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 » 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки корпуса регулятора давления верхнего
тема

Руководитель _____ к.т.н., доц. кафедры АТиМ В.В.Платонов
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.Н.Лапко
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан, 2016

Продолжение титульного листа БР по теме: разработка технологического процесса механической обработки корпуса регулятора давления верхнего

Консультанты по разделам:

Технологическая часть	_____	В.В.Платонов
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Конструкторская часть	_____	В.В.Платонов
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
Организационно-экономическая часть	_____	В.В.Платонов
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер	20.06.162.	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
подпись инициалы, фамилия
«29» 02 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Лапко Артёму Николаевичу
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 регулятора давления верхнего

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 = 1000 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. Технико-экономические показатели – 1 лист ф. А1; 6. Приспособление расточное - 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР _____ В.В.Платонов
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ А.Н.Лапко
подпись, инициалы и фамилия студента

«29» 02 2016 г.

РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс механической обработки корпуса регулятора давления.

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 2М615 на операции растачивания посадочного отверстия под вал-червяк. Так же сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля перпендикулярности осей посадочных отверстий.

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 12
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки 17
1.7 Расчет и назначение припусков 18
1.8 Расчет режимов резания 23
1.9 Расчет норм времени 27
1.10 Выбор оборудования 33
2 Конструкторская часть 36
2.1 Проектирование расточного приспособления 36
2.1.1 Техническое задание на проектирование расточного приспособления 36
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления 36
2.1.3 Расчет силового привода 38
2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность 39
2.2 Проектирование контрольного приспособления 41
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления 41
2.2.2 Описание конструкции приспособления 41
для контроля перпендикулярности 41
2.2.3 Расчет приспособления на точность 42
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 Технико-экономические показатели 50
Заключение 51
Список использованных источников 53
Приложения 54

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 изготовляют 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 типоверхность

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 изготовления корпуса регулятора давления с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

1 Технологическая часть

1.1 Анализ служебного назначения

Обрабатываемая деталь является корпусом редуктора поворотного механизма. Корпус служит для установки и взаимного ориентирования валов и других деталей механизма, а также для защиты механизма о воздействия окружающей среды.

Материалом детали является серый чугун СЧ20. 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 СЧ20 (ГОСТ 1412-85), %

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

Механические свойства СЧ20

Временное сопротивление при растяжении не менее $\sigma_в$ = 180 Мпа;

Временное сопротивление при изгибе не менее $\sigma_и$ = 360 Мпа;

Временное сопротивление при сжатии не менее $\sigma_{сж}$ = 500 Мпа;

Твердость НВ 190.

Таблица 1.2 – Физические свойства СЧ20

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°С, Дж	Коэффициент литейного расширения α, 1/°С	Теплопроводность при 20°С λ, Вт
$0{,}72 \cdot 10^3$	1,1	700-1100	460	$9 \cdot 10^{-6}$	59

1.2 Анализ технологичности

Корпус представляет собой тело вращения. Его конструкция достаточно сложная из-за наличия ребер и приливов под крепежные отверстия, что затрудняет получение отливки. Формовка производится с применением стержней для получения посадочных отверстий.

При обработке корпуса нетехнологичны:

1 ступени посадочного отверстия ∅300, ∅170 и ∅112, наружная цилиндрическая поверхность ∅158 и торцы посадочных отверстий ∅90 из-за невозможности обработки на проход;

2 торцы с приливами для крепежных отверстий и неполное отверстие ∅300 из-за возникновения ударов инструмента при обработке;

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

4 крепежные отверстия на внутреннем торце из-за большого вылета инструмента;

5 резьбовые отверстия на торцах посадочных отверстий ∅90 и на образующей корпуса из-за сложной схемы базирования.

В остальном деталь технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов резания, имеет хорошие базовые поверхности.

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

1 Коэффициент использования материала

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

где $m_{дет}$ - масса готовой детали,
$m_{заг}$ - масса заготовки.
k_m =25,6/30= 0,86
Деталь технологична.

2 Коэффициент унификации

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

где $k_{одн}$ - количество однотипных поверхностей,
$k_{об}$ - общее количество поверхностей.
$k_у$ = 42/75= 0,56
Деталь технологична.

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

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

где $k_{си}$ - количество стандартного инструмента,
$k_{ои}$ - общее количество инструмента.
$k_и$ =10/10= 1
Деталь технологична.

4 Коэффициент обрабатываемости.

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

где $N_{оп}$ - количество обрабатываемых поверхностей,
$N_{об}$ - общее количество поверхностей.
$k_о$ =56/75= 0,75
Деталь технологична.

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

1.3 Анализ технических требований

Главным условием качественной работы редуктора является точность установки и ориентации валов друг относительно друга.

Поэтому к корпусу предъявляются технические требования перпендикулярности осей посадочных отверстий и соосности посадочных отверстий ∅90.

Первое требование выдержим обработкой одного отверстия с базированием по другому.

Второе требование выдержим обработкой обоих отверстий с одной установки.

Отклонение центрального угла между осями двух любых крепежных отверстий выдержим обработкой по кондуктору.

Оговорена недопустимость трещин и раковин на обрабатываемых и необрабатываемых поверхностях и покрытие поверхностей грунтовкой Гф-020-IV и эмалью Пф-115 красная IVA.

Параметры шероховатости и точность размеров выдержим подбором соответствующих методов обработки и режимов резания.

Для достижения шероховатости Rz40 достаточно однократной обработки; для достижения шероховатости Rz20 необходимо ввести чистовую обработку.

Самая высокая точность размеров по 8му квалитету. Для ее достижения, также достаточно чистовой обработки.

1.4 Обзор методов обработки детали

Корпус представляет собой корпусную делать, однако основная его часть является телом вращения.

Детали типа тело вращения обрабатывают на станках токарной группы. Главным движением в этом случае является вращательное движение заготовки вокруг своей оси. Движение подачи – поступательно движение инструмента.

Растачивание внутренних цилиндрических поверхностей выполняют расточными резцами с продольной подачей.

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

Для образования наружной цилиндрической поверхности применяется обтачивание – движение подачи осуществляется параллельно оси вращения заготовки (продольная подача). Обтачивание выполняется проходными резцами. При черновом обтачивании 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.

Второе посадочное отверстие обработаем на расточном станке – деталь неподвижна, а инструменту сообщается главное вращательное движение и продольное движение подачи. Это обосновано тем, что в этом направлении деталь очень несимметрична и ее невозможно забазировать на токарном станке.

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 плоскость разъема и посадочное отверстие с вертикальной осью, так как от них назначены основные технические требования и размеры.

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

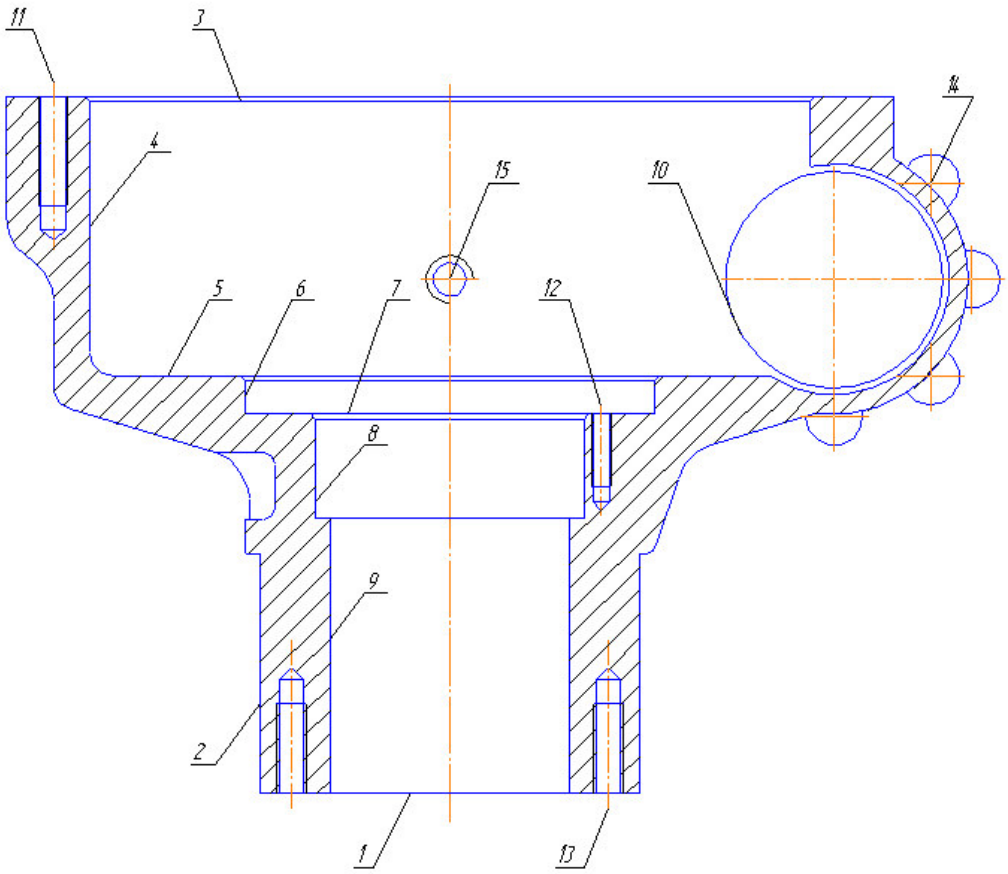

Рисунок 1.1 – Эскиз детали

010 Токарная

А Установить заготовку по поверхности 2 с упором в торец 1.

1 Подрезать торец 3 окончательно.

2 Подрезать торец 5 окончательно.

3 Расточить отверстие 4 предварительно.

Станок токарно-винторезный 16К30; приспособление – патрон трехкулачковый; режущий инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93; резец расточной ГОСТ 18883-93.

020 Токарная

А Установить заготовку по отверстию 4 с упором в торец 3.

1 Подрезать торец 1 окончательно.

2 Точить поверхность 2 предварительно.

3 Точить поверхность 2 окончательно.

4 Расточить отверстие 9 окончательно.

Станок токарно-винторезный 16К30; приспособление – оправка разжимная; режущий инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93; резец проходной ГОСТ 18879-93; резец расточной ГОСТ 18883-93.

030 Токарная

А Установить заготовку по поверхности 2 с упором в торец 1.

1 Расточить отверстие 4 окончательно.

2 Расточить отверстие 6 предварительно.

3 Подрезать торец 7 окончательно.

4 Расточить отверстие 6 окончательно.

5 Расточить отверстие 8 предварительно в 2 прохода.

6 Расточить отверстие 8 окончательно.

7 Точить 3 фаски.

Станок токарно-винторезный 16К30; приспособление – патрон трехкулачковый; режущий инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93; резец расточной ГОСТ 18883-93.

040 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 9, торцу 1 с упором в торец отверстия 10.

1 Сверлить 8 отверстий 11 под резьбу последовательно.

2 Нарезать в 8 отверстиях 11 резьбу М12-7Н последовательно.

3 Сверлить 4 отверстия 12 под резьбу последовательно.

4 Нарезать в 4 отверстиях 12 резьбу М8-7Н последовательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55; приспособление – специальное; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97; метчик ГОСТ 3266-91.

050 Расточная

А Установить заготовку по отверстию 8, торцу 3 и одному отверстию 11.

1 Подрезать торец отверстия 10 окончательно.

2 Расточить отверстие 10 предварительно.

3 Расточить отверстие 10 окончательно.

4 Точить фаску.

Б Повернуть заготовку на 180º.

5 Подрезать торец отверстия 10 окончательно.

6 Расточить отверстие 10 предварительно.

7 Расточить отверстие 10 окончательно.

8 Точить фаску.

Станок горизонтально-расточной 2М615; приспособление – специальное; режущий инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93; резец расточной ГОСТ 18883-93.

060 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 8, торцу 3 и одному отверстию 11.

1 Сверлить 6 отверстий 13 под резьбу последовательно.

2 Нарезать в 6 отверстиях 13 резьбу М12-7Н последовательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55; приспособление – специальное; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97; метчик ГОСТ 3266-91.

070 Сверлильная

А Установить заготовку по отверстию 9, торцу 1 и одному отверстию 13 в горизонтальной плоскости.

1 Сверлить 8 отверстий 14 под резьбу последовательно.

2 Нарезать в 8 отверстиях 14 резьбу М12-7Н последовательно.

Б Повернуть заготовку на 180º.

3 Сверлить 8 отверстий 14 под резьбу последовательно.

4 Нарезать в 8 отверстиях 14 резьбу М12-7Н последовательно.

5 Сверлить 4 отверстия 15 под резьбу, с зенкованием ∅40, последовательно с поворотом заготовки на 30°.

6 Нарезать в 4 отверстиях 15 резьбу М20-7Н последовательно с поворотом заготовки на 30°.

Станок радиально-сверлильный 2М55; приспособление – специальное; режущий инструмент – сверло спиральное ГОСТ 4010-97; зенковка насадная для обработки опорных поверхностей под крепежные детали; метчик ГОСТ 3266-91.

В настоящее время более 70% изделий в машиностроении изготовляют 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 Токарная с ЧПУ

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

1 Подрезать торец 3 окончательно.

2 Подрезать торец 5 окончательно.

3 Расточить отверстие 4 предварительно.

Б Переустановка заготовки в контршпиндель по отверстию 4 с упором в торец 3.

4 Подрезать торец 1 окончательно.

5 Точить поверхность 2 предварительно.

6 Точить поверхность 2 окончательно.

7 Расточить отверстие 9 окончательно.

8 Сверлить 6 отверстий 13 под резьбу последовательно.

9 Нарезать в 6 отверстиях 13 резьбу М12-7Н последовательно.

В Переустановка заготовки в шпиндель по поверхности 2 с упором в торец 1.

10 Расточить отверстие 4 окончательно.

11 Расточить отверстие 6 предварительно.

12 Подрезать торец 7 окончательно.

13 Расточить отверстие 6 окончательно.

14 Расточить отверстие 8 предварительно в 2 прохода.

15 Расточить отверстие 8 окончательно.

16 Точить 3 фаски.

17 Сверлить 8 отверстий 11 под резьбу последовательно.

18 Нарезать в 8 отверстиях 11 резьбу М12-7Н последовательно.

19 Сверлить 4 отверстия 12 под резьбу последовательно.

20 Нарезать в 4 отверстиях 12 резьбу М8-7Н последовательно.

Токарно-револьверный центр с ЧПУ с контршпинделем DS-30;

шпиндель – патрон трехкулачковый гидравлический, контршпиндель – оправка гидравлическая;

инструмент – резец подрезной ГОСТ 18880-93 ВК6, резец расточной ГОСТ 18883-93 ВК6, резец проходной ГОСТ 18879-93 ВК6, сверло спиральное ГОСТ 4010-97, метчик ГОСТ 3266-91.

20 Горизонтально-фрезерная с ЧПУ

А Установить заготовку по отверстию 8, торцу 3 и одному отверстию 11.

1 Фрезеровать торец отверстия 10 по контуру окончательно.

2 Расточить отверстие 10 предварительно.

3 Расточить отверстие 10 окончательно.

4 Точить фаску.

5 Сверлить 8 отверстий 14 под резьбу последовательно.

6 Нарезать в 8 отверстиях 14 резьбу М12-7Н последовательно.

Б Поворот паллеты на 180°.

7 Фрезеровать торец отверстия 10 по контуру окончательно.

8 Расточить отверстие 10 предварительно.

9 Расточить отверстие 10 окончательно.

10 Точить фаску.

11 Сверлить 8 отверстий 14 под резьбу последовательно.

12 Нарезать в 8 отверстиях 14 резьбу М12-7Н последовательно.

13 Сверлить 4 отверстия 15 под резьбу, с зенкованием ∅40, последовательно с поворотом заготовки на 30°.

14 Нарезать в 4 отверстиях 15 резьбу М20-7Н последовательно с поворотом заготовки на 30°.

Горизонтально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ ЕС-400;

Приспособление специальное механическое, оправки расточные;

инструмент – фреза концевая ТУ 2-035-591-97 ∅30, ВК6, резец расточной ГОСТ 18883-93 ВК6, сверло спиральное ГОСТ 10902-97, зенковка насадная для обработки опорных поверхностей под крепежные детали, метчик ГОСТ 3266-91.

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 второго и третьего класса точности. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов (таблица 1.3).

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

$$S_{заг} = (\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_т \cdot k_c \cdot k_в \cdot k_м \cdot k_п) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \qquad (1.5)$$

где C_i - базовая стоимость 1 тонны заготовок,

$k_т$, k_c, $k_в$, $k_м$, $k_п$ - 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 30 кг, из чугуна СЧ20, 3ей группы серийности.

Таблица 1.3 – Выбор заготовки

Класс точности	C_i	$k_т$	k_c	$k_в$	$k_м$	$k_п$	Q	q	$S_{отх}$
Второй	65000	1	1	0,92	1,06	1,2	30	25,6	2500
Третий	65000	1	1,05	0,92	1,06	1,2	31,7	25,6	2500

$S_{заг1}$ = 2270,97 руб

$S_{заг2}$ = 2516,59 руб.

Расчет показал, что для нашего случая более приемлемо литье в обычные земляные формы второго класса точности. Формовочная смесь при этом состоит из кварцевого песка, глины и специальных добавок. Литейная

форма изготавливается путем уплотнения формовочной смеси по модели при помощи формовочной машины. Металл из печи выпускают в ковши, а затем разливают по формам до тех пор, пока металл не заполнит выпоры и прибыли. После полного затвердевания и достаточного охлаждения отливки выбивают из форм и из них выбивают стержни. Затем отливки необходимо освободить от литников, выпоров и прибылей и удалить с поверхности отливки пригоревшую формовочную смесь.

Годовой экономический эффект при этом составит

$$Э_г = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N = (2516,59\text{-}2270,97) \cdot 1000 = 245620 \text{ руб} \qquad (1.6)$$

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 расчетов выберем поверхности – посадочное отверстие ∅90 и его торцы.

1 Обработка посадочного отверстия $\varnothing 90^{+0,07}$.

Данное отверстие растачивается до шероховатости Rz10 с выдерживанием точности размера по восьмому квалитету. Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую, чистовую и тонкую обработку. Вся обработка производится с одной установки.

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

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

где Rz – шероховатость, мкм; Т – глубина дефектного слоя, мкм; ρ – суммарное пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности, мкм; ε – погрешность установки заготовки при обработке, мкм.

Суммарное значение Rz и Т, характеризующее качество поверхности литой заготовки второго класса точности, составляет 700 мкм. После первого технологического перехода Т для деталей из чугуна из расчетов исключается, поэтому для чистового растачивания находим только значения Rz = 50 мкм.

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

$$\rho_d = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \tag{1.8}$$

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

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

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_к = 1$ мкм. Диаметр отверстия d=90мм, длина l = 55 мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(1 \cdot 90)^2 + (1 \cdot 55)^2} = 106 мкм$$

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

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

Допуски по второму классу точности отливки 2000 мкм и 2400 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{2000}{2}\right)^2 + \left(\frac{2400}{2}\right)^2} = 1562 мкм$$

Следовательно, суммарное отклонение

$$\rho_d = \sqrt{106^2 + 1562^2} = 1566 мкм$$

На последующих переходах ρ определяется через коэффициент уточнения, который равен: после чернового растачивания 0,06.

Погрешность установки на опорные пластинки приспособления по чистой базе при механическом зажиме ε = 130 мкм [6].

Чистовой переход осуществляем без переустановки.

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 квалитетом 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 $280_{-0,1}$. Шероховатость Rz40.

Обработка ведется в один переход.

Припуски на последовательную обработку противоположных плоскостей можно рассчитать по формуле

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.11)$$

Суммарное значение Rz и T составляет 700 мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки плоскости при установке на перпендикулярную

$$\rho = \rho_{кор} \quad (1.12)$$

Удельная кривизна для литых заготовок $\Delta_к$ = 1 мкм. Диаметр торца d = 170 мм.

$$\rho_{кор} = 170 мкм$$

Так как схема установки та же, что и при растачивании, погрешность установки ε_y = 130 мкм.

Результаты вычислений сведем в таблицу 1.5.

На все остальные обрабатываемые поверхности припуски назначим по справочнику [4].

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 – торцы	$290_{-0,5}$	1 черновое точение		1,5·2	293±1,2
2 – поверхность	$\varnothing 158_{-0,1}$	1 черновое точение 2 чистовое точение		5,8·2 0,2·2	$\varnothing 170^{+2,4}$ $\varnothing 158,4^{+0,25}$
4 – отверстие	$\varnothing 300^{+0,1}$	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание		3·2 0,2·2	$\varnothing 293,6_{-2,4}$ $\varnothing 299,6_{-0,3}$
6 – отверстие	$\varnothing 170^{+0,1}$	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание		3·2 0,2·2	$\varnothing 163,6_{-2,4}$ $\varnothing 169,6_{-0,3}$
8 – отверстие	$\varnothing 112^{+0,07}$	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание		5,8·2 0,2·2	$\varnothing 100^{+0,23}$ $\varnothing 111,6_{-0,25}$
9 – отверстие	$\varnothing 100^{+0,23}$	1 черновое растачивание		3·2	$\varnothing 94_{-2,0}$
10 – отверстие	$\varnothing 90^{+0,07}$	1 черновое растачивание 2 чистовое растачивание	2,27·2 0,15·2	3·2 0,2·2	$\varnothing 83,6_{-1,6}$ $\varnothing 89,6_{-0,25}$
Торцы отв. 10	$280_{-0,1}$	1 черновое точение	1·2	1,5·2	283±1,2

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 $\varnothing 90^{+0,07}$.

Обработка ведется в два перехода – черновой, чистовой.

Черновое растачивание.

Глубина резания по таблице 1.4 t = 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 = 0,8 мм/об.

Скорость резания при растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \cdot 0{,}9 \qquad (1.13)$$

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

$$K_v = K_{мv} \cdot K_{пv} \cdot K_{иv} \quad (1.14)$$

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

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

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

$K_v = 1 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = 0{,}8$

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

0,9 - поправочный коэффициент на растачивание.

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0{,}8^{0,4}} 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 106 м/мин$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 106}{3{,}14 \cdot 90} = 373 об/мин \quad (1.15)$$

Примем 315 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 90 \cdot 315}{1000} = 80 м/мин \quad (1.16)$$

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.17)$$

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.

$К_р = К_{мр} \cdot К_{\varphi р} \cdot К_{\gamma р} \cdot К_{\lambda р} \cdot К_{гр}$

(1.18)

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

$К_{\varphi р}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при $\varphi = 30°$ - $К_{\varphi р} = 1,08$;

$К_{\gamma р}$ – учитывает влияние переднего угла, при $\gamma = 0°$ - $К_{\gamma р} = 1,1$;

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

$К_{гр}$ – учитывает влияние радиуса при вершине, при r = 0,5 мм – $К_{гр} = 0,93$.

После подстановки получаем $К_р = 1,15$.

Сила резания

$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 1,15 = 2164$ Н

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2164 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 2,8 кВт \qquad (1.19)$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт, станка с ЧПУ – 14,9 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 = 2,5 мкм и r = 1 мм, S=0,3 мм/об.

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.13)

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} 0,9 = 188 м/мин$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 188}{3,14 \cdot 90} = 665 об/мин$$

Примем 630 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 630}{1000} = 160 м/мин$$

Сила резания (1.17)

$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,2^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 160^0 \cdot 1,15 = 63$ Н

Мощность резания (1.19)

$$N_e = \frac{63 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0{,}2 кВт$$

2 Точение торца.

Обработка ведется в один переход – черновой.

Черновое точение.

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

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

По таблице 12 [19] S = 0,8 мм/об.

Скорость резания при точении [14]

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \qquad (1.20)$$

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;

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания (1.14) K_v = 0,8;

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

$$V = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1{,}5^{0,15} \cdot 0{,}8^{0,4}} 0{,}8 = 88 м/мин$$

Частота вращения определяется по формуле (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 88}{3{,}14 \cdot 138} = 203 об/мин$$

Примем 200 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 138 \cdot 200}{1000} = 80 об/мин$$

Сила резания (1.17)

$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1{,}5^1 \cdot 0{,}8^{0,75} \cdot 80^0 \cdot 1{,}09 = 1272$ Н

где K_p = 1,09 (1.18)

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

$K_{\varphi р}$ – учитывает влияние главного угла в плане, при φ = 45°, $K_{\varphi р}$ = 1;

$K_{\gamma р}$ – учитывает влияние переднего угла, при γ = -15°, $K_{\gamma р}$ = 1,25;

$K_{\lambda р}$ – учитывает влияние угла наклона главного лезвия, при λ = -5º, $K_{\lambda р}$=1;

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

Мощность резания (1.19)

$$N_e = \frac{1272 \cdot 80}{1020 \cdot 60} = 1{,}66 кВт$$

Мощность принятого нами универсального станка 4,5 кВт, станка с ЧПУ – 14,9 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
Точение черновое	2,8	0,8	80	200	2164	2,8
Точение чистовое	0,2	0,3	160	400	63	0,2
Подрезка торца черновая	1,5	0,8	80	200	1172	1,66
Растачивание черновое	3	0,8	80	315	2164	2,8
Растачивание чистовое	0,2	0,3	160	630	63	0,2
Сверление отв. ∅7,25	3,625	0,34	8	400	884	0,12
Нарезание резьбы М8	0,375	0,75	5	200	146	0,01
Сверление отв. ∅11	5,5	0,42	12,5	400	1888	0,4
Нарезание резьбы М12	0,5	1	6,3	160	152	0,02
Сверление отв. ∅18,5	8,25	0,43	16	250	4021	1,05
Нарезание резьбы М20	0,75	1,5	8	125	267	0,04

1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

$$T_{шт} = t_o + t_в + t_{тех} + t_{орг} + t_{отд} \quad (1.21)$$

где t_o - основное (технологическое) время, затрачиваемое на достижение цели данной технологической операции; $t_в$ - 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

$$T_{оп} = t_o + t_в \quad (1.22)$$

$t_{тех}$, $t_{орг}$ 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 020 технологическую операцию обработки корпуса.
Данная операция содержит 4 технологических переходов
Основное время при точении рассчитывается по формуле

$$t_o = \frac{L}{S \cdot n} \qquad (1.23)$$

где $L = L_0 + L_1 + L_2$ - длина обработки, состоящая из фактической длины обработки L_0, длины врезания L_1 и длины перебега L_2; S - подача; n - частота вращения.

1 точение торца черновое.
Обработка ведется «на проход» токарным подрезным резцом.
Фактическая длина обработки равна L_o = (∅170-∅94)/2 = 38 мм.
Длина врезания равна длине перебега – по 5 мм. Отсюда L = 48 мм.
S = 0,8 мм/об; n = 200 об/мин (таблица 1.7).
Основное время

$$t_o = \frac{48}{0{,}8 \cdot 200} = 0{,}3 мин$$

2 наружное точение черновое.
Обработка ведется «в упор» проходным резцом, перебега нет.
Длина обработки L = 104 + 5 = 109 мм. Два прохода.
S = 0,8 мм/об; n = 200 об/мин

$$t_o = \frac{109}{0{,}8 \cdot 200} 2 = 1{,}36 мин$$

3 наружное точение чистовое.
Длина обработки та же.
S = 0,3 мм/об; n = 400 об/мин

$$t_o = \frac{109}{0{,}3 \cdot 400} = 0{,}91 мин$$

4 растачивание черновое.
Обработка ведется «на проход».
Длина обработки L = 159,5+5+5 = 169,5 мм.
S = 0,8 мм/об; n = 315 об/мин

$$t_o = \frac{169{,}5}{0{,}8 \cdot 315} = 0{,}67 мин$$

Основное время всей операции

$t_o = 0,3+1,36+0,91+0,67 = 3,24$ мин

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

По справочнику [15]

1 время на установку и снятие детали со станка 0,58 мин;
2 время на смену инструмента 0,46 мин;
3 время на управление станком 1,05 мин.

Вспомогательное время

$t_в = 0,58+0,46+1,05 = 2,09$ мин

Оперативное время

$T_{оп} = 3,24+2,09 = 5,33$ мин

Укрупненно для токарных станков [15]

$t_{тех} = 3\%\ T_{оп} = 0,03 \cdot 5,33 = 0,16$ мин;
$t_{орг} = 1,5\%\ T_{оп} = 0,015 \cdot 5,33 = 0,08$ мин; (1.24)
$t_{отд} = 6\%\ T_{оп} = 0,06 \cdot 5,33 = 0,32$ мин.

Штучное время на данной операции

$T_{шт} = 5,33+0,16+0,08+0,32 = 5,89$ мин.

Для условий серийного производства необходимо рассчитать штучно-калькуляционное время

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт} \quad (1.25)$$

где подготовительно-заключительное время при работе на токарных станках $T_{п.з.} = 18$ мин, на расточных – 23 мин; на сверлильных – 16 мин; n – количество деталей в настроечной партии – 100 шт.

$$T_{ш-к} = \frac{18}{100} + 5,89 = 0,18 + 5,89 = 6,07 мин$$

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	$t_о$	$t_в$	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{ш-к}$
10 Токарная 1 подрезка торца черновая 2 подрезка торца черновая 3 растачивание черновое	 0,71 0,57 1,89	1,95	5,12	0,15	0,08	0,31	5,66	5,84
20 Токарная 1 подрезка торца черновая 2 точение черновое 3 точение чистовое 4 растачивание черновое	 0,3 1,36 0,91 0,67	2,09	5,33	0,16	0,08	0,32	5,89	6,07
30 Токарная 1 растачивание чистовое 2 растачивание черновое 3 подрезка торца черновая 4 растачивание чистовое 5 растачивание черновое 6 растачивание чистовое 7 точение фасок	 2,52 0,17 0,31 0,21 0,58 0,36 0,15	2,34	6,64	0,2	0,1	0,4	7,34	7,52
40 Сверлильная 1 сверление 8 отв. ∅11 2 нарезание М12 3 сверление 4 отв. ∅7 4 нарезание М8	 2,88 2,56 1,28 1,16	3,48	11,26	0,34	0,17	0,68	12,45	12,61
50 Расточная 1 подрезка торца черновая 2 растачивание черновое 3 растачивание чистовое 4 точение фаски	 0,23·2 0,28·2 0,37·2 0,05·2	2,89	4,75	0,14	0,07	0,28	5,24	5,47
60 Сверлильная 1 сверление 6 отв. ∅10 2 нарезание М12	 1,86 1,5	2,52	5,88	0,18	0,09	0,36	6,51	6,67
70 Сверлильная 1 сверление 8 отв. ∅10 2 нарезание М12 3 сверление 4 отв. ∅18,5 4 нарезание М20	 2,06·2 1,82·2 0,62 0,54	3,54	12,46	0,37	0,19	0,75	13,77	13,93

Таблица 1.9 – Нормы времени на станках с ЧПУ

Операция	$t_о$	$t_в$	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{ш-к}$
10 Токарная с ЧПУ								
1 подрезка торца черновая	0,71							
2 подрезка торца черновая	0,57							
3 растачивание черновое	1,89							
Переустановка								
4 подрезка торца черновая	0,3							
5 точение черновое	1,36							
6 точение чистовое	0,91							
7 растачивание черновое	0,67							
8 сверление 6 отв. ∅10	1,86							
9 нарезание М12	1,5							
Переустановка		2,36	24,31	0,26	0,14	0,52	25,23	26,01
10 растачивание чистовое	2,52							
11 растачивание черновое	0,17							
12 подрезка торца черновая	0,31							
13 растачивание чистовое	0,21							
14 растачивание черновое	0,58							
15 растачивание чистовое	0,36							
16 точение фасок	0,15							
17 сверление 8 отв. ∅11	2,88							
18 нарезание М12	2,56							
19 сверление 4 отв. ∅7	1,28							
20 нарезание М8	1,16							
20 Фрезерная с ЧПУ								
1 фрезерование торца черновое	0,76							
2 растачивание черновое	0,28							
3 растачивание чистовое	0,37							
4 точение фаски	0,05							
5 сверление 8 отв. ∅10	2,06							
6 нарезание М12	1,82							
Поворот паллеты								
7 фрезерование торца черновое	0,76	7,15	18,99	0,23	0,15	0,47	19,84	20,66
8 растачивание черновое	0,28							
9 растачивание чистовое	0,37							
10 точение фаски	0,05							
11 сверление 8 отв. ∅10	2,06							
12 нарезание М12	1,82							
13 сверление 4 отв. ∅18,5	0,62							
14 нарезание М20	0,54							

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав нормирование, примем следующее оборудование
для операций 10, 20, 30 – один станок 16К30 с $T_{шт-к}$ = 19,43 мин;
для операций 40, 60, 70 – один станок 2М55 с $T_{шт-к}$ = 33,21 мин;
для операции 50 – один станок 2М615 с $T_{шт-к}$ = 5,47 мин.

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.\max} \cdot N}{F_д \cdot 60} = \frac{33{,}21 \cdot 1000}{2015 \cdot 60} = 0{,}2747 года \quad (1.26)$$

где $T_{шт.max}$ –наибольшая продолжительность операции, мин,
N – годовая программа выпуска деталей, 1000 шт,
$F_д$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 2015 ч.

При обработке на станке с ЧПУ

$$T_N = \frac{T_{шт.\max} \cdot N}{F_д \cdot 60} = \frac{26{,}01 \cdot 1000}{2015 \cdot 60} = 0{,}215 года$$

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

Таблица 1.10 – Характеристики станков с ЧПУ

Характеристики	Токарно-револьверный центр с ЧПУ HAAS DS-30	Горизонтально-фрезерный центр с ЧПУ HAAS EC-400
Параметры рабочей зоны, мм	max ∅ обработки – 533 max длина обработки – 660	размер стола 400х400 высота детали 762
Шпиндель	посадка А2-6	конус ISO-40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	4000	8000
Мощность шпинделя, кВт	22,4	14,9
Кол-во инструментов	12	24
Время смены инструмента, сек	1	2
Система ЧПУ	Haas-Fanuc	Haas-Fanuc
Количество управляемых осей	2	3

Рисунок 1.2 – Токарно-револьверный центр с ЧПУ
HAAS DS-30

Новые токарно-револьверный центр HAAS DS-30 с контршпинделем (рисунок 1.2) позволяют проводить обработку детали с двух сторон без ее переустановки. Добавление опции приводного инструмента и С-оси (на главный шпиндель и контршпиндель) еще больше повышает функциональные возможности станков.

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

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.

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

Основные операции обработки корпуса производим на токарно-винторезном станке 16К30 с применением стандартной оснастки.

При растачивании отверстия с горизонтальной осью базирование на токарно-винторезном станке невозможно, поэтому спроектируем специальное зажимное приспособление для установки заготовки на горизонтально-расточном станке 2М615.

Базирование производится по посадочному отверстию ∅112, торцу и установочному срезанному пальцу. Базовая поверхность чистая.

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

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка устанавливается торцем на опорные пластинки приспособления, лишающие ее трех степеней свободы и являющиеся главной технологической базой. В качестве направляющей базы служит оправка, на которую заготовка базируется посадочным отверстием ∅112, так как из всех ступеней этого отверстия она самая точная. Упорной базой служит срезанный палец в отверстии М12. Оно резьбовое, но заготовка будет надежно закреплена и резьба не испортится.

Силовое замыкание производится винтовым зажимом посредством гайки 9 и прижимной шайбы 3. Для удобства и быстроты установки шайбы 3 на шпильку 12 на ней предусмотрена прорезь.

При растачивании, осевая составляющая силы резания пытается повернуть заготовку вокруг ее оси. Зажимное приспособление должно предотвратить этот поворот.

Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую поворот заготовки. Наличием пальца пренебрежем.

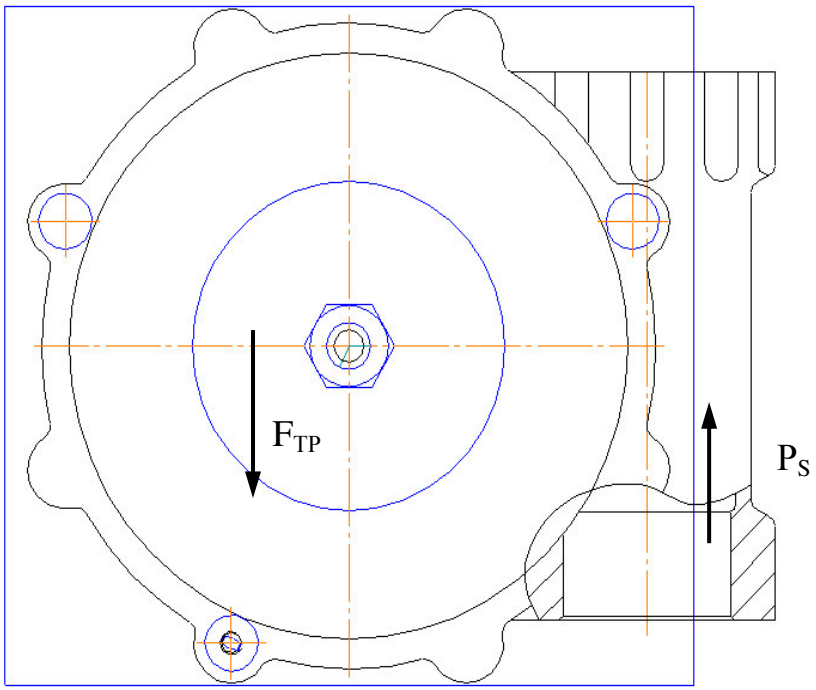

Рисунок 2.1 – Схема приспособления

По схеме приспособления (рисунок 2.1), составим уравнение равновесия моментов относительно оси заготовки.

$$\sum M_O = P_S \cdot R - F_{mp.n} \cdot r = 0 \qquad (2.1)$$

где P_S – осевая сила при растачивании, Н;
R – расстояние до обрабатываемой поверхности, мм;
$F_{тр}$ – сила трения шайбы о заготовку, Н;
r – радиус шайбы, мм.

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

$k_{тр} = 0{,}16$ – коэффициент трения сталь по чугуну;
Q – сила действия прихвата на заготовку.

Сила резания рассчитывается по формуле

$$P_S = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \qquad (2.3)$$

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

$C_p = 46$; $x = 1$; $y = 0,4$; $n = 0$.

$K_p = 1,15$ – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

Примем переход чернового растачивания, так как при этом сила наибольшая.

$$P_S = 10 \cdot 46 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,4} \cdot 100^0 \cdot 1,15 = 1452 H$$

Расстояние от оси заготовки до точки приложения силы резания состоит из межосевого расстояния и радиуса обрабатываемого отверстия

R = 160+90/2 = 205 мм.

r – средний радиус шайбы – 80 мм;

$1452 \cdot 205 = Q \cdot 0,16 \cdot 80$

отсюда сила, которую должна оказывать шайба на заготовку

Q = 23,26 кН

2.1.3 Расчет силового привода

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

В качестве силового привода в данном зажимном приспособлении используем винтовой зажим. Гайка должна создавать силу не менее 23260 Н.

Номинальный диаметр гайки можно рассчитать по формуле [22]

$$d = C\sqrt{P_б / \sigma} = 1,4\sqrt{23260/80} = 23,9 мм \qquad (2.4)$$

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

$P_б$ – сила болта, необходимая для закрепления заготовки, Н;

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

Примем болт М24.

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

$$M = r_{ср} \cdot P_б \cdot tg(\alpha+\rho) + M_{тр} \qquad (2.5)$$

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

α - угол подъема резьбы (для М24 $\alpha = 3°30'$);

ρ = 10°30′ - угол трения в резьбе;

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

$$M_{тр} = \frac{1}{3} f \cdot P_{б} \frac{D_{н}^{3} - d_{в}^{3}}{D_{н}^{2} - d_{в}^{2}} \qquad (2.6)$$

$D_н = 1{,}7d$; $d_в = d$; $f = 0{,}16$.

После всех преобразований и подстановок формула примет вид

$$M = 0{,}2d \cdot P_б = 0{,}2 \cdot 24 \cdot 23260 = 112 \text{ Нм} \qquad (2.7)$$

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

$$M' = 0{,}25d \cdot P_б = 0{,}25 \cdot 24 \cdot 23260 = 140 \text{ Нм} \qquad (2.8)$$

Такие усилия может развить гайковерт.

2.1.4 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]

$$E_{пр} = [\, T - K_т \cdot [(K_{т1} \cdot \varepsilon_б)^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_у^2 + \varepsilon_и^2 + \varepsilon_п^2 + [(K_{т2} \cdot W)^2]^{0,5} \qquad (2.9)$$

где T = 40 мкм – допуск межосевого расстояния;

$K_т = 1{,}2$ - коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения;

$K_{т1} = 0{,}6$ - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{т2} = 0{,}7$ - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независящими от приспособления;

W - экономическая точность обработки;

$\varepsilon_б$ - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

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

$\varepsilon_у$ - 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 установочных пластин.

$\varepsilon_б = 25$ мкм.

Для рассматриваемого случая $\varepsilon_з = 0$, т.к. силы закрепления действуют параллельно базовому отверстию и на выдерживаемый допуск влияния не оказывают.

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

Погрешность положения в данном случае имеет вид

$$\varepsilon_и = B_2 \cdot N \qquad (2.10)$$

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

N - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз, то фактически количество контактов равно 1000 раз.

$\varepsilon_и = 0{,}002 \cdot 1000 = 2$ мкм.

В связи с тем, что в приспособлении отсутствуют направляющие элементы, $\varepsilon_п = 0$,

Экономическая точность W = 25 мкм.

$E_{пр} = 40\text{-}1{,}2 \cdot [(0{,}6 \cdot 25)^2 + 2^2 + (0{,}7 \cdot 25)^2]^{0{,}5} = 40\text{-}28 = 12$ мкм.

Отсюда видно, что допуск перпендикулярности 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 колибр-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 регулятора имеет точность расположения друг относительно друга валов передачи. В корпусе по одному посадочному отверстию устанавливается входной вал-червяк, по другому – вал червячного колеса. Чтобы предотвратить перекос червяка относительно колеса и, как следствие, заклинивание передачи, к корпусу предъявляется требование перпендикулярности осей посадочных отверстий.

В данной работе спроектируем специальное контрольное приспособление для контроля перпендикулярности осей посадочных отверстий корпуса.

Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля перпендикулярности

Для контроля перпендикулярности оси отверстий необходимо материализовать. Для этого в деталь по посадочным отверстиям ∅90 устанавливаем оправку 7 приспособления. Точное центрирование оправки в детали осуществляем при помощи двух рядов завальцованых шариков 4 подпружиненных пружинами 5. Для удобства установки оправки 7 в деталь используем ручку 8.

Во второе отверстие по ∅112, так как это самая точная ступень, устанавливаем оправку 1, в которую вкручены загнутые под углом 90º валики 6. Эта оправка также центрируется при помощи двух рядов подпружиненных шариков 5. В валики 4 устанавливается квадратная планка 3 с кронштейном 2, на котором болтом 9 зафиксирован индикатор 11. Ножка индикатора 11 соприкасается с оправкой 7, имитирующей ось отверстия ∅90.

В одном из крайних положений кронштейна индикатор выводим на ноль. Перемещая индикатор по планке, снимаем показания. Расстояние возможного перемещения кронштейна с индикатором в два раза меньше длины контролируемого отверстия, поэтому полученные показания домножим на 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 40 км, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 12 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [4]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta^2_{уст} + \Delta^2_{изн} + \Delta^2_{т} + \Delta^2_{инд}} \qquad (2.11)$$

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

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0{,}001^2 + 0{,}002^2 + 0{,}005^2} = 0{,}006 = 6мкм < 12мкм.$$

Видим, 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 $R_м$	Занимаемая площадь, $м^2$	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-винторезный 16К30	1	22	28	4,4х2,2	1119000	1119000
Радиально-сверлильный 2М55	1	5,5	26	2,7х1,5	948000	948000
Горизонтально-расточной 2М615	1	4,5	21	4,4х2,6	1062000	1062000
ИТОГО	3	32	75	63		3129000

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 $R_м$	Занимаемая площадь, $м^2$	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-револьверный центр с ЧПУ HAAS DS-30	1	14,9	34	3,8х2,6	2034500	2034500
Горизонтально-фрезерный центр с ЧПУ HAAS EC-400	1	22,4	42	3,3х3,4	3471500	3471500
ИТОГО	2	37,3	76	53		5506000

3.2 Определение занимаемой площади

Площадь, занимаемую оборудованием определим по формуле

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

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 25,17 м^2.

$S_{ун} = 25{,}17 \cdot 2{,}5 = 63$ м^2

При обработке на станках с ЧПУ требуется 2 станка.

$S_{ЧПУ} = 21{,}1 \cdot 2{,}5 = 53$ 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, относится к средним металлическим твердым деталям с плоской базой транспортируемым поштучно. Для таких деталей в качестве межоперационного транспорта целесообразно применять поворотные краны. Они устанавливаются около стен и не требуют широких проездов, просты в управлении. Кран-укосина имеет вылет стрелы до 5 м и грузоподъемность до 500 кг. Для транспортирования корпуса через проезд применим монорельс [5].

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

3.4 Организация технического контроля

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

Требования, предъявляемые при контроле, должны соответствовать техническим условиям на приемку деталей. Правильность размеров деталей после обработки проверяется измерительными инструментами общего назначения, калибрами, пробками, специальными приспособлениями. Контрольные пункты в любом цехе размещают с обслуживанием по ходу технологического процесса.

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

3.5 Организация системы инструментообеспечения

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

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

3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания

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

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

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

Структура ремонтного цикла имеет вид [5]

К–О–О–Т–О–О–Т–О–О–С– О–О–Т–О–О–Т–О–О–К

где К - капитальный ремонт; Т - текущий ремонт;

С – средний ремонт; О - осмотр.

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

3.7 Расчет себестоимости детали

Себестоимость детали включает в себя затраты на материал и последующую механическую обработку. Ранее нами была рассчитана стоимость заготовки. Для обоих вариантов технологического процесса она неизменна – 2270,97 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]

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

где i — порядковый номер операции;

m — число рассматриваемых операций;

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

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

Заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле

$$З = C^{ri} \cdot k_р \cdot k_с \cdot k_{пр} \cdot k_п \cdot k_д \cdot k_{соц} \cdot T_{шт}^{di} \qquad (3.3)$$

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

$k_р$ – коэффициент разряда,

$k_с$, $k_{пр}$, $k_п$, $k_д$, $k_{соц}$ – 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);

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

При использовании универсального оборудования все рабочие третьего разряда. Коэффициент разряда 1,21. Общее время обработки на универсальном оборудовании 58,11 мин или 0,9685 ч; на станках с ЧПУ – 46,67 мин или 0,7779 ч.

$$З_{ун} = 52{,}2 \cdot 1{,}21 \cdot 1{,}3 \cdot 1 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}095 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}9685 = 158{,}48 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ применяется многостаночное обслуживание и на участке в смене работает только один рабочий третьего разряда. Он одновременно обрабатывает две детали, поэтому, фактическое время, затрачиваемое на одну деталь, будет 0,3889 ч. Доплата за многостаночное обслуживание составляет 25%. Также необходимо учесть зарплату наладчиков, как 15% от зарплаты станочника.

$$З_{ЧПУ} = 52{,}2 \cdot 1{,}21 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}3 \cdot 1 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}095 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}3889 \cdot 1{,}15 = 91{,}48 \text{ руб/дет}$$

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

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

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

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим

$$A_{дет} = \frac{A_г \cdot T_N}{N} \qquad (3.4)$$

T_N – время обработки программы, год,

N – годовая программа выпуска, 1000 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	63м^2	75000	4725000	3	141750	38,94
2 Оборудование	3 шт		3129000	12	375480	103,14
3 Транспорт			93870	8	7510	2,06
4 Инструмент			31290	15	4694	1,29
5 Инвентарь			39270	15	5891	1,62
ИТОГО			8018430		535325	147,05

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	53м^2	75000	3975000	3	119250	25,64
2 Оборудование	2 шт		5506000	12	660720	142,06
3 Транспорт			55060	8	4405	0,95
4 Инструмент			55060	15	8259	1,77
5 Инвентарь			47405	15	7111	1,53
ИТОГО			9638525		799745	171,95

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

$$Э = (N \cdot k_N \cdot k_в \cdot k_{од} \cdot k_w/\eta) \cdot T_{шт.max} \cdot Ц_э \quad (3.5)$$

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N, $k_в$, $k_{од}$ – 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);

$Ц_э$ – тариф на электроэнергию (1,52 кВт·ч).

$$Э_{ун} = (32 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}78 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}06/0{,}7) \cdot 0{,}5535 \cdot 1{,}52 = 16{,}7 \text{ руб/дет}$$

$$Э_{ЧПУ} = (37{,}3 \cdot 0{,}52 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}06/0{,}7) \cdot 0{,}4335 \cdot 1{,}52 = 13{,}28 \text{ руб/дет}$$

Затраты на ремонт оборудования определим по формуле

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

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

$R_м$ – 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 – 0,3238 ч, на сверлильном – 0,5535 ч, на расточном – 0,0912 ч, на токарном с ЧПУ – 0,4335 ч, на фрезерном с ЧПУ – 0,3443 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500 \cdot (28 \cdot 0{,}3238 + 26 \cdot 0{,}5535 + 21 \cdot 0{,}0912)}{24174} = 13{,}12 \, руб/дет$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500 \cdot (34 \cdot 0{,}4335 + 42 \cdot 0{,}3443)}{24174} = 15{,}1 \, руб/дет$$

Себестоимость механической обработки

$C_{ун}$ = 158,48+147,05+16,7+13,12 = 335,35 руб/дет

$C_{ЧПУ}$ = 91,48+171,95+13,28+15,1 = 291,81 руб/дет

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун}$ = 2270,97 + 335,35 = 2606,32 руб/дет

$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ}$ =2270,97 + 291,81 = 2562,78 руб/дет

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 13%. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$Э_г = (C_{о2} - C_{о1}) \cdot N = (2606{,}32\text{-}2562{,}78) \cdot 1000 = 43540 \text{ руб} \quad (3.7)$$

3.8 Технико-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 1000 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 2270,97 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 оборудования в смену достаточно одного рабочего.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$З_{ср.ун} = \frac{З_{ун} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{158{,}48 \cdot 1000}{3 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0{,}2747} = 16026\,руб \qquad (3.8)$$

где $З_{ун}$ – 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

$$З_{ср.ЧПУ} = \frac{З_{ЧПУ} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{79{,}55 \cdot 1000}{1 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 0{,}215} = 30833\,руб \qquad (3.9)$$

где $З_{ЧПУ}$ – 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 регулятора давления весом 25,6 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 2М615, нами было спроектировано специальное зажимное приспособление с винтовым зажимом.

Для контроля перпендикулярности осей посадочных отверстий 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/ Обрабатывающие центры с ЧПУ.

Приложения