 = 141,04 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{\text{ун}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ун}} = 2163,74 + 185,74 = 2349,48 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ЧПУ}} = 2163,74 + 141,04 = 2304,78 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станке с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 24 %. К тому же точность обработки на станке с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_z = (C_{o1} - C_{o2}) \cdot N = (2349,48 - 2304,78) \cdot 500 = 22\,350 \text{ руб} \quad (3.7)$$

### 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 2163,74 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.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{87,54 \cdot 500}{4 \cdot 12 \cdot 0,0372} = 24513 \text{ руб} \quad (3.8)$$

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

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{31,24 \cdot 500}{1 \cdot 12 \cdot 0,0388} = 33548 \text{ руб} \quad (3.9)$$

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 редуктора Ф54 весом 24 кг 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 основной технологической базы корпуса на вертикально-фрезерном станке 6Л12) и контрольное (для контроля параллельности осей посадочных отверстий) 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, уменьшение 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 24 %, что подтверждается технико-экономическими показателями. При этом экономический эффект на программу составит 22 350 руб.

## CONCLUSION

This final qualification paper presents the technology for manufacturing the F54 gearbox housing weighing 24 kg with an annual production program calculated for 500 pieces.

When designing the product the rational structure of technological processes of mechanical treatment was worked out, optimal cutting modes were developed, high-performance equipment and high speed tooling were selected, standard and special cutting tools were efficiently applied.

Also clamping device (for processing the main technological base of the housing on a vertical milling machine 6L12) and control device (for controlling the parallelism of the axes of the landing holes) were developed.

Due to these measures highly effective options for technological processes of mechanical treatment were created. They relate both to universal metal cutting equipment and to modern CNC equipment.

The conducted technical and economic analysis of the developed variants of technological processes showed that the use of CNC equipment provides the 4-fold reduction in the number of working places, the 3-fold reduction in occupied space, and the reduction in the wage fund due to the 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 24 %, which is proved by technical and economic indicators. At the same time, the economic effect of the program implementation will make up 22,350 rubles.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2014. – 656 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
- 6 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Высшая школа, 2017. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2011. – 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 норматив режимов резания: справочник. В 2т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98с.
- 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, 2015. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2009-2019. Режим доступа: <http://www.intervesp-stanki.ru/> Вертикальные обрабатывающие центры с ЧПУ.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
				<u>Документация</u>				
A	1		БР-15.03.05 000.000.СБ	Сборочный чертеж				
				<u>Детали</u>				
		1	БР-15.03.05 000.001	Оправка	1			
		2	БР-15.03.05 000.002	Оправка контрольная	1			
		3	БР-15.03.05 000.003	Втулка направляющая	1			
		4	БР-15.03.05 000.004	Пластины установочные	3			
		5	БР-15.03.05 000.005	Шайба ограничительная	1			
		6	БР-15.03.05 000.006	Плита	1			
		7	БР-15.03.05 000.007	Ручка	2			
				<u>Стандартные изделия</u>				
		8		Болт М6х12.66				
				ГОСТ 7798-90	1			
		9		Индикатор				
				часового типа ИЧ-10				
				ГОСТ 557-98	1			
			БР-15.03.05 000.000. ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Панцер				<b>Приспособление контрольное</b>	Литер	Лист	Листов
Рук.	Платонов						1	1
Т.контр.	Платонов					ХТИ – филиал СФУ гр. 26-1		
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

« 3 » 07 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Проектирование технологического процесса механической обработки  
корпуса редуктора Ф54.1633.024

тема

Руководитель

подпись, дата

к.т.н., доц. каф. АТиМ

должность, ученая степень

В.В Платонов.

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А.А. Панцер


инициалы, фамилия

Абакан, 2020 г.

Продолжение титульного листа БР по теме: проектирование технологического процесса механической обработки корпуса редуктора Ф54.1633.024.

Консультанты по разделам:

Технологическая часть  
наименование раздела

  
\_\_\_\_\_   
подпись, дата


В.В. Платонов.  
инициалы, фамилия

Конструкторская часть  
наименование раздела

  
\_\_\_\_\_   
подпись, дата

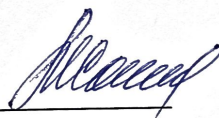
В.В. Платонов.  
инициалы, фамилия

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

« 17 » 04 2020 г.

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

Студенту Панцеру Алексею Андреевичу

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  
Ф54.1633.024

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;

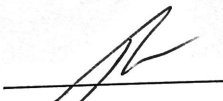
2. Базовый технологический процесс – 2 листа ф. А1; 3. Технологический

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

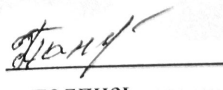
Руководитель ВКР

  
подпись

В.В. Платонов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись

А.А. Панцер

инициалы и фамилия студента

« 24 » 04 2020 г.