

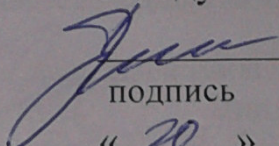
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия
« 20 » 06 2016 г.

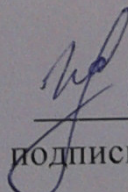
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки
корпуса направляющей

тема

Руководитель

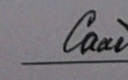
 17.06.16
подпись, дата

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

Е.М. Желтобрюхов

инициалы, фамилия

Выпускник

 17.06.16
подпись, дата

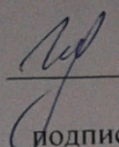
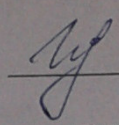
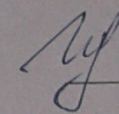
Н.В. Сат

инициалы, фамилия

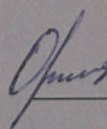
Абакан, 2016

Продолжение титульного листа БР по теме: Разработка технологического процесса механической обработки корпуса направляющей

Консультанты по
разделам:

<u>Технологическая часть</u> наименование раздела	 17.06.16 подпись, дата	<u>Е.М. Желтобрюхов.</u> инициалы, фамилия
<u>Конструкторская часть</u> наименование раздела	 17.06.16 подпись, дата	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия
<u>Организационно-экономическая часть</u> наименование раздела	 17.06.16 подпись, дата	<u>Е.М. Желтобрюхов</u> инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 17.06.16

С.П.Орешкова

подпись, дата

инициалы, фамилия

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

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

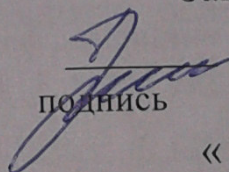
Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.Н.Борисенко

инициалы, фамилия


подпись

« 29 » 02 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Сат Нелли Владимировне
фамилия, имя, отчество

Группа 22-1 Направление 15.03.05
номер код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка
технологического процесса механической обработки корпуса направляющей
Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016 г

Руководитель ВКР Е.М. Желтобрюхов к.т.н доцент кафедры АТиМ
ХТИ- филиал СФУ.

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

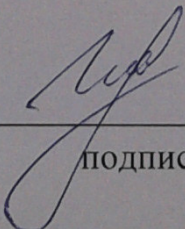
Исходные данные для ВКР 1. Корпус направляющей ;

2. годовая программа N = 300 шт

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

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1;
2. технологический процесс - 4 листа ф. А1; 3. расточное приспособление
1 лист ф. А1; 3. контрольное приспособление 1 лист ф.А1
4. технико-экономические показатели – 1 лист ф. А1.

Руководитель ВКР


подпись

Е.М. Желтобрюхов.
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

Сат Н.В. Сат

подпись, инициалы и фамилия студента

РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс механической обработки корпуса направляющей.

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 универсальном горизонтально-расточном станке 2Л614 на операции растачивания посадочных отверстий. Так же спроектировано специальное контрольное приспособление для контроля параллельности оси посадочного отверстия к установочной плоскости Г.

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 на универсальном оборудовании и на станках с ЧПУ, чертежи зажимного и контрольного приспособлений. Вынесены основные технико-экономические показатели.

PAPER

In this work technological process of machining of the case of a reducer of rotation of a tower of construction BC-2265 is designed.

In technological part office purpose of the case was analysed, the analysis of technological effectiveness and technical requirements, a choice of a way of receiving preparation, calculation and a choice of allowances for machining, calculation and a choice of the modes of cutting, rationing of technological processing of the case is made, the necessary quantity of processing equipment is defined

In design part the special tightening adaptation for installation of preparation on the universal horizontally boring machine 2M614 on operation of boring of a landing opening under a shaft worm was designed. The special control adaptation for control of perpendicularity of torets of an axis of this opening is also designed.

In economic part calculation of expediency of introduction of machines with CNC in production was made. Calculation of cost of FBA, payroll calculation of workers and calculation of cost of production of the case for the designed and basic options is carried out.

In graphic part works were performed the drawing of the case combined with preparation, cards of technological processing of the case on the universal equipment and on machines with CNC, drawings of tightening and control adaptations. Economic indicators of work are taken out.

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	11
1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки корпуса	11
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	15
1.7 Расчет и назначение припусков.....	17
1.8 Расчет режимов резания	23
1.9 Расчет норм времени	28
1.10 Выбор оборудования.....	32
2 Конструкторская часть	34
2.1 Проектирование расточного приспособления.....	34
2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления	34
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления	34
2.1.3 Расчет силы привода	36
2.1.4 Расчет силового привода	37
2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность.....	39
2.2 Проектирование контрольного приспособления	40
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления	40
2.2.2 Описание конструкции приспособления	40
для контроля параллельности	40
2.2.3 Расчет приспособления на точность	41
3 Экономическая часть	42
3.1 Выбор технологического оборудования	42
3.2 Определение занимаемой площади	43
3.3 Организация транспортной системы.....	43
3.4 Организация технического контроля	43
3.5 Организация системы инструментообеспечения	44
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	44
3.7 Расчет себестоимости детали	45
3.8 Техничко-экономические показатели.....	49
Заключение	50
Список использованных источников	52
Приложения	53

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, станков и аппаратов, от всемерного внедрения методов технико-экономического анализа.

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

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

Важной особенностью автоматизации процесса обработки на металлорежущих станках с помощью устройств программного управления, является сохранение станками широкой универсальности. Это дает возможность производить на них обработку всей номенклатуры деталей, которая может быть произведена на универсальных станках соответствующих типов.

Основной задачей рациональной эксплуатации металлорежущих станков с ЧПУ является обеспечение длительной и безотказной обработки на них деталей с заданной производительностью, точностью и шероховатостью обработанной поверхности при минимальной стоимости эксплуатации станков. В парке машиностроения страны доля станков с ЧПУ будет непрерывно увеличиваться при одновременном повышении их технического уровня.

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

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

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

Материалом детали является серый чугун СЧ25 ГОСТ 1412-85. Чугуны этой марки имеют среднюю прочность и хорошую обрабатываемость. Из него изготавливают в основном корпусные детали сложной конфигурации при недопустимости большого коробления.

Данные о материале сводим в таблицы 1.1, 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна СЧ25 (ГОСТ 1412-85), %

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

Механические свойства СЧ25

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

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ25

Плотность ρ , кг/м ³	Литейная усадка ϵ , %	Модуль упругости при растяжении $E \cdot 10^{-2}$, МПа	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°C, Дж	Коэффициент литейного расширения α , 1/°C	Теплопро- водность при 20°C λ , Вт
$0,72 \cdot 10^3$	1,1	800-1200	510	$9,5 \cdot 10^{-6}$	46

1.2 Анализ технологичности

Конструкция детали коробчатой формы, достаточно простая с наличием ребер жесткости. Формовка производится с применением стержней для получения посадочных отверстий.

С точки зрения обработки деталь имеет следующие недостатки:

1 конструкция детали не допускает обработку ступеней посадочных отверстий $\varnothing 35$ на проход;

2 проточки в посадочных отверстиях требуют врезания;

3 глухие резьбовые отверстия нетехнологичны из-за плохого отвода стружки и тепла из зоны резания;

4 резьбовые отверстия, имеющие горизонтальные оси требуют специальной схемы базирования;

5 при обработке бобышек потребуется либо применение обратных цековок, что увеличит вспомогательное время, либо будет большой вылет инструмента, что увеличит его износ.

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

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

1 Коэффициент использования материала

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

где $m_{дет}$ - масса готовой детали,

$m_{заг}$ - масса заготовки.

$$k_m = 3,8/4,5 = 0,84$$

Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

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

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

$k_{об}$ - общее количество поверхностей.

$$54/66 = 0,81$$

Деталь технологична.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

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

где K_{cu} - количество стандартного инструмента,

$K_{ои}$ - общее количество инструмента.

$$k_u = 9/10 = 0,9$$

Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

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

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

$N_{об}$ - общее количество поверхностей.

$$k_o = 45/66 = 0,68$$

Деталь технологична.

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

1.3 Анализ технических требований

Деталь – корпус направляющей, представляет собой отливку из серого чугуна СЧ25 ГОСТ 1412-85.

Главным условием качественной работы направляющей является точность установки и ориентации валов друг относительно друга и относительно других элементов механизма. Для этого к корпусу предъявляются следующие технические требования:

– непараллельность осей посадочных отверстий относительно установочной плоскости Г не более 50 мкм, что бы не было перекоса вала в механизме. Выполним это требование обработкой отверстий с базированием по плоскости Г;

– перпендикулярность относительно посадочных отверстий их торцев не более 50 мкм, для точной установки торцевых крышек. Выдержим это требование обработкой указанных поверхностей с одной установки;

– перпендикулярность торцев относительно установочной плоскости Г не более 100 мкм. Выдержим обработкой торцев с базированием по плоскости Г.

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

Для поверхностей с шероховатостью Ra3,2 достаточно однократной обработки. Для достижения шероховатости Ra1,25 введем чистовую обработку. Посадочные отверстия с шероховатостью Ra0,8 и точностью размера по 7му качеству обрабатываем начерно, начисто и тонко.

1.4 Обзор методов обработки детали

Корпус направляющей представляет собой корпусную деталь.

Плоскости детали обрабатываем на станках фрезерной группы. Главным движением в этом случае является вращательное движение инструмента вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение заготовки. Для образования установочной плоскости примем торцевое фрезерование, для образования пазов – дисковое.

Посадочные отверстия обрабатываем на горизонтально-расточном станке – деталь неподвижна, а инструменту сообщается главное вращательное движение и продольное движение подачи. При обработке проточек инструменту необходимо придать поперечную подачу – врезание.

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

1.5 Обоснование выбора баз и составление маршрута механической обработки 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, представляется установочная плоскость Г, так как от нее назначены основные технические требования, конструкторские размеры и на ней имеются отверстия под направляющую и упорную базы – пальцы приспособления.

Так как деталь имеет малые габариты и массу, для фрезерных операций подойдет вертикально-фрезерный станок модели 6Р12, для расточной – горизонтально-расточной 2Л614, для сверления при диаметре 10 мм – радиально-сверлильный 2К52.

Почти весь инструмент стандартный. Для обработки плоскостей примем торцевую фрезу $\varnothing 100$ со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава по ГОСТ 9473-90, для обработки пазов – дисковую трехстороннюю фрезу $\varnothing 125$ шириной 16 мм со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом по ГОСТ 5348-99. Для растачивания посадочных отверстий примем токарный расточной державочный упорный резец с углом в плане $\varphi = 90^\circ$ с пластинами из твердого сплава по ГОСТ 9795-93, для обработки проточек – резец специального профиля шириной 3 мм. Для обработки крепежных отверстий примем сверло спиральное по ГОСТ 4010-97 и развертку машинную цельную по ГОСТ 1672-90, для нарезания резьб – метчики для метрической резьбы по ГОСТ 3266-81.

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

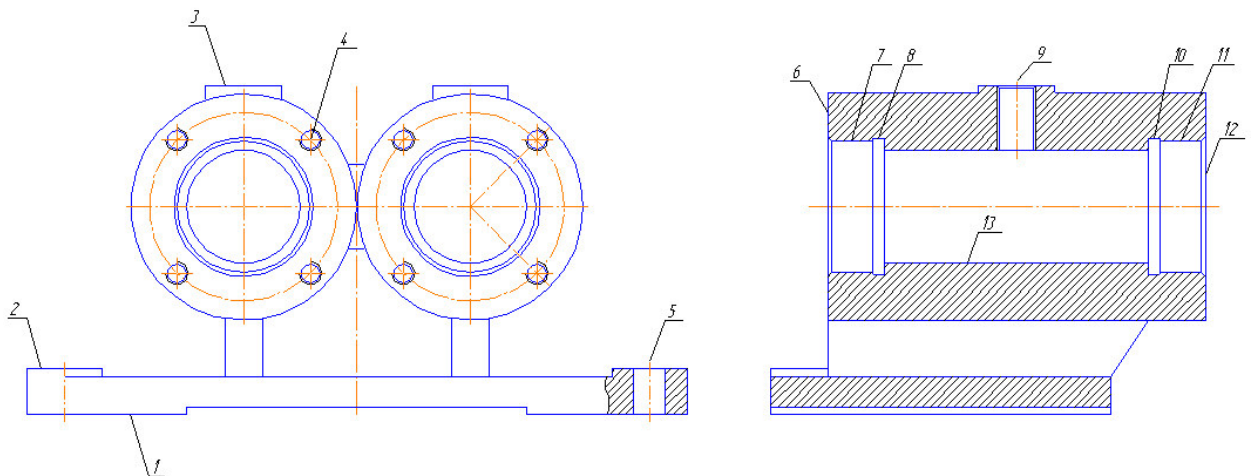


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

010 Вертикально-фрезерная

А Установить заготовку по двум поверхностям 3.

1 Фрезеровать две плоскости 1 предварительно последовательно.

2 Фрезеровать две плоскости 1 окончательно последовательно.

Станок вертикально-фрезерный 6Р12, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза торцевая $\varnothing 100$ ГОСТ 9473-90, ВК6.

020 Сверлильная

А Установить заготовку по двум поверхностям 3.

- 1 Сверлить 2 отверстия 5 $\varnothing 8^{+0,058}$ предварительно и 2 отверстия 5 окончательно.
- 2 Развернуть 2 отверстия 5 технологически.
- 3 Цековать 4 плоскости 2 окончательно.

Б Переустановить заготовку по двум поверхностям 1 и двум отверстиям 5.

- 4 Сверлить 2 отверстия 9 под резьбу предварительно с цекованием двух поверхностей 3 окончательно.
- 5 Нарезать в 2х отверстиях 9 резьбу М10-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2К52, приспособление – специальное, плита кондукторная; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97, развертка ГОСТ 1672-90, цековка обратная, цековка насадная, метчик ГОСТ 3266-81.

030 Расточная

А Установить заготовку по двум поверхностям 1 и двум отверстиям 5.

- 1 Фрезеровать торцы 6 предварительно.
- 2 Фрезеровать торцы 6 окончательно.
- 3 Расточить 2 отверстия 13 окончательно последовательно.
- 4 Расточить 2 отверстия 7 предварительно последовательно.
- 5 Расточить 2 проточки 8 окончательно последовательно.
- 6 Расточить 2 отверстия 7 предварительно последовательно.
- 7 Расточить 2 отверстия 7 окончательно последовательно.
- 8 Снять фаски.

Б Повернуть стол на 180°.

- 9 Фрезеровать торцы 12 предварительно.
- 10 Фрезеровать торцы 12 окончательно.
- 11 Расточить 2 отверстия 11 предварительно последовательно.
- 12 Расточить 2 проточки 10 окончательно последовательно.
- 13 Расточить 2 отверстия 11 предварительно последовательно.
- 14 Расточить 2 отверстия 11 окончательно последовательно.
- 15 Снять фаски.

Станок горизонтально-расточной 2Л614, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза торцевая $\varnothing 100$ ГОСТ 9473-90, ВК6, резец расточной ГОСТ 9795-93, ВК6 и специальный канавочный.

040 Сверлильная

А Установить заготовку по торцам 6 и двум отверстиям 7.

- 1 Сверлить 8 отверстий 4 под резьбу.
- 2 Нарезать в 8ми отверстиях 4 резьбу М6-7Н.

Б Переустановить заготовку по торцам 12 и двум отверстиям 11.

- 3 Сверлить 8 отверстий 4 под резьбу.

4 Нарезать в 8ми отверстиях 4 резьбу М6-7Н.

Станок радиально-сверлильный 2К52, приспособление – специальное, кондукторная плита; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97, метчик ГОСТ 3266-81.

050 Вертикально-фрезерная

А Установить заготовку по торцам 12 и двум отверстиям 11.

1 Фрезеровать два паза окончательно последовательно.

Станок вертикально-фрезерный 6Р12, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза дисковая $\varnothing 125$, В = 16 мм ГОСТ 5348-99, ВК6.

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

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

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

Важной особенностью автоматизации процесса обработки на металлорежущих станках, с помощью устройств программного управления, является сохранение станками широкой универсальности. Это дает возможность производить на них обработку всей номенклатуры деталей, которая может быть произведена на универсальных станках соответствующих типов.

Составим маршрут обработки корпуса с применением станков с ЧПУ.

10 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

А Установить заготовку по торцам 12 и двум отверстиям 11.

1 Фрезеровать две плоскости 1 предварительно последовательно.

2 Фрезеровать две плоскости 1 окончательно последовательно.

3 Сверлить 2 отверстия 5 $\varnothing 8^{+0,058}$ предварительно и 2 отверстия 5 окончательно.

4 Развернуть 2 отверстия 5 технологически.

Б Поворот паллеты на 180°.

5 Сверлить 2 отверстия 9 под резьбу предварительно с цекованием двух поверхностей 3 окончательно.

6 Нарезать в 2х отверстиях 9 резьбу М10-7Н.

7 Цековать 4 плоскости 2 окончательно.

- В Установить заготовку по двум поверхностям 1 и двум отверстиям 5.
Г Смена паллеты.
8 Фрезеровать торцы 6 предварительно.
9 Фрезеровать торцы 6 окончательно.
10 Расточить 2 отверстия 13 окончательно последовательно.
11 Расточить 2 отверстия 7 предварительно последовательно.
12 Расточить 2 проточки 8 окончательно последовательно.
13 Расточить 2 отверстия 7 предварительно последовательно.
14 Расточить 2 отверстия 7 окончательно последовательно.
15 Снять фаски.
16 Сверлить 8 отверстий 4 под резьбу.
17 Нарезать в 8ми отверстиях 4 резьбу М6-7Н.
18 Фрезеровать 2 паза последовательно окончательно.
Ж Поворот паллеты на 180°.
19 Фрезеровать торцы 12 предварительно.
20 Фрезеровать торцы 12 окончательно.
21 Расточить 2 отверстия 11 предварительно последовательно.
22 Расточить 2 проточки 10 окончательно последовательно.
23 Расточить 2 отверстия 11 предварительно последовательно.
24 Расточить 2 отверстия 11 окончательно последовательно.
25 Снять фаски.
26 Сверлить 8 отверстий 4 под резьбу.
27 Нарезать в 8ми отверстиях 4 резьбу М6-7Н.
Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ HAAS EC-400;

Приспособление специальное механическое, оправки расточные;
инструмент – фреза торцевая Ø100 ГОСТ 9473-90, ВК6, сверло спиральное ГОСТ 4010-97, развертка ГОСТ 1672-90, цековка насадная, метчик ГОСТ 3266-81, резец расточной ГОСТ 9795-93, ВК6, резец специальный канавочный, фреза дисковая Ø125, В = 16 мм ГОСТ 5348-99, ВК6.

1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки

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

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

Различные способы литья отличаются характером технологической оснастки литейного цеха, механизацией процесса сборки и изготовления форм. Отливки чаще всего получают в земляных формах 2го и 3го класса точности. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.3).

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

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

где C_i - базовая стоимость 1 тонны заготовок,
 $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - 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 II группы сложности, массой 4,5 кг, из чугуна СЧ25, 3ей группы серийности.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Класс точности	C_i	k_T	k_C	k_B	k_M	k_{II}	Q	q	$S_{отх}$
Второй	64600	1	1	0,92	1,06	1	4,5	3,8	2500
Третий	64600	1	1,05	0,92	1,06	1	4,7	3,8	2500

$$S_{заг1} = 281,74 \text{ руб}, \quad S_{заг2} = 308,65 \text{ руб}.$$

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

Годовой экономический эффект при этом составит

$$\mathcal{E}_Г = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N = (308,65 - 281,74) \cdot 300 = 8073 \text{ руб} \quad (1.6)$$

1.7 Расчет и назначение припусков

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

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

Для наиболее важных поверхностей данной детали (посадочное отверстие диаметром 35 мм и его торцы) припуски рассчитаем по формулам.

1 Обработка посадочного отверстия $\varnothing 35^{+0,025}$.

Данное отверстие растачивается до шероховатости $Rz = 2,5$ 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]

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

где Rz – шероховатость, мкм;

T – глубина дефектного слоя, мкм;

ρ – суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм;

ε – 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).

Величина суммарного отклонения расположения поверхности в нашем случае равна величине коробления детали и смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой

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

Коробление учитывается как в радиальном, так и в осевом сечении.

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

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр отверстия $d = 35$ мм, длина $l = 100$ мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 35)^2 + (1 \cdot 100)^2} = 106 \text{ мкм}$$

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

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

Допуски на размеры 55 мм и 47,5 мм по второму классу точности отливки составляют соответственно 1600 мкм и 1200 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1200}{2}\right)^2} = 1000 \text{ мкм}$$

$$\rho_d = \sqrt{106^2 + 1000^2} = 1006 \text{ мкм}$$

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

Погрешность установки определяется по формуле

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

где ε_6 – погрешность базирования;

ε_3 – погрешность закрепления.

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

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

где δ_A – допуск на отверстие, 15 мкм;

δ_B – допуск на диаметр пальца, 15 мкм;

S_{\min} – минимальный зазор, 10 мкм.

$S_{\max} = 40$ 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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{l} = \frac{0,04}{170} = 0,00024 \quad (1.13)$$

l - расстояние между базовыми отверстиями под пальцы.

Погрешность базирования обрабатываемого отверстия в зависимости от расстояния его до установочного пальца – 47,5 мм:

$$\varepsilon_6 = 47,5 \cdot 0,00024 = 12 \text{ мкм.}$$

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

$$\varepsilon_1 = \sqrt{12^2 + 120^2} = 121 \text{ мкм}$$

Чистовой и тонкий переходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность базирования на них 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.

2 Торцы посадочного отверстия.

Конструкторский размер $100 \pm 0,175$. Обработка ведется в два перехода без переустановки до шероховатости $Ra = 1,25$ мкм.

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

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

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

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке на перпендикулярную

$$\rho = \rho_{кор} \quad (1.15)$$

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

Диаметр торца $d = 60$ мм.

$$\rho_{кор} = 60 \text{ мкм}$$

Так как схема установки та же, что и при растачивании, погрешность установки по формуле (1.11) $\varepsilon_y = 120$ мкм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.5.

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

Таблица 1.6 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный р-р с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1, 3 – плоскости	$87 \pm 0,435$	1 черновое фрезерование 2 чистовое фрезерование		1,2(1,5) 0,3	90 ± 1 $87,3 \pm 0,7$
1, 2 – плоскости	$12 \pm 0,215$	1 цекование		1,5(1,5)	$15 \pm 0,5$
6, 12 - торцы	$100 \pm 0,175$	1 черновое фрезерование 2 чистовое фрезерование	1,2-2 0,3-2	1,2-2 0,3-2	103 ± 1 $100,6 \pm 0,435$
7, 11 – отверстия	$\varnothing 35^{+0,025}$	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание	1,7-2 0,11-2 0,06-2	2,3-2 0,13-2 0,07-2	$\varnothing 30 \pm 0,6$ $\varnothing 34,6^{+0,17}_{-0,08}$ $\varnothing 34,86^{+0,042}_{-0,02}$
13 - отверстие	$\varnothing 30^{+0,52}$	1 черновое растачивание		1-2	$\varnothing 28 \pm 0,6$

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 тех же поверхностей.

1 Посадочное отверстие $\varnothing 35^{+0,025}$.

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

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.6 $t = 2,3$ 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

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

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} \quad (1.17)$$

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

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

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

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

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

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2,3^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 90 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90}{3,14 \cdot 35} = 819 \text{ об/мин} \quad (1.18)$$

Примем – 800 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 800}{1000} = 80 \text{ м/мин} \quad (1.19)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

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

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

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

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

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

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

$K_{\varphi p}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\varphi = 90^\circ$, $K_{\varphi p} = 0,89$;

$K_{\gamma p}$ – 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 $K_{rp} = 0,93$.

$$K_p = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,91$$

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,3^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 0,91 = 1145 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1145 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1,5 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт, станка с ЧПУ – 14,9 кВт.

Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.6 $t = 0,13$ мм.

Подача при чистовом растачивании принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца. По таблице 14 [14] при $Ra = 1,25$ мкм и $r = 1$ мм, $S=0,15$ мм/об.

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.16)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,13^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 = 150 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 35} = 1365 \text{ об/мин}$$

Примем – 1250 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1250}{1000} = 125 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,13^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 125^0 \cdot 0,91 = 26 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{26 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}$$

Тонкое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.6 $t = 0,07$ мм.

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [14] при $Ra = 0,8$ мкм, $S=0,1$ мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице $V = 200$ м/мин.

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 35} = 1820 \text{ об/мин}$$

Примем – 1600 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 160 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.20)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,07^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 160^0 \cdot 0,91 = 11 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{11 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт}$$

2 Фрезерование торцев.

Обработка ведется в два перехода – черновой и чистовой.

Режущий инструмент – торцевая фреза $\varnothing 100$ с числом зубьев $z = 10$.

Черновое фрезерование.

Глубина резания по таблице $1.6 t = 1,2$ мм.

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

Скорость резания – окружная скорость фрезы определяется по формуле [14]

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

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

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен $K_V = 0,8$;

период стойкости $T = 180$ мин; ширина фрезерования $B = 60$ мм.

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 60^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,8 = 128 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 100} = 410 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 400 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

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

Сила резания при фрезеровании

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

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

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,2^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 60^1 \cdot 10}{100^1 \cdot 400^0} \cdot 1 = 1168 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{1168 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 7,5 кВт, станка с ЧПУ – 14,9 кВт.

Чистовое фрезерование.

Глубина резания по таблице 1.6 $t = 0,3$ мм.

Подача на один зуб фрезы по таблице 37 [14] для торцевых фрез с пластинами из твердого сплава $S = 0,5$ мм/об или $S_z = 0,05$ мм.

Скорость резания (1.23)

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,05^{0,35} \cdot 60^{0,2} \cdot 10^0} = 320 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.18)

$$n = \frac{1000 \cdot 320}{3,14 \cdot 100} = 1019 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 1000 об/мин.

Уточним скорость резания (1.19)

$$V = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 400}{1000} = 125 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.24)

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 0,3^{0,9} \cdot 0,05^{0,74} \cdot 60^1 \cdot 10}{100^1 \cdot 1000^0} = 121 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.22)

$$N_e = \frac{121 \cdot 315}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт}$$

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

Таблица 1.7 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P _z , Н	N _e , кВт
Фрезерование торцевое черновое	1,2	2	125	400	1168	2,4
Фрезерование торцевое чистовое	0,3	0,5	315	1000	121	0,6
Сверление Ø8	4	0,2	12,5	500	2478	0,51
Развертывание	0,25	0,8	8	315	305	0,04
Растачивание черновое	2,3	0,5	80	800	1145	1,5
Растачивание чистовое	0,13	0,15	125	1250	26	0,1
Растачивание тонкое	0,07	0,1	160	1600	11	0,03
Сверление Ø5	2,5	0,15	10	630	1892	0,3
Нарезание М6-7Н	0,5	0,75	5	250	670	0,06
Сверление Ø9	4,5	0,25	12,5	500	2627	0,54
Нарезание М10-7Н	0,5	1	5	160	720	0,06
Фрезерование дисковое	1,5	2	125	315	1874	3,8

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

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.26)$$

$t_{тех}$, $t_{орг}$ 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 технологическую операцию – обработки основной технологической базы.

Данная операция содержит 2 технологических перехода

Основное время при фрезеровании рассчитывается по формуле

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

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

S_z – подача на зуб фрезы;

Z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения шпинделя.

1 фрезерование плоскости черновое.

Обработка ведется «на проход» торцевой фрезой $\varnothing 100$ с $z = 10$.

Фактическая длина обработки равна длине плоскости $L_0 = 175$ мм.

Длина врезания равна длине перебега и составляет по пол диаметра фрезы плюс 5 мм $L_1 = L_2 = 55$ мм.

$$L = 175 + 55 + 55 = 285 \text{ мм.}$$

$S_z = 0,2$ мм; $z = 10$; $n = 400$ об/мин (из расчетов режимов резания).

Основное время

$$t_o = \frac{285}{0,2 \cdot 10 \cdot 400} = 0,36 \text{ мин}$$

2 фрезерование плоскости чистовое.

Обработка ведется «на проход» торцевой фрезой $\varnothing 100$ с $z = 10$.

Длина обработки та же $L = 175 + 55 + 55 = 285$ мм.

$S_z = 0,05$ мм; $z = 10$; $n = 1000$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{285}{0,05 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,57 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,36 + 0,57 = 0,93 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время [15]

1 время на установку и снятие детали со станка 0,67 мин;

2 время на подвод и отвод инструмента 0,26;

3 время на управление станком 0,78 мин.

Вспомогательное время на данной операции будет

$$t_b = 0,67 + 0,26 + 0,78 = 1,71 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 0,93 + 1,71 = 2,64 \text{ мин.}$$

Укрупненно для фрезерных станков [15]

$$t_{тех} = 3\% T_{оп} = 0,03 \cdot 2,64 = 0,08 \text{ мин;}$$

$$t_{орг} = 1,2\% T_{оп} = 0,015 \cdot 2,64 = 0,03 \text{ мин;}$$

$$t_{отд} = 6\% T_{оп} = 0,06 \cdot 2,64 = 0,16 \text{ мин.}$$

(1.28)

Штучное время на данной операции

$$T_{шт} = 2,64 + 0,08 + 0,03 + 0,16 = 2,91 \text{ мин.}$$

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав нормирование, примем следующее оборудование для операций 10 и 50 – один станок 6P12 с $T_{шт-к} = 5,59$ мин; для операций 20 и 40 – один станок 2K52 с $T_{шт-к} = 15,51$ мин; для операции 30 – один станок 2Л614 с $T_{шт-к} = 9,82$ мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{15,51 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,01925 \text{ года} \quad (1.30)$$

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

При обработке на станке с ЧПУ

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{17,66 \cdot 300}{4029 \cdot 60} = 0,02192 \text{ года}$$

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

Таблица 1.10 – Характеристики станка с ЧПУ

Характеристики	Горизонтально-фрезерный центр с ЧПУ HAAS EC-400
Параметры рабочей зоны, мм	размер стола 400x400 высота детали 762
Время смены паллеты, сек	8
Шпиндель	конус ISO-40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8000
Мощность шпинделя, кВт	14,9
Кол-во инструментов	24+1
Время смены инструмента, сек	2
Максимальный диаметр инструмента, мм	76
Система ЧПУ	Haas-Fanuc
Количество управляемых осей	3

Горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ HAAS EC-400 (рисунок 1.3) оснащен двумя сменными паллетами с временем смены 8 сек и временем вращения на 180° - 5 сек, что позволяет значительно снизить

вспомогательное время. Устройство смены инструмента бокового исполнения уменьшает габариты станка. Возможность установки инструмента до $\varnothing 125$ при пустых соседних позициях.

Полностью литая станина обеспечивает высокую жесткость станка. Полностью закрытое герметичное защитное ограждение обеспечивает безопасность рабочего. Имеется система компенсации тепловых расширений и пульт дистанционного управления.



Рисунок 1.3 – Горизонтально- фрезерный центр с ЧПУ HAAS EC-400

Параметры точности EC-400

Точность позиционирования суппорта, мм.....	±0,0050
Повторяемость позиционирования суппорта, мм.....	±0,0025
Количество управляемых осей	2
Тип монитора для отображения информации	LCD 15"
Скорость обработки программ, блоков/сек	до 1000
Тип интерфейса	RS232
Скорость передачи данных, Бод.....	115200
Тип интерфейса для подключения съемных носителей памяти.....	USB
Объем памяти для хранения программ, кБ	1024
Минимальная дискретность задаваемых значений, мм	0,001

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование расточного приспособления

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

2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления

Наиболее важными поверхностями корпуса являются два посадочных отверстия под валы. Их оси должны быть параллельны, поэтому их обработку производим с одной установки на горизонтально-расточном станке 2ЛБ14 с поворотом стола.

Также к ним предъявлено требование параллельности к установочной плоскости, поэтому используем ее в качестве базы.

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

Спроектируем специальное зажимное приспособление для расточки посадочных отверстий корпуса.

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью Г на опорные пластинки приспособления 1, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей и упорной баз служат два установочных пальца 10, 11. Силовое замыкание производится четырьмя прихватами 9 с винтовым зажимом.

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки в продольном направлении под действием тангенциальной составляющей силы резания. Рассмотрим самый неблагоприятный момент – когда сила резания наибольшая – черновое фрезерование торцев.

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

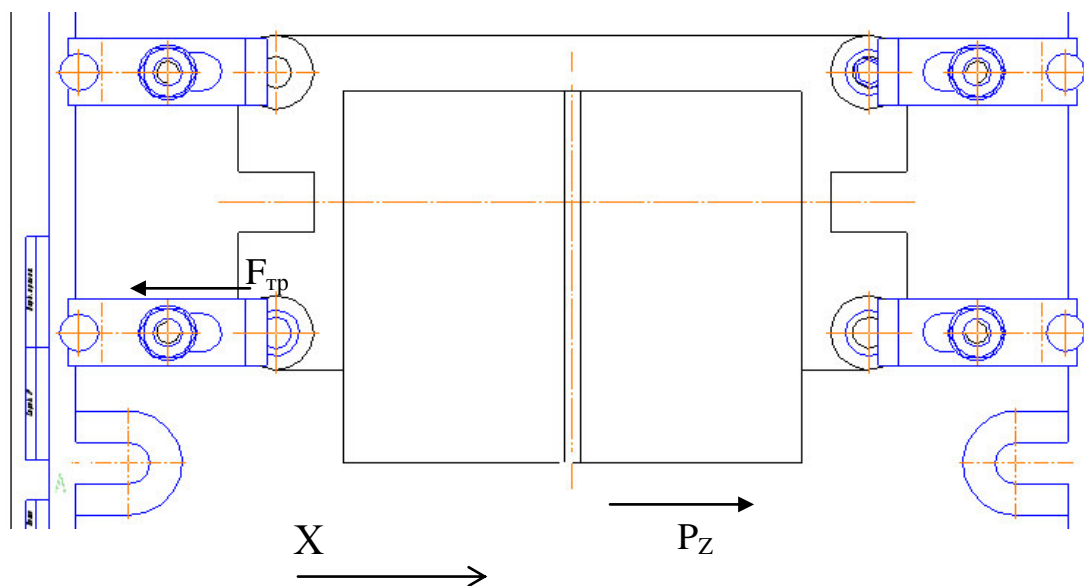


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

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

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

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания при фрезеровании – 1168 Н (из пункта 1.8);

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

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

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

Q – сила действия прихвата на заготовку.

После преобразований получим

$$1168 = Q \cdot 0,16 \cdot 4,$$

$$Q = 1825 \text{ Н.}$$

2.1.3 Расчет силы привода

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

Прихват представляет собой рычаг с осью вращения на одном конце, в центре которого приложена сила привода, а на другом – развивается необходимая сила закрепления.

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

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

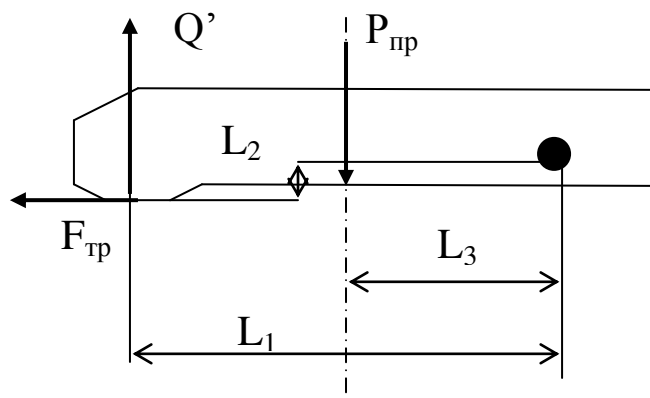


Рисунок 2.2 – Схема равновесия сил.

$$Q' \cdot L_1 + F_{тр} \cdot L_2 - P_{пр} \cdot L_3 = 0 \quad (2.3)$$

где L_1, L_2, L_3 - плечи соответствующих сил;
 $F_{тр} = Q' \cdot k_{тр}$ - сила трения прихвата о заготовку;
Произведем следующие преобразования

$$Q' \cdot (L_1 + k_{тр} \cdot L_2) = P_{пр} \cdot L_3 \quad (2.4)$$

$$P_{пр} = Q' \cdot \frac{L_1 + f \cdot L_2}{L_3} \quad (2.5)$$

где $L_1 = 30$ мм; $L_2 = 5$ мм; $L_3 = 15$ мм; $f = 0,16$.

$$P_{np} = 1825 \cdot \frac{30 + 0,16 \cdot 5}{15} = 3747 \text{ Н}$$

2.1.4 Расчет силового привода

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

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем винтовой зажим. Гайка должна создавать силу не менее 3747 Н.

Номинальный диаметр гайки можно рассчитать по формуле [22]

$$d = C \sqrt{P_{\sigma} / \sigma} = 1,4 \sqrt{20200 / 80} = 9,6 \text{ мм} \quad (2.6)$$

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

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

σ – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 80 МПа.

Примем резьбу М10.

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

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

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

α – угол подъема резьбы (для М10 $\alpha = 3^{\circ}15'$);

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

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

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

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

После всех преобразований и подстановок формула примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_{\sigma} = 0,2 \cdot 10 \cdot 3747 = 7,5 \text{ Нм} \quad (2.9)$$

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

$$(2.10) \quad M' = 0,25d \cdot P_{\sigma} = 0,25 \cdot 10 \cdot 3747 = 9,4 \text{ Нм}$$

Такие усилия может развить гайковерт.

2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность

К точности расположения обрабатываемого и базового отверстия предъявлен допуск перпендикулярности.

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

$$E_{\text{пр}} = [T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]]^{0,5} \quad (2.11)$$

где $T = 50$ мкм – допуск параллельности осей обрабатываемых посадочных 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;

ε_6 - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

ε_3 - погрешность закрепления заготовки, возникающая в результате действия сил зажима;

ε_y - погрешность установки приспособления на станке;

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

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

Погрешность базирования из пункта 1.7 $\varepsilon_6 = 12$ мкм.

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

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

Погрешность положения в данном случае имеет вид

$$\varepsilon_{\text{и}} = B_2 \cdot N \quad (2.12)$$

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

N - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, а пластинки меняют раз в месяц, то фактически количество контактов равно 3334 раза.

$$\varepsilon_{и} = 0,002 \cdot 3334 = 7 \text{ мкм.}$$

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

Экономическая точность $W = 50 \text{ мкм.}$

$$E_{пр} = 50 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 12)^2 + 7^2 + (0,7 \cdot 50)^2]^{0,5} = 50 - 44 = 6 \text{ мкм.}$$

Отсюда видно, что допуск параллельности перекрывает все возникающие погрешности.

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

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

2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления

Важное значение для качественной работы направляющей имеет точность установки валов, относительно других элементов механизма.

Поэтому конструктором установлен допуск параллельности посадочных отверстий $\varnothing 35$, установочной плоскости корпуса Г. Спроектируем в данном курсовом проекте специальное приспособление для контроля этого требования.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля параллельности

Деталь, базовой поверхностью Г, установим на высокоточную поверочную плиту 1. Для контроля параллельности, ось контролируемого отверстия необходимо материализовать. Для этого в деталь устанавливаем по посадочному отверстию с двух сторон, оправку приспособления состоящую

из двух частей 3 и 5, так как из-за промежуточной ступени меньшего диаметра, сделать это с одной стороны невозможно.

Контроль производим индикаторной головкой часового типа, наконечник которой соприкасается с контрольной оправкой. Индикатор при помощи кронштейна 4, расположен на стойке 2, которая в свою очередь стоит на плите 1.

В первый момент индикатор устанавливаем с одной стороны и выводим на ноль. Переустановив его на другую сторону контрольной оправки, снимаем показания.

2.2.3 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения – это отклонение полученного значения от его истинной величины.

Погрешность измерения, в зависимости от назначения детали, допускают в пределах 8-30% допуска на контролируемое отклонение.

Допуск параллельности составляет 50 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 15 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [4]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{инд}^2} \quad (2.13)$$

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

Так как мы используем стандартную высокоточную плиту, погрешность установки будет равна погрешности плиты (0,005 мм);

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,005^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,0075 = 7,5 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}.$$

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

3 Экономическая часть

3.1 Выбор технологического оборудования

Для обработки корпуса нами было разработано два технологических процесса. В базовом варианте производим обработку детали на универсальном оборудовании (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_m	Занимаемая площадь, m^2	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Вертикально-фрезерный 6P12	1	7,5	22	2,3x2	796000	796000
Радиально-сверлильный 2K52	1	1,5	24	1,8x1,2	852000	852000
Горизонтально-расточной 2Л614	1	6	21	4,3x2,1	1072000	1072000
Итого	3	15	67	40		2720000

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
Горизонтально-фрезерный центр с ЧПУ HAAS EC-400	1	14,9	42	3,3x3,4	2712000	2712000
Итого	1	14,9	42	28		2712000

3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием определим по формуле

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

где f_{Σ} – суммарная площадь станков в плане;

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

Для обработки корпуса нам потребуется 3 универсальных станка с общей площадью $15,79 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{ун}} = 15,79 \cdot 2,5 = 40 \text{ м}^2$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 11,22 \cdot 2,5 = 28 \text{ м}^2$$

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 необходимые 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 – 281,74 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 [9]

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

где i — порядковый номер операции;

m — число рассматриваемых операций;

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

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

Зарботная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

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

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

k_p — коэффициент разряда,

$k_c, k_{пр}, k_{п}, k_d, k_{соц}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработок рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), отчисления на социальные нужды (1,3);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на

универсальном оборудовании 30,92 мин или 0,5154 ч; на станках с ЧПУ – 17,66 мин или 0,2944 ч.

$$Z_{\text{ун}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,5154 = 84,34 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Он одновременно обслуживает два станка, поэтому, фактическое время, затрачиваемое на нашу деталь, будет 0,1472 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{\text{чпу}} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,1472 \cdot 1,15 = 34,63 \text{ руб/дет}$$

Основные производственные фонды (таблицы 3.3, 3.4) – это та часть капитала предприятия, которая переносит свою стоимость на стоимость готовой продукции в виде амортизационных отчислений за несколько процессов производства.

В нашем случае в них входит: стоимость производственного здания; стоимость оборудования; стоимость транспорта; инструмент и инвентарь, используемые на данном участке.

Стоимость транспорта рассчитывается как 3 % от стоимости технологического оборудования для универсальных станков и 1 % - для станков с ЧПУ. Стоимость инструмента рассчитывается как 1 % от стоимости технологического оборудования. Стоимость инвентаря рассчитывается как 0,5 % от суммарной стоимости технологического оборудования и здания.

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим

$$A_{\text{дет}} = \frac{A_2 \cdot T_N}{N} \quad (3.4)$$

T_N – время обработки программы, год,

N – годовая программа выпуска, 300 шт.

Таблица 3.3 – Основные производственные фонды при использовании универсального оборудования

ОПФ	Кол-во	Стоимость единицы ОПФ, руб.	Суммарная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизац отчисл,руб.	Амортизац отчисл. на деталь,руб
1 Здание	40м ²	75000	3000000	3	90000	5,78
2 Оборудование	3 шт		2720000	12	326400	20,94
3 Транспорт			81600	8	6528	0,42
4 Инструмент			27200	15	4080	0,26
5 Инвентарь			28600	15	4290	0,28
Итого			5857400		431298	27,68

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	28м ²	75000	2100000	3	63000	4,6
2 Оборудование	1 шт		2712000	12	325440	23,78
3 Транспорт			27120	8	2170	0,16
4 Инструмент			27120	15	4068	0,3
5 Инвентарь			24060	15	3609	0,26
Итого			4890300		398287	29,1

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

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

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);

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

$\mathcal{C}_э$ – тариф на электроэнергию (1,52 кВт·ч).

$$\mathcal{E}_{ун} = (15 \cdot 0,75 \cdot 0,88 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,2585 \cdot 1,52 = 4,12 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{ЧПУ} = (14,9 \cdot 0,72 \cdot 0,97 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,2944 \cdot 1,52 = 4,94 \text{ руб/дет}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

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

где W_m - затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу ремонтной сложности данного оборудования – 12500 руб.

R_m – единицы ремонтной сложности;

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

$T_{шт}$ – штучное время на определенном типе оборудования – на фрезерном станке – 0,0932 ч, на сверлильных – 0,2585 ч, на расточном – 0,1637 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,2944 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500 \cdot (22 \cdot 0,0932 + 24 \cdot 0,2585 + 21 \cdot 0,1637)}{24174} = 6,05 \text{ руб/дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500 \cdot 42 \cdot 0,2944}{24174} = 6,4 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 84,34 + 27,68 + 4,12 + 6,05 = 122,19 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = 34,63 + 29,1 + 4,94 + 6,4 = 75,07 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 281,74 + 122,19 = 403,93 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ} = 281,74 + 75,07 = 356,81 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 39 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_e = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (403,93 - 356,81) \cdot 300 = 14136 \text{ руб} \quad (3.7)$$

3.8 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 300 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 281,74 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.

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

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

2 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{cp.un} = \frac{Z_{yn} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{84,34 \cdot 300}{3 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,01925} = 18255 \text{ руб} \quad (3.8)$$

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

N – годовая программа выпуска, шт;

n – число рабочих в смене, чел;

m – число смен;

12 – месяцев в году;

T_N – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{cp.ЧПУ} = \frac{Z_{ЧПУ} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{30,11 \cdot 300}{0,5 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,02192} = 34341 \text{ руб} \quad (3.9)$$

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной работе был спроектирован технологический процесс изготовления корпуса направляющей весом 3,8 кг.

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

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

Для обработки посадочного отверстия с горизонтальной осью на горизонтально-расточном станке 2Л614, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с винтовым зажимом.

Для контроля параллельности осей посадочных отверстий относительно установочной плоскости Г нами было спроектировано специальное контрольное приспособление с индикаторной головкой.

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 2013. – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
- 6 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
- 8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 2005. – 156 с.
- 9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 2003. – 1026 с.
- 10 Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
- 11 Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 2010. – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 2011. – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 2010. – 186 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2009-2016. Режим доступа: [http:// www.abamet.ru](http://www.abamet.ru) Горизонтальные обрабатывающие центры с ЧПУ.

Приложения