

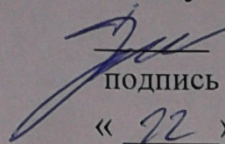
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия

« 22 » 06 2016 г.

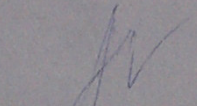
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса
насоса КП.0210.22.003-2

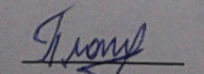
тема

Руководитель


подпись, дата

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

Выпускник

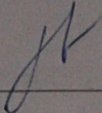
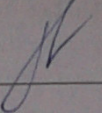
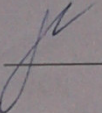

подпись, дата

Д.В.Платонов
инициалы, фамилия

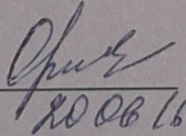
Абакан, 2016

Продолжение титульного листа БР по теме: разработка
технологического процесса механической обработки корпуса насоса
КП.0210.22.003-2

Консультанты по
разделам:

<u>Технологическая часть</u>		<u>В.В.Платонов</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
<u>Конструкторская часть</u>		<u>В.В.Платонов</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
<u>Организационно-экономическая часть</u>		<u>В.В.Платонов</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер


20.06.16

подпись, дата

С.П.Орешкова

инициалы, фамилия

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

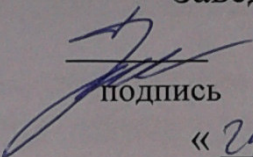
Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.Н.Борисенко


подпись

инициалы, фамилия

« 21 » 02 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Платонову

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 насоса

КП.0210.22.003-2

Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016

Руководитель ВКР В.В.Платонов, к.т.н., доц. кафедры АТиМ,
ХТИ - филиал СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

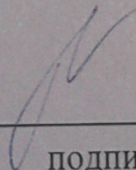
Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали с заводским номером ;

2. годовая программа N = 100 шт

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

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 листа ф. А1; 2.
Базовый технологический процесс - 2 листа ф. А1; 3. Технологический
процесс на станке с ЧПУ - 2 листа ф. А1; 4. Приспособление контрольное
- 1 лист ф. А1; 5. Техничко-экономические показатели - 1 лист ф. А1; 6.
Приспособление расточное - 1 лист ф. А1

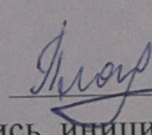
Руководитель ВКР


подпись

В.В.Платонов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению


подпись, инициалы и фамилия студента

Д.В.Платонов

« 29 » 02 2016 г.

РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс механической обработки корпуса насоса с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

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

В конструкторской части было спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на операции окончательного фрезерования посадочной сдвоенной полости на универсальном вертикально-фрезерном станке. Сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля перпендикулярности осей посадочной сдвоенной полости относительно стыковочного торца 3.

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

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

PAPER

In this work technological process of machining of the case of the mechanism of cutting of the valochno-packaging ML-78 car with use of machines with ChPU in the conditions of a mass production 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 operation of drilling of fixing openings on the universal radial-drilling machine was designed. The special control adaptation for control of coaxiality of landing openings of $\varnothing 180$ and $\varnothing 110$ is designed.

In economic part calculation of expediency of introduction of machines with ChPU in production was made. Calculation of cost of OPF, calculation of a salary of workers and calculation of cost of production of the plug for the designed and basic options is carried out.

In graphic part works were performed the drawing of the plug combined with preparation, cards of technological process of processing of the plug on the designed and basic options, drawings of tightening and control adaptations. Options of planning of a site are illustrated and the main technical and economic indicators are taken out.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Анализ служебного назначения	8
1.2 Анализ технологичности	8
1.3 Анализ технических требований	10
1.4 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки корпуса.....	10
1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ	14
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки	16
1.7 Расчет и назначение припусков.....	17
1.8 Расчет режимов резания	22
1.9 Расчет норм времени	27
1.10 Выбор оборудования	31
2 Конструкторская часть	35
2.1 Проектирование фрезерного приспособления	35
2.1.1 Техническое задание на проектирование фрезерного приспособления	35
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления	35
2.1.3 Расчет силы привода	37
2.1.4 Расчет силового привода	38
2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность.....	39
2.2 Проектирование контрольного приспособления	40
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления	40
2.2.2 Описание конструкции приспособления	41
для контроля перпендикулярности.....	41
2.2.3 Расчет приспособления на точность	41
3 Экономическая часть	43
3.1 Выбор технологического оборудования	43
3.2 Определение занимаемой площади	44
3.3 Организация транспортной системы	44
3.4 Организация технического контроля	45
3.5 Организация системы инструментообеспечения	45
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	45
3.7 Расчет себестоимости детали	46
3.8 Техничко-экономические показатели.....	50
Заключение	51
Список использованных источников	53
Приложения	54

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

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

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

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

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

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

Материалом корпуса является чугун СЧ18 ГОСТ 1412-95. Это ферритный серый чугун, содержащий в своей структуре графит пластинчатой формы (таблицы 1.1, 1.2).

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

Таблица 1.1 – Химический состав серого чугуна СЧ 18, %

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

Механические свойства серого чугуна СЧ 18

- 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/мм².

Таблица 1.2 – Физические свойства серого чугуна СЧ18

Плотность ρ , кг/м ³	Литейная усадка а, %	Модуль упругости при растяжении E·10 ⁻² , Мпа	Удельная теплоем-кость при t от 20 до 200°С, Дж	Коэффициент литейного расширения α , 1/°С	Теплопрово дность при 20°С λ , Вт
$0,72 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^{-6}$	59

1.2 Анализ технологичности

Конструкция детали достаточно сложная с наличием криволинейных поверхностей. Формовка производится с применением стержня для получения ступенчатого посадочного отверстия $\varnothing 20/\varnothing 40$.

С точки зрения обработки деталь имеет следующие недостатки:

1 деталь имеет внутреннюю канавку и проточку, к которым нет свободного доступа инструмента и, для их выполнения требуются инструменты со специальным профилем;

2 конструкция детали не допускает обработку двух торцов на проход;

3 обработка полостей $\varnothing 52$ требует сложного движения инструмента – врезание, продольное резание, вывод;

4 деталь имеет несквозные гладкие и резьбовые отверстия, что ухудшает отвод тепла и стружки из зоны резания.

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

1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{5,2}{6,14} = 0,85 > 0,75 \quad (1.1)$$

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

2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{36}{52} = 0,69 > 0,5 \quad (1.2)$$

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

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_u = \frac{K_{си}}{K_{об}} = \frac{10}{15} = 0,67 > 0,5 \quad (1.3)$$

где $k_{си}$ – количество стандартного инструмента,
 $k_{об}$ – общее количество инструмента.

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{он}}{N_{об}} = \frac{44}{52} = 0,85 > 0,5 \quad (1.4)$$

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

$N_{об}$ – общее количество поверхностей.

1.3 Анализ технических требований

Деталь представляет собой отливку из серого чугуна СЧ18 ГОСТ 1412-85.

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

- допуск цилиндричности посадочных отверстий не более 0,015 мм;
- допуск соосности посадочных отверстий не более 0,03 мм;
- допуск перпендикулярности осей посадочных отверстий относительно стыковочного торца З не более 0,015 мм;
- зависимый позиционный допуск крепежных отверстий не более 0,6 мм.

Данные требования выдержим обработкой зависимых поверхностей с одной установки или с обработкой при базировании по назначенной конструктором базе.

Позиционный допуск резьбовых отверстий выдерживается за счет обработки по кондуктору.

Для выдерживания точности размеров и шероховатости поверхностей назначим следующие виды обработки: для поверхностей до Rz40 достаточно однократной черновой обработки; для поверхностей с $Ra = 2,5$ мкм и точностью по 7му качеству предусмотрим черновую, чистовую и тонкую обработку.

В технических требованиях также оговорена маркировка детали.

1.4 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки корпуса

Составление технологического процесса механической обработки включает в себя:

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

Корпус представляет собой деталь сложной конфигурации с криволинейными поверхностями.

Для образования внутренних цилиндрических поверхностей применяется растачивание – движение подачи осуществляется параллельно оси отверстия (продольная подача). Растачивание выполняется расточными резцами. При черновом растачивании снимается значительный слой металла,

поэтому резцы должны быть более жесткими и устанавливаться на 0,3-1,2 мм выше оси центров. Чистовое растачивание заключается в снятии с поверхности изделия небольшого припуска для получения ровной, гладкой поверхности. При этом резец с острой режущей кромкой устанавливается на 0,3-1,2 мм ниже оси центров.

Торцевые поверхности обрабатывают подрезными резцами с движением подачи перпендикулярно оси вращения детали (поперечная подача) от наружной поверхности к центру.

Канавки протачивают на предварительно обточенной поверхности резцами, режущая кромка которых имеет размеры и профиль поперечного сечения канавки. Подача резца поперечная.

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.

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

Наиболее удобными поверхностями под базы, с точки зрения соблюдения данных принципов, представляются посадочное отверстие $\varnothing 40$ и его торец, так как от них назначены основные размеры и технические требования. Для подготовки этой чистовой базы необходимо предварительно обработать черновую базу – торец 3 и сдвоенную полость $\varnothing 52$.

Так как деталь имеет малые габариты и массу и, как следствие, достаточно малые мощности обработки, для токарных операций вполне подойдет токарно-винторезный станок модели 16К20, для фрезерной – вертикально-фрезерный 6Р13, а для сверления при диаметре до 20 мм – радиально-сверлильный 2К52.

Почти весь инструмент стандартный за исключением канавочных резцов, имеющих определенный профиль. Для растачивания примем токарный расточной резец с углом в плане $\varphi = 60^\circ$ с пластиной из твердого сплава по ГОСТ 18882-93. Для обработки торцев – подрезной отогнутый резец с пластиной из твердого сплава по ГОСТ 18880-93. Для обработки наружной цилиндрической поверхности – проходной резец с пластиной из твердого сплава по ГОСТ 18878-93. Для фрезерования торца 3 – фреза торцевая ГОСТ 9473-80 $\varnothing 160$ с пластинами из твердого сплава. Для фрезерования полости $\varnothing 52$ – набор фрез концевых оснащенных пластинами из твердого сплава ТУ 2-035-591-98 $\varnothing 51,4, 51,8, 52$. Для обработки отверстий примем сверло спиральное по ГОСТ 4010-97 и метчик по ГОСТ 3266-81. Для обработки опорных поверхностей под крепежные детали – цековка цилиндрическая цельная из быстрорежущей стали. Для чистовой

обработки отверстия $\varnothing 20H7$ – зенкер по ГОСТ 12489-91 и развертка по ГОСТ 1672-80.

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

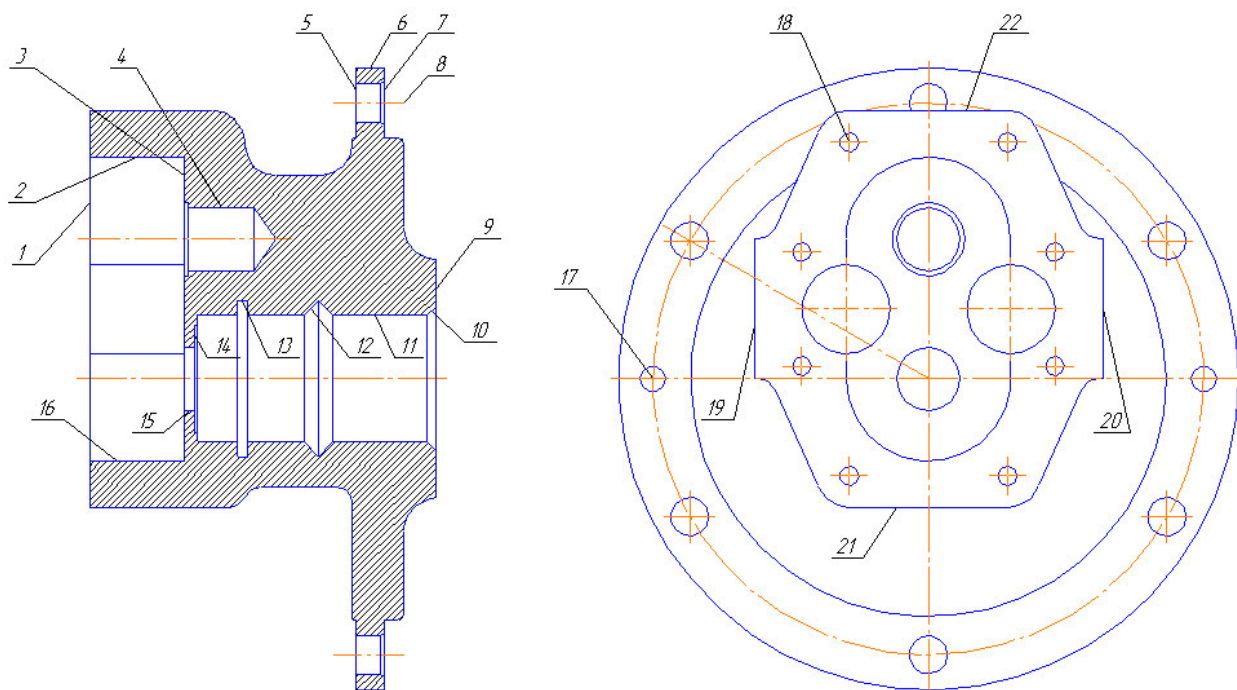


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

010 Фрезерная

А Установить заготовку по отверстию 11 и торцу 9.

- 1 Фрезеровать торец 1 окончательно.
- 2 Фрезеровать поверхности 2, 16, 3 предварительно.
- 3 Фрезеровать поверхность 19 окончательно.
- 4 Фрезеровать поверхность 20 окончательно.

Станок вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13, приспособление – специальное; режущий инструмент – фрезы торцевая $\varnothing 125$ и концевая $\varnothing 51,4$.

020 Токарная

А Установить заготовку по поверхностям 19, 20, 21, 22 с упором в торец 1.

- 1 Точить поверхность 6 окончательно.
- 2 Подрезать торец 9 окончательно.
- 3 Подрезать торец 5 окончательно.
- 4 Подрезать торец 7 предварительно.
- 5 Подрезать торец 7 предварительно.

- 6 Подрезать торец 7 окончательно.
- 7 Точить фаску.
- 8 Расточить отверстие 11 предварительно.
- 9 Расточить отверстие 11 предварительно.
- 10 Расточить отверстие 11 окончательно.
- 11 Расточить отверстие 15 окончательно.
- 12 Расточить фаску 10 окончательно.
- 13 Расточить канавку 13 окончательно.
- 14 Расточить проточку 12 окончательно.
- 15 Точить поверхность 14 окончательно.

Станок токарно-винторезный 16К20, приспособление – патрон четырехкулачковый несамоцентрирующийся; режущий инструмент – резец проходной, расточной, подрезной и канавочный.

030 Сверлильная

А Установить заготовку по поверхностям 2, 16 и торцу 1.

- 1 Сверлить 6 отверстий 8 по кондуктору окончательно.
- 2 Зенковать 6 отверстий 8 окончательно.
- 3 Сверлить 2 отверстия 17 окончательно.
- 4 Сверлить 3 отверстия под резьбу предварительно.
- 5 Нарезать в 3х отверстиях резьбу М6 окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное, плита кондукторная; режущий инструмент – сверло спиральное, зенковка, метчик.

040 Фрезерная

А Установить заготовку по отверстию 11, торцу 9 и одному отверстию 8.

- 1 Фрезеровать поверхности 2, 16, 3 предварительно.
- 2 Фрезеровать поверхности 2, 16, 3 окончательно.

Станок вертикально-фрезерный с ЧПУ 6Р13, приспособление – специальное; режущий инструмент – фреза концевая $\varnothing 51,8$.

050 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 11, торцу 9 и одному отверстию 8.

- 1 Сверлить отверстие 4 предварительно.
- 2 Зенкеровать отверстие 4 предварительно.
- 3 Развернуть отверстие 4 окончательно.
- 4 Цековать отверстие 4 окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – специальное; режущий инструмент – сверло, зенкер, развертка, цековка насадная.

060 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 11, торцу 9 и одному отверстию 8.

1 Сверлить 8 отверстий 18 под резьбу предварительно.

2 Цековать 8 отверстий 18 окончательно.

3 Нарезать в 8ми отверстиях 18 резьбу М8 окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – зажимное специальное, плита кондукторная; режущий инструмент – сверло спиральное, цековка насадная, метчик.

1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ

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

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

Основные преимущества станков с ЧПУ:

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

Составим маршрут обработки корпуса с применением станков с ЧПУ.

010 Токарно-фрезерная

А Установить заготовку в шпиндель по поверхностям 19, 20, 21, 22 с упором в торец 1.

- 1 Точить поверхность 6 окончательно.
- 2 Подрезать торец 9 окончательно.
- 3 Подрезать торец 5 окончательно.
- 4 Подрезать торец 7 предварительно.
- 5 Подрезать торец 7 предварительно.
- 6 Подрезать торец 7 окончательно.
- 7 Точить фаску.
- 8 Расточить отверстие 11 предварительно.
- 9 Расточить отверстие 11 предварительно.
- 10 Расточить отверстие 11 окончательно.
- 11 Расточить отверстие 15 окончательно.
- 12 Расточить фаску 10 окончательно.
- 13 Расточить канавку 13 окончательно.
- 14 Расточить проточку 12 окончательно.
- 15 Точить поверхность 14 окончательно.
- 16 Сверлить 6 отверстий 8 по кондуктору окончательно.
- 17 Зенковать 6 отверстий 8 окончательно.
- 18 Сверлить 2 отверстия 17 окончательно.
- 19 Сверлить 3 отверстия под резьбу предварительно.
- 20 Нарезать в 3х отверстиях резьбу М6 окончательно.

Б Переустановка заготовки в противошпиндель по отверстию 11 и торцу 9.

- 21 Фрезеровать торец 1 окончательно.
- 22 Фрезеровать поверхности 2, 16, 3 предварительно.
- 23 Фрезеровать поверхности 2, 16, 3 предварительно.
- 24 Фрезеровать поверхности 2, 16, 3 окончательно.
- 25 Фрезеровать поверхность 19 окончательно.
- 26 Фрезеровать поверхность 20 окончательно.
- 27 Сверлить отверстие 4 предварительно.
- 28 Зенкеровать отверстие 4 предварительно.
- 29 Развернуть отверстие 4 окончательно.
- 30 Цековать отверстие 4 окончательно.
- 31 Сверлить 8 отверстий 18 под резьбу предварительно.
- 32 Цековать 8 отверстий 18 окончательно.
- 33 Нарезать в 8ми отверстиях 18 резьбу М8 окончательно.

Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противошпинделем HYPERTURN 45; инструмент – резец проходной, расточной, подрезной и канавочный; сверло спиральное, зенковка, метчик, фрезы торцевая $\varnothing 63$ и концевая $\varnothing 32$, зенкер, развертка, цековка насадная; приспособление зажимное – шпиндель – патрон четырехкулачковый несамоцентрирующийся гидравлический, противошпиндель – оправка разжимная гидравлическая.

1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки

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

Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения.

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

Отливки из 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 этими способами, можно с достаточной точностью определить по формуле [6]

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

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 6,14 кг из серого чугуна, 3ей 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	67800	1,05	1,25	0,91	1	1,44	6,03	5,2	5000
Земл.формы	66000	1	1,2	0,91	1	1,44	6,14	5,2	5000

Подставим исходные данные в формулу и получим

$$S_{заг1} = 699 \text{ руб}$$

$$S_{заг2} = 632,53 \text{ руб}$$

Как видим из расчетов, для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы. Формовочная смесь при этом состоит из кварцевого песка, глины и специальных добавок. Литейная форма изготавливается путем уплотнения формовочной смеси по модели при помощи формовочной машины. Металл из печи выпускают в ковши, а затем

разливают по формам до тех пор, пока металл не заполнит выпоры и прибыли. После полного затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из форм и из них выбивают стержни. Затем отливки необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей и удалить с поверхности отливки пригоревшую формовочную смесь.

Экономия при этом составит на одну деталь 66,47 руб, на годовой выпуск – 6647 руб.

1.7 Расчет и назначение припусков

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

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

Рассчитаем припуски на наиболее ответственные поверхности.

1 Обработка посадочного отверстия $\varnothing 40H7$.

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]

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

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).

Черновую обработку производим при установке в четырехкулачковый патрон по обработанным плоскостям. В этом случае величина суммарного отклонения расположения поверхности равна величине коробления детали и величине смещения обрабатываемой поверхности.

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

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

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

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Диаметр отверстия $d=40$ мм, длина $l = 68$ мм. Отсюда $\rho_{кор}=79$ мкм.

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

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

Допуски на размеры по второму классу точности отливки для размеров 55 мм и 60 мм составляют по 1600 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1600}{2}\right)^2 + \left(\frac{1600}{2}\right)^2} = 1132 \text{ мкм}$$

$$\rho = \sqrt{79^2 + 1132^2} = 1134 \text{ мкм.}$$

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

Погрешность установки в четырехкулачковом патроне по чистой базе $\varepsilon_{y1} = 160$ мкм [6].

Чистовой и тонкий переходы выполняются без переустановки, поэтому погрешность установки 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 Торец корпуса 3.

Достигаемая шероховатость Rz40, конструкторский размер 98_{-0,54}.
Обработка ведется один переход – черновой.

Припуски на обработку поверхности можно рассчитать по формуле [6]

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (1.10)$$

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

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при базировании по противоположной

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = \Delta_k \cdot L \quad (1.11)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_k = 1$ мкм. Длина плоскости $l = 125$ мм. Отсюда $\rho_{\text{кор}} = 125$ мкм.

Погрешность установки на черновом переходе в осевом направлении при установке по внутренней черной поверхности $\varepsilon_y = 600$ мкм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.5.

На остальные поверхности припуски назначим [3] (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный размер с полем допуска
номер	Размер по чертежу, мм		Расчетный	Принятый	
1, 9 – торцы	98 _{-0,54}	1 черновое фрезерование	1,3·2	2·2	102±1,1
2, 16 – отверстия	∅52 ^{+0,03}	1 черновое фрезерование 2 чистовое фрезерование 3 тонкое фрезерование		2,2·2 0,2·2 0,1·2	∅47±0,8 ∅51,4 _{-0,3} ∅51,8 _{-0,074}
4 – отверстие	∅20 ^{+0,021}	1 сверление 2 зенкерование 3 развертывание		9,7·2 0,2·2 0,1·2	--- ∅19,4 _{-0,21} ∅19,8 _{-0,052}
5, 7 – торцы	9±0,5	1 черновое точение 2 чистовое точение 3 тонкое точение		2,2 (2,5) 0,2 0,1	12,5±0,5 9,3±0,3 9,1±0,25
6 – поверхность	196 _{-1,15}	1 черновое точение		2	200±1,5
11 – отверстие	∅40 ^{+0,025}	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание 3 тонкое растачивание	1,85·2 0,12·2 0,096·2	2,2·2 0,2·2 0,1·2	∅35±0,8 ∅39,4 _{-0,25} ∅39,8 _{-0,062}
15 – отверстие	∅20 ^{+0,52}	1 черновое растачивание		2·2	∅16±0,5
19, 20 – плоскости	115±0,435	1 черновое фрезерование		2·2	119±1,1

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 – посадочное отверстие $\varnothing 40$ мм и торец 3.

1 Отверстие $\varnothing 40$ мм.

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

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 2,2$ 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] $S = 0,4$ мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \cdot 0,9 \quad (1.12)$$

где значения коэффициента C_V и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_V = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$;

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, равен

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} \quad (1.13)$$

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

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

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

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

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

0,9 – поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2,2^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 98 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 98}{3,14 \cdot 40} = 780 \text{ об/мин} \quad (1.14)$$

Примем 630 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 630}{1000} = 80 \text{ м/мин} \quad (1.15)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.16)$$

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.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.17)$$

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

$K_{\varphi p}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\varphi = 60^\circ$, $K_{\varphi p} = 0,94$;

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

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

K_{rp} – учитывает влияние радиуса при вершине, при $r=0,2$ мм, $K_{rp} = 0,85$.

После подстановки получаем $K_p = 0,88$.

Сила резания

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 0,88 = 1018 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1018 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1,4 \text{ кВт} \quad (1.18)$$

Мощность принятого нами универсального станка 10 кВт, токарного с ЧПУ – 15 кВт.

Чистовое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 0,2$ 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 $r = 0,2$ мм, $S = 0,2$ мм/об.

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.12)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,9 = 166 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.14)

$$n = \frac{1000 \cdot 166}{3,14 \cdot 40} = 1324 \text{ об/мин}$$

Примем 1250 об/мин.

Уточним скорость резания (1.15)

$$V = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1250}{1000} = 160 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.16)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 160^0 \cdot 0,88 = 50 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.18)

$$N_e = \frac{50 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,13 \text{ кВт}$$

Тонкое растачивание.

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

Подача при тонком растачивании по таблице 19 [14]

при $Ra = 2,5$ мкм, $S = 0,1$ мм/об.

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

Частота вращения (1.14)

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{3,14 \cdot 40} = 1600 \text{ об/мин}$$

Примем 1600 об/мин.

Уточним скорость резания (1.15)

$$V = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1600}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.16)

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 200^0 \cdot 0,88 = 15 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.18)

$$N_e = \frac{15 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

2 Фрезерование торца.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Фреза торцевая ГОСТ 9473-80 $\varnothing 160$, $Z = 16$.

Черновое фрезерование.

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

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

Скорость резания – окружная скорость фрезы определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v \quad (1.19)$$

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

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, $K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ}$,

где $K_{MV} = 1$; $K_{ПВ} = 0,8$; $K_{ИВ} = 1$; $K_v = 0,8$;

$C_v = 445$; $q = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$; период стойкости $T = 180$ мин; ширина фрезерования $B = 115$ мм.

$$V = \frac{445 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 115^{0,2} \cdot 16^0} \cdot 0,8 = 107 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.16)

$$n = \frac{1000 \cdot 107}{3,14 \cdot 160} = 213 \text{ об/мин}$$

Принимаем – 200 об/мин.

Уточним скорость резания (1.17)

$$V = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 200}{1000} = 100 \text{ м/мин}$$

Сила резания – окружная сила

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP} \quad (1.20)$$

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

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 115^1 \cdot 16}{160^1 \cdot 200^0} 1 = 3090H$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3090 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 2,5кН \cdot м \quad (1.21)$$

Мощность резания (1.20)

$$N_e = \frac{3090 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 5,4кВт$$

Мощность принятого нами универсального станка 7,5 кВт, станка с ЧПУ – 15 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
Подрезка торца черновая	2,2	0,5	100	450	1182	2
Подрезка торца чистовая	0,2	0,25	160	800	76	0,2
Подрезка торца тонкая	0,1	0,1	200	1000	12	0,04
Точение черновое	2	0,5	160	250	914	2,4
Растачивание черновое	2,2	0,4	80	630	1018	1,4
Растачивание чистовое	0,2	0,2	160	1250	50	0,13
Растачивание тонкое	0,1	0,1	200	1600	15	0,05
Фрезерование торцевое	2	3,2	100	200	3090	5,4
Фрезерование концевое черновое	2,2	1,2	50	315	2115	1,7
Фрезерование концевое чистовое	0,2	0,6	80	500	294	0,25
Фрезерование концевое тонкое	0,1	0,3	125	800	26	0,06
Сверление Ø19,4	9,7	0,42	20	250	3218	1,3
Зенкерование Ø19,8	0,2	0,5	25	315	524	0,26
Развертывание Ø20	0,1	0,8	31,5	400	237	0,13
Сверление Ø12	6	0,38	16	400	2807	1,2
Сверление Ø5	2,5	0,18	10	500	2413	1,6
Нарезание М6	0,5	0,5	3,15	200	264	0,05
Сверление Ø7	3,5	0,24	12,5	400	2672	1,3

Нарезание М8	0,5	1	4	160	241	0,04
--------------	-----	---	---	-----	-----	------

1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.22)$$

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

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.23)$$

$t_{тех}$, $t_{орг}$ 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.

Данная операция содержит 4 технологических перехода
1 фрезерование торца черновое.

Обработка ведется «на проход» торцевой фрезой.

Основное время обработки рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L}{S_Z * n * Z} \quad (1.24)$$

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

S_Z - подача на зуб фрезы;

n - частота вращения шпинделя;

Z - число зубьев фрезы.

Фактическая длина обработки равна длине поверхности $L_o = 125$ мм.

Длина резания равна длине перебега по пол диаметра фрезы + 5 мм.
 $L = 125 + 85 + 85 = 295$ мм.

$S = 0,2$ мм/об; $n = 200$ об/мин; $Z = 16$ (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{295}{0,2 \cdot 200 \cdot 16} = 0,46 \text{ мин}$$

2 фрезерование полости черновое.

Обработка ведется «в упор» концевой фрезой.

Длина обработки $L = \varnothing 50 + 44 = 94$ мм.

$S = 0,2$ мм/об; $n = 315$ об/мин; $Z = 6$

$$t_o = \frac{94}{0,2 \cdot 315 \cdot 6} = 0,25 \text{ мин}$$

3 фрезерование боковой поверхности черновое.

Обработка ведется «на проход» концевой фрезой.

Длина обработки $L = 44 + 55 + 55 = 154$ мм.

$S = 0,2$ мм/об; $n = 315$ об/мин; $Z = 6$

$$t_o = \frac{154}{0,2 \cdot 315 \cdot 6} = 0,41 \text{ мин}$$

4 фрезерование боковой поверхности черновое.

Обработка ведется «на проход» концевой фрезой.

Длина обработки $L = 44 + 55 + 55 = 154$ мм.

$S = 0,2$ мм/об; $n = 315$ об/мин; $Z = 6$

$$t_o = \frac{154}{0,2 \cdot 315 \cdot 6} = 0,41 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,46 + 0,25 + 0,41 + 0,41 = 1,53 \text{ мин.}$$

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

По справочнику [13]

1 время на установку и снятие детали со станка 0,43 мин;

2 время на смену инструмента 0,37 мин;

3 время на подвод-отвод инструмента 0,76 мин;

4 время на управление станком 1,08 мин.

Вспомогательное время на операции

$$t_b = 0,43 + 0,37 + 0,76 + 1,08 = 2,64 \text{ мин.}$$

Оперативное время
 $T_{оп} = 1,53 + 2,64 = 4,17$ мин.

Укрупненно для фрезерных станков [13]

$$\begin{aligned} t_{тех} &= 2\% T_{оп} = 0,02 \cdot 4,17 = 0,08 \text{ мин} \\ t_{орг} &= 1\% T_{оп} = 0,01 \cdot 4,17 = 0,04 \text{ мин} \\ t_{отд} &= 4\% T_{оп} = 0,06 \cdot 4,17 = 0,17 \text{ мин} \end{aligned} \quad (1.25)$$

Штучное время на операции

$$T_{шт} = 4,17 + 0,08 + 0,04 + 0,17 = 4,46 \text{ мин.}$$

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт} \quad (1.26)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на фрезерных станках $T_{п.з.} = 18$ мин, n – количество деталей в настроенной партии – 100 шт.

$$T_{ш-к} = \frac{18}{100} + 4,46 = 0,18 + 4,46 = 4,64 \text{ мин}$$

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

Таблица 1.8 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$\frac{T_{п.з.}}{n}$	$T_{ш-к}$
10 Фрезерная									
1 фрезерование торца	0,46								
2 фрезерование полости	0,25	2,64	4,17	0,08	0,04	0,17	4,46	0,18	4,64
3 фрезерование боковой пов	0,41								
4 фрезерование боковой пов	0,41								
20 Токарная									
1 точение наружное	0,16								
2 точение торца черновое	0,12								
3 точение торца черновое	0,12								
4 точение торца черновое	0,12								
5 точение торца чистовое	0,14	4,76	6,92	0,21	0,11	0,42	7,66	0,21	7,87
6 точение торца тонкое	0,27								
7 точение фаски	0,02								
8 растачивание черновое	0,27								
9 растачивание чистовое	0,27								
10 растачивание тонкое	0,42								

11 растачивание черновое	0,07								
12 растачивание фаски	0,02								
13 растачивание канавки	0,05								
14 растачивание проточки	0,05								
15 точение поверхности	0,06								

Окончание таблицы 1.8

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{п.з.}$ n	$T_{ш-к}$
30 Сверлильная									
1 сверление 6 отв.	0,84								
2 зенкование 6 отв.	0,12	4,62	7,19	0,22	0,11	0,43	7,95	0,17	8,12
3 сверление 2 отв.	0,32								
4 сверление 3 отв.	0,78								
5 нарезание М6	0,45								
40 Фрезерная									
1 фрезер. полости чистовое	0,32	2,19	2,91	0,06	0,03	0,12	3,12	0,18	3,3
2 фрезер. полости тонкое	0,4								
50 Сверлильная									
1 сверление	0,51								
2 зенкерование	0,33	2,54	3,63	0,11	0,06	0,34	4,14	0,17	4,31
3 развертывание	0,17								
4 цекование	0,08								
60 Сверлильная									
1 сверление 8 отв.	1,68	3,96	6,84	0,21	0,11	0,42	7,58	0,17	7,75
2 цекование 8 отв.	0,16								
3 нарезание М8	1,04								

Таблица 1.9 – Нормы времени на станке с ЧПУ

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт/к}$
10 Токарно-фрезерная								
Установка в шпиндель								
1 точение наружное	0,16							
2 точение торца черновое	0,12							
3 точение торца черновое	0,12							
4 точение торца черновое	0,12							
5 точение торца чистовое	0,14							
6 точение торца тонкое	0,27							
7 точение фаски	0,02	2,13	13,83	0,42	0,23	0,85	15,33	15,95
8 растачивание черновое	0,27							
9 растачивание чистовое	0,27							
10 растачивание тонкое	0,42							
11 растачивание черновое	0,07							
12 растачивание фаски	0,02							
13 растачивание канавки	0,05							
14 растачивание проточки	0,05							
15 точение поверхности	0,06							

16 сверление 6 отв.	0,84							
17 зенкование 6 отв.	0,12							
18 сверление 2 отв.	0,32							
19 сверление 3 отв.	0,78							
20 нарезание М6	0,45							

Окончание таблицы 1.9

Операция	t_o	t_b	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт/к}$
Переустановка в противошпindelь								
21 фрезерование торца	0,92							
22 фрезерование полости	0,32							
23 фрезерование полости	0,51							
24 фрезерование полости	0,63							
25 фрезерование боковой пов	0,34							
26 фрезерование боковой пов	0,34							
27 сверление	0,51							
28 зенкерование	0,33							
29 развертывание	0,17							
30 цекование	0,08							
31 сверление 8 отв.	1,68							
32 цекование 8 отв.	0,16							
33 нарезание М8	1,04							

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав полученные данные, примем для обработки нашей детали следующее оборудование

для операций 10 и 40 – один станок 6P13 с $T_{шт-к} = 7,94$ мин;

для операции 20 – один станок 16K20 с $T_{шт-к} = 7,87$ мин;

для операций 30, 50 и 60 – один станок 2M55 с $T_{шт-к} = 20,18$ мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{20,18 \cdot 100}{4029 \cdot 60} = 0,00835 \text{ года} \quad (1.26)$$

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

N – годовая программа выпуска деталей, 100 шт,

F_d – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 4029 ч.

При обработке на станках с ЧПУ

$$T_N = \frac{T_{um.max} \cdot N}{F_\partial \cdot 60} = \frac{15,95 \cdot 100}{4029 \cdot 60} = 0,006620 \text{ da}$$

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

Таблица 1.10 – Характеристики оборудования с ЧПУ

Характеристики	Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противопинделем HYPERTURN 45
Параметры рабочей зоны, мм	max Ø обработки – 300 max длина обработки – 510
Шпиндель	посадка A2-8
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	7000
Мощность шпинделя, кВт	15
Кол-во инструментов	2x12
Время смены инструмента, сек	0,5
Система ЧПУ	Fanuc 21i-T



Рисунок 1.2 – Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противопинделем HYPERTURN 45

Многоцелевые обрабатывающие центры HYPERTURN (рисунок 1.2) нового поколения предназначены для комплексной обработки сложных деталей с максимальной производительностью.

Центры HYPERTURN выпускаются различной компоновки – с двумя, тремя револьверными головками и с поворотным фрезерным шпинделем мощностью до 30 кВт, частотой вращения до 12000 об/мин и углом поворота до 220°.

Принятый нами центр HYPERTURN 45 оснащен двумя револьверными головками (рисунок 1.3).

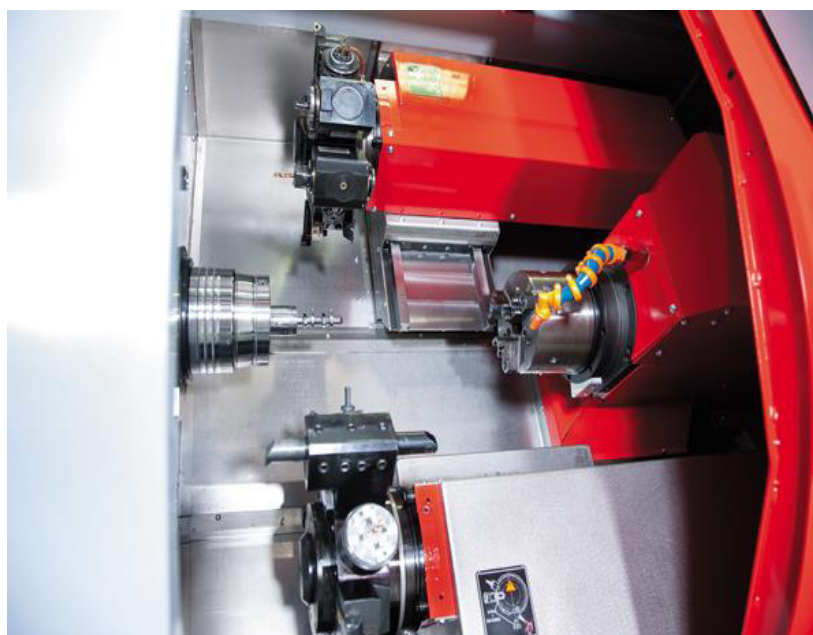


Рисунок 1.3 – Взаимное расположение шпинделей и головок.

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование фрезерного приспособления

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

2.1.1 Техническое задание на проектирование фрезерного приспособления

Основные поверхности корпуса обрабатываются на токарном станке с применением стандартной оснастки. А обработка сдвоенной внутренней полости производится на фрезерном станке и требует применения специального приспособления.

При окончательном фрезеровании сдвоенной полости $\varnothing 52H7$ базирование производится по торцу и посадочному отверстию $\varnothing 40H7$. Спроектируем специальное зажимное приспособление для установки заготовки на вертикально-фрезерном станке 6P12. Базовые поверхности чистые.

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается плоскостью торца на опорные пластины 6 приспособления, лишаящие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей базы служит оправка по посадочному отверстию $\varnothing 40H7$. Упорной базой является срезанный палец 7 по одному из крепежных отверстий. Силовое замыкание производится двумя прихватами 3 с эксцентриковым зажимом.

Зажимное приспособление должно предотвратить сдвиг заготовки по приспособлению под действием силы резания. Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую этот сдвиг, наличием оправки пренебрежем.

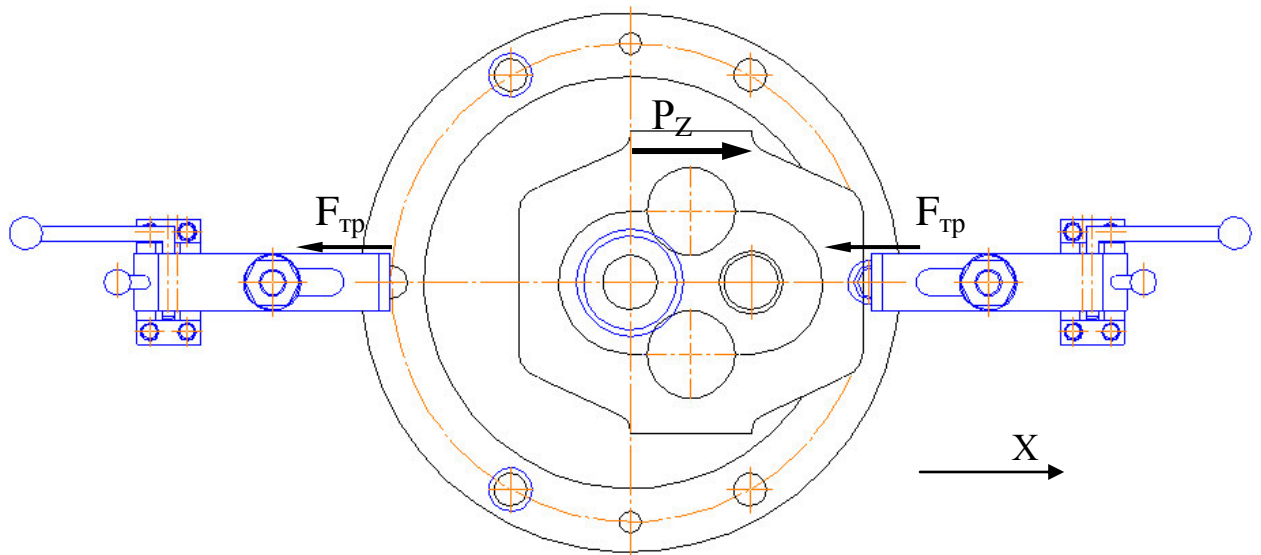


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

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

$$\sum F_X = 0 \quad P_Z - 2 \cdot F_{тр} = 0 \quad (2.1)$$

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания, при чистовом фрезеровании из расчета режимов резания (пункт 1.8) $P_Z = 294$ Н;

$F_{тр}$ - сила трения прихвата о заготовку

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

где Q – сила действия прихвата на заготовку;

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

$$294 = 2 \cdot Q \cdot 0,16,$$

$$Q = 920 \text{ Н.}$$

2.1.3 Расчет силы привода

Определим силу привода, как функцию от силы закрепления

$$P_{\text{пр}} = f(Q).$$

Прихват представляет собой двух плечевой рычаг, на одном конце, которого приложена сила привода (эксцентрика), а на другом - развивается необходимая сила закрепления.

На прихват кроме силы привода действуют сила трения о заготовку, сила трения о привод 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).

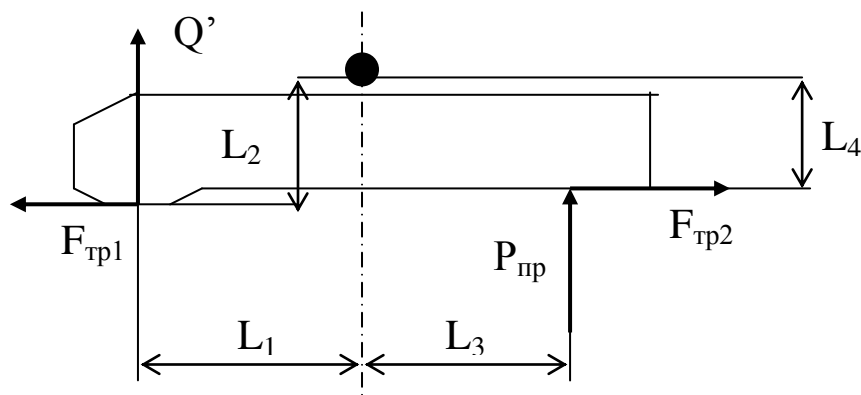


Рисунок 2.2 – Схема действия сил на прихват

$$(2.3) \quad Q' \cdot L_1 + F_{\text{тр}1} \cdot L_2 - P_{\text{пр}} \cdot L_3 - F_{\text{тр}2} \cdot L_4 = 0$$

где L_1, L_2, L_3, L_4 - плечи соответствующих сил;
 $F_{\text{тр}1} = Q' \cdot f_{\text{тр}}$ - сила трения прихвата о заготовку;
 $F_{\text{тр}2} = P_{\text{пр}} \cdot f_{\text{тр}}$ - сила трения прихвата о привод.
 Произведем следующие преобразования

$$(2.4) \quad Q' \cdot (L_1 + k_{\text{тр}} \cdot L_2) = P_{\text{пр}} \cdot (L_3 + k_{\text{тр}} \cdot L_4)$$

Отсюда можно выразить и определить силу привода

$$(2.5) \quad P_{\text{пр}} = Q' \cdot \frac{L_1 + f \cdot L_2}{L_3 + f \cdot L_4}$$

где $L_1 = 35$ мм; $L_2 = 10$ мм; $L_3 = 35$ мм; $L_4 = 15$ мм; $f = 0,16$.

Подставив данные в формулу, получим: $P_{пр} = 900 \text{ Н}$.

2.1.4 Расчет силового привода

В качестве привода приняли эксцентриковый зажим.

Эксцентриковые зажимы рекомендуется изготавливать из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8-1,2 мм и последующей закалкой до твердости HRC 55-60.

Эксцентриситет определяется по формуле [3]

$$e = \frac{s_1 + \delta + \frac{P_{пр}}{J}}{1 - \cos \alpha} \quad (2.6)$$

где s_1 – зазор между прихватом и заготовкой (0,3 мм);

δ – допуск на размер за который осуществляется зажим (1 мм);

J – жесткость зажимного устройства, примем 2000 Н/мм;

α – угол поворота эксцентрика, примем 60° .

$$e = \frac{0,3 + 1 + \frac{900}{2000}}{1 - \cos 60} = 3,5 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Радиус цапфы эксцентрика определяется по формуле

$$r = \sqrt{\frac{P_{пр}}{4 \cdot \sigma_{см}}} = \sqrt{\frac{900}{4 \cdot 40}} = 2,4 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

$\sigma_{см} = 40 \text{ МПа}$, для стальной цапфы. Примем $r = 2,5 \text{ мм}$.

Длина цапфы равна ее диаметру $b = 2,5 \text{ мм}$.

Радиус круга трения

$$\rho = r \cdot f = 2,5 \cdot 0,1 = 0,25 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Для обеспечения самоторможения должно соблюдаться условие $\frac{e}{R} \leq 0,15$, тогда радиус наружной поверхности эксцентрика

$$R = 3,5 / 0,15 = 24 \text{ мм} \quad (2.10)$$

Приняв допустимое напряжение на смятие для эксцентрика $\sigma = 250 \text{ МПа}$ и модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, определим ширину рабочей части эксцентрика

$$B = 0,17 \frac{P_{np} \cdot E}{R \cdot \sigma^2} = 0,17 \frac{900 \cdot 2 \cdot 10^5}{40 \cdot 250^2} = 12 \text{ мм.} \quad (2.11)$$

Для упрощения изготовления эксцентрика примем длину цапфы равной его ширине $B = b = 12 \text{ мм}$.

Наибольший необходимый момент, обеспечивающий зажим заготовки, на рукоятке эксцентрика

$$N \cdot l = [1 + \sin(\alpha' + \varphi)] \cdot e \cdot P_{np} = [1 + \sin(120^\circ + 6^\circ)] \cdot 3,5 \cdot 900 = 5,7 \text{ кН} \cdot \text{мм} \quad (2.12)$$

$$\alpha' = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ \quad (2.13)$$

При длине рукоятки 60 мм, необходимая приложенная сила $N = 5700/60 = 95 \text{ Н}$.

Такую силу вполне может развить взрослый человек, то есть поворот эксцентрика будет осуществляться вручную.

2.1.5 Расчет зажимного приспособления на точность

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

$$E_{np} = [T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{п}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]^{0,5}] \quad (2.14)$$

где $T = 30 \text{ мкм}$ – допуск соосности;

$K_T = 1,2$ - 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;

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

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

Погрешность базирования в данном случае возникает из-за неплоскостности базовой поверхности. В нашем случае она чисто обработанная. Примем $\varepsilon_{б} = 10$ мкм.

Погрешность закрепления $\varepsilon_{з} = 0$, так как силы прижима действуют параллельно осям базового и обрабатываемого отверстий и на соосность не влияют.

В приспособлении осуществляется надежный контакт установочной плоскости приспособления с плоскостью стола станка, поэтому $\varepsilon_{у} = 0$.

Погрешность положения

$$\varepsilon_{и} = B_2 \cdot N \quad (2.15)$$

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 количество контактов равно 100 раз. $\varepsilon_{и} = 0,002 \cdot 100 = 0,2$ мкм.

В приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\varepsilon_{п} = 0$.

Экономическая точность $W = 20$ мкм.

$$E_{пр} = 30 - 1,2[(0,6 \cdot 10)^2 + 0,2^2 + (0,7 \cdot 20)^2]^{0,5} = 30 - 18 = 12 \text{ мкм.}$$

Точность обработки выдерживается.

2.2 Проектирование контрольного приспособления

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

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

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 насоса имеет точность стыковки деталей. Поэтому конструктором установлен допуск перпендикулярности стыковочного торца 3 относительно осей сдвоенной

полости $\varnothing 52H7$. В соответствии с вышеизложенным, в данной работе спроектируем специальное приспособление для контроля этого требования. Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности

В деталь устанавливаем вставку 4, профилем точно копирующую контролируемую сдвоенную полость корпуса. Отверстия вставки полностью сосны осям полостей корпуса.

Для осуществления контроля оси сдвоенной полости необходимо материализовать. Для этого во вставку по отверстиям устанавливаем оправку 1. Центрирование оправки во вставке осуществляется по завальцованным подпружиненным шарикам 5, расположенным двумя рядами по 3 в каждом.

Контроль производится индикаторной головкой часового типа 8, закрепленной на оправке 1 таким образом, чтобы ее наконечник соприкасался с контролируемым торцем 3.

После установки оправки, индикатор выводят на ноль и вращая оправку вокруг оси, тем самым передвигая ножку индикатора по контролируемому торцу, снимают показания. Переустановив оправку 1 во второе отверстие вставки 4, не изменяя настройку индикатора, производят контроль на другом конце торца.

Для удобства установки на оправке 1 предусмотрена ручка 2.

2.2.3 Расчет приспособления на точность

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

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

Допуск перпендикулярности составляет 15 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 5 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [7]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{инд}^2} \quad (2.16)$$

где $\Delta_{уст}$ – погрешность установки детали на приспособление, зависит от точности установочной поверхности, $\Delta_{уст} = 0$, подпружиненные шарики; Погрешность установки на завальцованные шарики равна 0.

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

Δ_t – погрешность, связанная с колебаниями температуры (0,002мм); $\Delta_{инд}$ – погрешность индикатора (0,0025 мм);

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,0025^2} = 0,004 = 4\text{мкм} < 5\text{мкм}$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточной точностью.

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 6P13	1	7,5	29	2,6x2,3	1796000	1796000
Токарно-винторезный 16K20	1	10	19	2,5x1,5	952000	952000
Радиально-сверлильный 2M55	1	5,5	26	2,7x1,5	964000	964000
ИТОГО	3	23	87	35		3712000

Для снижения затрат 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
Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ HYPERTURN 45	1	15	38	2,7x2,1	2478000	2478000
ИТОГО	1	15	38	15		2478000

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 станков с общей площадью $13,78 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{ун}} = 13,78 \cdot 2,5 = 35 \text{ м}^2$$

При обработке на станках с ЧПУ требуется 1 станок.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 5,67 \cdot 2,5 = 15 \text{ м}^2$$

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. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять рольганги. Они устанавливаются между соседними станками и просты в эксплуатации.

Заготовки на рольганг устанавливаются вручную.

Перемещением заготовок от станка к станку будут заниматься сами рабочие.

При применении станков с ЧПУ структура штучного времени позволяет использовать многостаночное обслуживание, поэтому на участке будет всего один рабочий, который вручную перенесет заготовку на станок.

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

3.4 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.

Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ HYPERTURN 45 оснащен уникальной контрольной системой, представляющей собой полнофункциональный пакет, использующий макрокоманды и программный редактор, осуществляющий активный контроль инструмента и детали, проводящий измерения при изготовлении первой детали партии, применяющий автоматическую компенсацию при изменении температуры и проверяющий износ инструмента и его поломку. Это гарантирует надежность выполнения производственных процессов в автоматическом режиме.

3.5 Организация системы инструментобеспечения

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

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

3.6 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 – 632,53 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.

Зарботная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

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

где $C^{тi}$ – 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 один рабочий обслуживает один станок, то есть в смене 4 рабочих третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21.

Общее время обработки на универсальном оборудовании 35,99 мин или 0,5999 ч; на станках с ЧПУ – 15,95 мин или 0,2659 ч.

$$Z_{ун} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,5999 = 98,17 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке работает только один рабочий третьего разряда. Который обслуживает станок для другой детали, поэтому, фактическое время, затрачиваемое на нашу деталь, будет 0,133 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчика, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{чпу} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,133 \cdot 1,15 = 31,29 \text{ руб/дет}$$

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

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

Стоимость транспорта рассчитывается как 3 % от стоимости технологического оборудования для универсальных станков и 1 % - для станков с ЧПУ. Стоимость инструмента рассчитывается как 1 % от стоимости технологического оборудования. Стоимость инвентаря рассчитывается как 0,5 % от суммарной стоимости технологического оборудования и здания [8].

Амортизацию ОПФ, приходящаяся на одну деталь

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

T_N – время обработки программы деталей (пункт 1.10), год,

N – годовая программа выпуска, 100 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	35м ²	75000	2625000	3	78750	6,58
2 Оборудование	3 шт		3712000	12	445440	37,19
3 Транспорт			111360	8	8909	0,74
4 Инструмент			37120	15	5568	0,47
5 Инвентарь			31685	15	4753	0,4
ИТОГО			6517165		543420	45,38

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	15м ²	75000	1125000	3	33750	2,23
2 Оборудование	1 шт		2478000	12	297360	19,63
3 Транспорт			24780	8	1983	0,13
4 Инструмент			24780	15	3717	0,25
5 Инвентарь			18015	15	2703	0,18
ИТОГО			3670575		339513	22,42

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

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

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности (универсальное оборудование – 0,85, станки с ЧПУ – 0,75);

k_B – средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени, (универсальное оборудование – 0,85, станки с ЧПУ – 0,95);

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

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

η – КПД электродвигателей оборудования (0,7);

Π_3 – тариф на электроэнергию (1,52 кВт·ч)

$$\mathcal{E}_{\text{ун}} = (23 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,3364 \cdot 1,52 = 9,01 \text{ руб/дет}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЧПУ}} = (15 \cdot 0,75 \cdot 0,95 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,2659 \cdot 1,52 = 4,58 \text{ руб/дет}$$

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 токарном станке – 0,1312 ч, на сверлильном – 0,3363 ч, на фрезерном – 0,1324 ч, на станке с ЧПУ – 0,2659 ч.

$$P_{\text{ун}} = \frac{12500(19 \cdot 0,1312 + 26 \cdot 0,3363 + 29 \cdot 0,1324)}{24174} = 7,8 \text{ руб/дет}$$

$$P_{\text{ЧПУ}} = \frac{12500 \cdot 38 \cdot 0,2659}{24174} = 5,23 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{\text{ун}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ун}} = 632,53 + 160,36 = 792,89 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ЧПУ}} = 632,53 + 63,52 = 696,05 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{\text{ун}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ун}} = 632,53 + 160,36 = 792,89 \text{ руб/дет}$$

$$C_{\text{ЧПУ}} = S_{\text{заг}} + C_{\text{ЧПУ}} = 632,53 + 63,52 = 696,05 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 60%. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_2 = (C_{o2} - C_{ol}) \cdot N = (792,89 - 696,05) \cdot 100 = 9684 \text{ руб} \quad (3.7)$$

3.9 Техничко-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 100 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 936,86 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицам 3.3, 3.4.

4 Площади участка берем по таблицам 3.1, 3.2.

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

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

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

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{98,17 \cdot 100}{3 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,00835} = 16330 \text{ руб} \quad (3.8)$$

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;

m – число смен;

12 – месяцев в году;

T_N – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{27,21 \cdot 100}{0,5 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,0066} = 34356 \text{ руб} \quad (3.9)$$

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 бакалаврской работе был спроектирован технологический процесс изготовления корпуса насоса.

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, быстродействующая технологическая оснастка, рационально использовался стандартный и специальный режущий инструмент.

Для обработки внутренней двояной полости на вертикально-фрезерном станке, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с эксцентриковым зажимом.

Так как основными элементами корпуса являются посадочная двояная полость и стыковочная плоскость 3, для контроля их перпендикулярности было спроектировано специальное контрольное приспособление с индикаторной головкой.

Экономический расчет позволил судить об эффективности внедрения в производство разработанного технологического процесса, что подтверждается расчетом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 2004. – 656 с.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2003. – 1846 с.
- 3 Балабанов, А.Н. Краткий справочник технолога машиностроителя / А. Н. Балабанов. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 518 с.
- 4 Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М.: Машиностроение, 1993. – 315 с.
- 5 Великанов, К. М. Экономика и организация производства в дипломных проектах / К. М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 256 с.
- 6 Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
- 8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 1995. – 156 с.
- 9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 1993. – 1026 с.
- 10 Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
- 11 Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 1990. – 186 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2010-2016. Режим доступа: [http:// www.stanki.ru/catalog/](http://www.stanki.ru/catalog/) Обработывающие центры с ЧПУ.

ПРИЛОЖЕНИЯ