

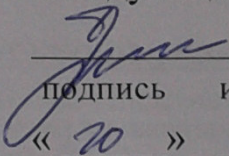
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

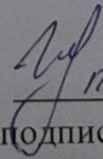
 А.Н.Борисенко
подпись инициалы, фамилия
« 20 » 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

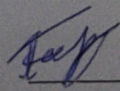
Разработка технологического процесса механической обработки втулки
шлицевой
тема

Руководитель

 17.06.16
подпись, дата

к.т.н., доцент кафедры АТиМ Е.М.Желтобрюхов
должность, ученая степень инициалы, фамилия

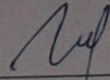
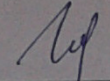
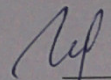
Выпускник

 16.06.16
подпись, дата

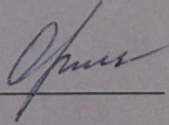
А.В.Пискунов
инициалы, фамилия

Продолжение титульного листа БР по теме Разработка технологического процесса механической обработки втулки шлицевой

Консультанты по
разделам:

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

Нормоконтролер



подпись, дата

С.П.Орешкова

инициалы, фамилия

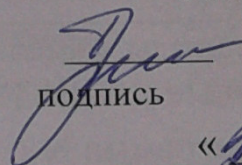
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Кафедра «Автомобильный транспорт и машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись

А.Н.Борисенко

инициалы, фамилия

«25» 02 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Пискунову Александру Викторовичу

фамилия, имя, отчество

Группа 22-1

номер

Направление 15.03.05

код

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка технологического
процесса механической обработки втулки шлицевой

Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016

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

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

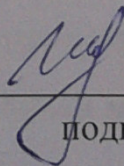
Исходные данные для ВКР 1. чертеж детали;

2. годовая программа N = 200 шт

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

Перечень графического материала 1. Чертеж детали - 1 лист ф. А1;
2. Базовый технологический процесс - 1 лист ф. А1 и 1 лист ф. А2;
3. Технологический процесс механической обработки на станке с ЧПУ – 1
лист ф. А1 и 1 лист ф. А2; 4. Техничко экономические показатели 1 лист ф.
А1; 5. Сверлильное приспособление – 1 лист ф. А1; 6. Контрольное
приспособление 1 лист ф. А1.

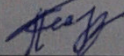
Руководитель ВКР



подпись

Е.М.Желтобрюхов
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



А.В.Пискунов

подпись, инициалы и фамилия студента

РЕФЕРАТ

В данной работе спроектирован технологический процесс изготовления втулки шлицевой с применением станков с ЧПУ в условиях серийного производства.

В технологической части было проанализировано служебное назначение втулки, 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 втулкаа, определено необходимое количество технологического оборудования

В конструкторской части было спроектировано специальное зажимное приспособление для установки заготовки на операции сверления крепежных отверстий. Сконструировано специальное контрольное приспособление для контроля радиального биения поверхности $\varnothing 51$ относительно шлицевого отверстия.

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 втулки по спроектированному и базовому вариантам.

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

PAPER

In this work technological process of production of the case of the coupling of overtaking with use of machines with CNC 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 a slotting of an internal gear wreath was designed. The special control adaptation for control of coaxiality of a landing opening of $\varnothing 335$ of rather landing opening of $\varnothing 200$ is 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 by the designed and basic options, drawings of tightening and control adaptations. Economic indicators 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 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки втулки	10
1.5 Составление маршрута механической обработки с применением станков с ЧПУ.....	13
1.6 Экономическое обоснование выбора заготовки.....	15
1.7 Расчет и назначение припусков.....	16
1.8 Расчет режимов резания.....	21
1.9 Расчет норм времени	27
1.10 Выбор оборудования.....	32
2 Конструкторская часть	34
2.1 Проектирование сверлильного приспособления.....	34
2.1.1 Техническое задание на проектирование сверлильного приспособления	34
2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления	34
После преобразований получим	35
2.1.3 Расчет силового привода	35
2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность.....	36
2.2 Проектирование контрольного приспособления	39
2.2.1 Техническое задание на проектирование контрольного приспособления	39
2.2.2 Описание конструкции приспособления	39
для контроля радиального биения	39
2.2.3 Расчет приспособления на точность	39
3 Экономическая часть	41
3.1 Выбор технологического оборудования	41
3.2 Определение занимаемой площади	42
3.3 Организация транспортной системы.....	42
3.4 Организация технического контроля	43
3.5 Организация системы инструментообеспечения	43
3.6 Организация системы ремонтного и технического обслуживания.....	43
3.7 Расчет себестоимости детали	44
3.8 Техничко-экономические показатели.....	48
Заключение	49
Список использованных источников	51
Приложения	52

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

Изготавливаемая деталь является втулкой шлицевой. Втулка предназначена для установки диска на вал. Шлицы позволяют сделать диск подвижным элементом.

Втулку изготавливают из стали 45 ГОСТ 1050-91 (таблицы 1.1, 1.2).

Это углеродистая качественная конструкционная сталь, предназначенная для деталей, от которых требуется повышенная прочность, какой и является втулка. Обладает хорошей обрабатываемостью резанием и пластичностью при холодной обработке [3, 11].

Таблица 1.1 – Химический состав стали 45, %

C	Si	Mn	Cu	S	Ni
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	<0,25	<0,04	<0,25

Механические свойства стали 45

- 1 временное сопротивление при растяжении – $\sigma_b = 600$ МПа;
- 2 предел текучести – $\sigma_T = 363$ МПа;
- 3 относительное удлинение – $\delta = 16$ %;
- 4 твердость по Бринеллю $HV = 193$ Н/мм².

Таблица 1.2 – Физические свойства стали 45

Плотность ρ , кг/м ³	Температура плавления $t_{пл}$, °C	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, 1/°C	Удельная теплоемкость при t от 20 до 200°C, Дж	Теплопро- водность λ , Вт/(м·°C)
$7,82 \cdot 10^3$	1400-1500	11,2	115	770

1.2 Анализ технологичности

С точки зрения технологичности конструкция данной детали является достаточно простой - тело вращения со сквозным центральным отверстием. Это облегчает изготовление штамповки.

С точки зрения обработки нетехнологичными являются три наружных цилиндрических поверхности и три торца из-за невозможности обработки на проход.

Две проточки нетехнологичны, так как для их обработки потребуется применение инструмента специального профиля.

Обработка конической внутренней поверхности требует специальной схемы резания.

Все остальные поверхности не составляют затруднений при обработке и все отверстия сквозные.

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

1 Коэффициент использования материала

$$K_m = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{1,03}{1,2} = 0,86 > 0,75 \quad (1.1)$$

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

2 Коэффициент унификации

$$K_y = \frac{K_{одн}}{K_{об}} = \frac{66}{68} = 0,97 > 0,5 \quad (1.2)$$

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

3 Коэффициент использования стандартного инструмента.

$$K_u = \frac{K_{си}}{K_{ои}} = \frac{9}{11} = 0,82 > 0,5 \quad (1.3)$$

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

4 Коэффициент обрабатываемости.

$$K_{об} = \frac{N_{оп}}{N_{об}} = \frac{68}{68} = 1 > 0,5 \quad (1.4)$$

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

1.3 Анализ технических требований

Деталь представляет собой штамповку из стали 45 ГОСТ 1050-91.

Главным условием качественной работы втулки является точность расположения установочных поверхностей под диск при монтаже втулки на вал. Для этого к втулке предъявляется техническое требование – биение установочных торцев и наружных цилиндрических поверхностей относительно посадочного отверстия. Выполнение этого технического требования достигается или обработкой на одной операции, или обработкой с базированием по зависимой поверхности.

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

Для достижения шероховатости Ra6,3 и Ra3,2, достаточно однократной обработки. При шероховатости Ra2,5 и 8 квалитете, введем чистовую обработку. При шероховатости Ra1,6 и 7 квалитете, необходима тонкая обработка.

По окончании обработки деталь необходимо закалить ТВЧ до твердости HB 179...229.

1.4 Обоснование выбора баз и составление базового маршрута механической обработки втулки

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.

Втулка представляет собой деталь типа – тело вращения. Такие детали обрабатывают на станках токарной группы. Главным движением в этом случае является вращательное движение заготовки вокруг своей оси. Движение подачи – поступательное движение инструмента. Обработку посадочных отверстий выполним расточными резцами.

Для образования наружных цилиндрических поверхностей применим 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 обтачивание 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 обрабатываем подрезными резцами с движением подачи перпендикулярно оси вращения детали (поперечная подача) от наружной поверхности к центру.

Канавки проточим на предварительно обточенных поверхностях 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.

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

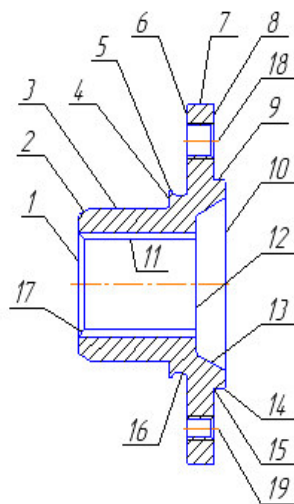


Рисунок 1.1 – Эскиз детали

10 Токарная

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

- 1 Точить торец 8 предварительно.
- 2 Точить торец 10 окончательно.
- 3 Точить торец 12 предварительно.
- 4 Точить поверхность 7 окончательно.
- 5 Точить поверхность 9 предварительно.
- 6 Точить поверхность 13 окончательно.

Станок токарно-винторезный 16К20, режущий инструмент – резцы подрезной ГОСТ 18880-93 Т15К6, проходной ГОСТ 18879-93 Т15К6 и расточной ГОСТ 18882-93 Т15К6, приспособление – патрон трехкулачковый.

20 Токарная.

А Установить заготовку по поверхности 9 с упором в торец 8.

- 1 Точить торец 6 окончательно.
- 2 Точить торец 4 окончательно.
- 3 Точить торец 1 предварительно.
- 4 Точить торец 1 предварительно.
- 5 Точить торец 1 окончательно.
- 6 Точить поверхность 5 окончательно.
- 7 Точить поверхность 3 предварительно.
- 8 Точить поверхность 3 окончательно.
- 9 Точить фаску 2 окончательно.
- 10 Точить канавку 16 окончательно.
- 11 Расточить отверстие 11 окончательно.
- 12 Расточить фаску 17 окончательно.

Станок токарно-винторезный 16К20, режущий инструмент – резцы подрезной ГОСТ 18880-93 Т15К6, проходной ГОСТ 18879-93 Т15К6, расточной ГОСТ 18882-93 Т15К6 и канавочный специальный, приспособление – патрон трехкулачковый.

30 Токарная

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

- 1 Точить канавку 15 окончательно.
- 2 Точить торец 8 окончательно.
- 3 Точить торец 12 окончательно.
- 4 Точить поверхность 9 предварительно.
- 5 Точить поверхность 9 окончательно.
- 6 Точить фаску 14 окончательно.

Станок токарно-винторезный 16К20, режущий инструмент – резцы подрезной ГОСТ 18880-93 Т15К6, проходной ГОСТ 18879-93 Т15К6 и канавочный специальный, приспособление – патрон трехкулачковый.

40 Протяжная

А Установить заготовку по поверхности 9 с упором в торец 8.

1 Протянуть шлицы предварительно.

2 Протянуть шлицы окончательно.

Станок горизонтально-протяжной 7Б55, инструмент – набор протяжек шлицевых, приспособление – оправка специальная.

50 Сверлильная

А Установить заготовку по шлицевому отверстию 11 и торцу 1.

1 Сверлить 4 отверстия 18 $\varnothing 10,75^{+0,11}$ под резьбу.

2 Сверлить 2 отверстия 19 $\varnothing 7^{+0,09}$ под резьбу.

3 Зенкеровать 4 отверстия 18 фаской $1 \times 45^\circ$.

4 Зенкеровать 2 отверстия 19 фаской $1 \times 45^\circ$.

5 Нарезать в 4 отверстиях 18 резьбу М12х1,25-7Н окончательно.

6 Нарезать в 2 отверстиях 19 резьбу М8-7Н окончательно.

Станок радиально-сверлильный 2М55, приспособление – специальное, кондукторная плита, инструмент – сверло спиральное ГОСТ 10902-97, зенкер ГОСТ 12489-91, метчик ГОСТ 3266-91.

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 копирами.

Принципиальное отличие станка с числовым программным управлением (ЧПУ) от обычного автомата заключается в задании программы обработки детали в математической (числовой) форме на специальном программоносителе (перфоленте или магнитной ленте). Отсюда и название — числовое управление.

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 ЧПУ является сохранение станками широкой универсальности. Это дает возможность производить на

них обработку всей номенклатуры деталей, которая может быть произведена на универсальных станках соответствующих типов.

Маршрут обработки втулки с применением станков с ЧПУ

010 Токарно-револьверная

А Установить заготовку в шпиндель по поверхности 3 с упором в торец 4.

- 1 Точить торец 8 предварительно.
- 2 Точить торец 10 окончательно.
- 3 Точить торец 12 предварительно.
- 4 Точить поверхность 7 окончательно.
- 5 Точить поверхность 9 предварительно.
- 6 Точить поверхность 13 окончательно.

Б Переустановка заготовки в противошпиндель по поверхности 9 с упором в торец 8.

- 7 Точить торец 6 окончательно.
- 8 Точить торец 4 окончательно.
- 9 Точить торец 1 предварительно.
- 10 Точить торец 1 предварительно.
- 11 Точить торец 1 окончательно.
- 12 Точить поверхность 5 окончательно.
- 13 Точить поверхность 3 предварительно.
- 14 Точить поверхность 3 окончательно.
- 15 Точить фаску 2 окончательно.
- 16 Точить канавку 16 окончательно.
- 17 Расточить отверстие 11 окончательно.
- 18 Расточить фаску 17 окончательно.

В Переустановка заготовки в шпиндель по поверхности 3 с упором в торец 4.

- 19 Точить канавку 15 окончательно.
- 20 Точить торец 8 окончательно.
- 21 Точить торец 12 окончательно.
- 22 Точить поверхность 9 предварительно.
- 23 Точить поверхность 9 окончательно.
- 24 Сверлить 4 отверстия 18 $\varnothing 10,75^{+0,11}$ под резьбу.
- 25 Сверлить 2 отверстия 19 $\varnothing 7^{+0,09}$ под резьбу.
- 26 Зенкеровать 4 отверстия 18 фаской $1 \times 45^\circ$.
- 27 Зенкеровать 2 отверстия 19 фаской $1 \times 45^\circ$.
- 28 Нарезать в 4 отверстиях 18 резьбу M12x1,25-7H окончательно.
- 29 Нарезать в 2 отверстиях 19 резьбу M8-7H окончательно.

Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с противошпинделем EX-508; инструмент – резцы подрезной ГОСТ 18880-93 T15K6, расточной ГОСТ 18882-93 T15K6, проходной ГОСТ 18879-93 T15K6 и специальные

канавочные, сверло спиральное ГОСТ 10902-97, зенкер ГОСТ 12489-91, метчик ГОСТ 3266-91; приспособление – патрон трехкулачковый гидравлический.

20 Протяжная

А Установить заготовку по пов. 9, одному отв. 18 с упором в торец 8.

1 Протянуть шлицы предварительно.

2 Протянуть шлицы окончательно.

Станок горизонтально-протяжной 7Б55, инструмент – набор протяжек шлицевых, приспособление – оправка специальная.

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.

Заготовку для втулки можно получить горячей штамповкой на ГКМ и поковкой. Проведем сравнительный экономический анализ этих двух способов.

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

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

где C_i – базовая стоимость 1 тонны заготовки, штамповки – 68000 руб;

K_T – коэффициент, зависящей от класса точности, $K_T=1,05$

K_M – коэффициент, зависящей от марки материала, $K_M=1,13$

Коэффициенты зависящие от группы сложности заготовки K_c , массы K_B и объема производства K_n . Наша заготовка 2го класса точности, II группы сложности, массой 1,2 кг из стали 45, 3ей группы серийности.

$K_c = 0,87$; $K_B = 1,29$; $K_n = 1,2$

$Q = 1,2$ кг – масса заготовки

$q = 1,03$ кг – масса готовой детали

$S_{отх} = 5500$ руб

$$S_{заг} = \left(\frac{68000}{1000} \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,13 \cdot 1,2 \right) - \left(\frac{1,2 - 1,03}{1000} \right) \cdot 5500 = 129,46 \text{ руб}$$

Стоимость поковки $C_i = 68000$ руб

$K_T = 1$; $K_M = 1,13$; $K_C = 0,77$; $K_B = 1,29$; $K_P = 1,2$;

$Q = 1,25$ кг; $q = 1,03$ кг; $S_{отх} = 5500$ руб

$$S_{заг2} = \left(\frac{68000}{1000} \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1,29 \cdot 1,13 \cdot 1,2 \right) - \left(\frac{1,25 - 1,03}{1000} \right) \cdot 5500 = 113,28 \text{ руб}$$

При сравнении этих способов получения заготовки видно, что кованная заготовка дешевле, чем штампованная.

Экономия на одну деталь составит 16,18 руб,

на годовой выпуск – 3236 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.

Для наиболее важных поверхностей данной детали (наружная цилиндрическая поверхность и торец) припуски рассчитаем по формулам.

1 Обработка наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 70_{-0,03}$.

Данная поверхность точится до шероховатости $Ra = 1,6$ мкм с выдерживанием точности размера по седьмому качеству.

Для достижения такой точности необходимо выполнить черновую, чистовую и тонкую обработку.

При обработке наружных 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.

Значения для поковок массой 0,25...2,5 кг $Rz = 150$ мкм и $T = 200$ мкм. После первого технологического перехода $Rz = 50$ мкм; $T = 50$ мкм. После чистового, соответственно 20 мкм и 25 мкм.

Черновую обработку производим при установке по черной наружной цилиндрической поверхности.

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 кованых заготовок $\Delta_k = 1,5$ мкм. Диаметр поверхности $d = 70$ мм, длина $l = 6$ мм. Отсюда $\rho_{кор} = 106$ мкм.

Величина смещения обрабатываемой поверхности относительно базовой 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 поковки для размера 35 мм составляют по 1000 мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{1000}{2}\right)^2 + \left(\frac{1000}{2}\right)^2} = 707 \text{ мкм}$$

Следовательно, суммарное отклонение $\rho_d = 714$ мкм.

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

Погрешность установки в трехкулачковом патроне по черной базе $\varepsilon_{y1} = 320$ мкм [6].

На чистовом переходе схема базирования та же, но база чистая $\varepsilon_{y2} = 70$ мкм.

Чистовой и тонкий переходы осуществляются без переустановки – $\varepsilon_{y3} = 0$ мкм.

Расчетные размеры получаем прибавлением к размеру по чертежу значение припуска на тонкое точение и т.д.

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

Наименьшее значение размера получаем округлением расчетного размера до точности допуска соответствующего перехода, а наибольшее – прибавлением к наименьшему, 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 1.3.

2 Торец.

Конструкторский размер $49 \pm 0,25$.

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

Припуски на последовательную обработку поверхности можно рассчитать по формуле [6]

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

Значения Rz и T те же.

Суммарное значение пространственных отклонений для обработки торца при установке по наружному диаметру

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

Удельная кривизна для кованных заготовок $\Delta_k = 1,5$ мкм. Диаметр торца $D = 51$ мм.

Отсюда $\rho = 77$ мкм.

Погрешность установки на черновом переходе в осевом направлении при установке по наружной предварительно обработанной поверхности $\varepsilon_y = 120$ мкм.

Чистовой и тонкий переходы осуществляются без переустановки.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.4.

На остальные поверхности припуски назначим.

Таблица 1.5 – Назначение припусков

Элементарная поверхность		Технологический переход	Припуск на сторону, мм		Межопереходный р-р с полем допуска
номер	Размер по чертежу мм		Расчетный	Принятый	
1, 10 – торцы	53±0,3	1 черновое точение 2 чистовое точение 1 тонкое точение	0,5 (1,5) 0,1 0,05	1 (1,5) 0,35 0,15	56 ^{+1,6} 53,5 ^{+1,2} 53,15 ^{+0,74}
3 – поверхность	∅51 _{-0,05}	1 черновое точение 2 чистовое точение		1,2·2 0,3·2	∅54 ^{+1,6} ∅51,6 ^{+0,2}
5 – поверхность	∅62 _{-0,4}	1 черновое точение		1,5·2	∅65 ^{+1,6}
6, 8 – торцы	9,5 _{-0,36}	1 черновое точение 2 чистовое точение		1 (1,5) 0,5	12,5 ^{+1,0} 10 ^{+0,7}
7 – поверхность	∅120 _{-0,87}	1 черновое точение		1,5·2	∅123 ^{+2,0}
9 – поверхность	∅70 _{-0,03}	1 черновое точение 2 чистовое точение 3 тонкое точение	1,13·2 0,18·2 0,075·2	1,2·2 0,22·2 0,08·2	∅73 ^{+1,6} ∅70,6 ^{+0,3} ∅70,16 ^{+0,074}
11 – отверстие	∅30 ^{+0,14}	1 черновое растачивание		1,5·2	∅27 _{-1,0}

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 Поверхность ∅70_{-0,03}.

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

Черновое точение.

Глубина резания по таблице 1.3 $t = 1,2$ мм.

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

По таблице 12 [14] $S = 0,5$ мм/об.

Скорость резания при точении рассчитывают по формуле

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

где значения коэффициента C_V и показателей степени берутся из таблицы 17 [14] $C_V = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$;

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

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} \quad (1.13)$$

где K_{MV} - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала, по таблице 1[14] для стали с $\sigma_B = 600$ МПа

$$K_{MV} = K_2 \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{600} \right)^1 = 1,25 \quad (1.14)$$

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

$K_{ИВ}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента, по таблице 6 [14] для пластин из твердого сплава Т15К6 - $K_{ИВ} = 1$;

$$K_V = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1$$

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

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,2^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1 = 147 \text{ м/мин}$$

Частота вращения определяется по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 147}{3,14 \cdot 70} = 670 \text{ об/мин} \quad (1.15)$$

Примем по станку 630 об/мин.

Уточним скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 630}{1000} = 125 \text{ м/мин} \quad (1.16)$$

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]
 $C_p=300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

K_p – поправочный коэффициент, учитывает фактические условия резания.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.18)$$

где K_{mp} – учитывает влияние качества обрабатываемого материала, для стали 45 по таблице 9 [14]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85 \quad (1.19)$$

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

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

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

$K_{\lambda p} = 1$;

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

$K_{rp} = 0,93$.

$K_p = 0,85 \cdot 1,08 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,94$.

Сила резания

$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 125^{-0,15} \cdot 0,94 = 940$ Н

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{940 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 2 \text{ кВт} \quad (1.20)$$

Мощность принятого нами универсального станка 10 кВт, токарного центра – 11 кВт.

Чистовое точение.

Глубина резания по табл. 1.3 $t = 0,22$ мм.

Подача при чистовом точении 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, $S=0,25$ мм/об.

Расчеты производим по тем же формулам.

Скорость резания (1.12)

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,22^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} \cdot 1,25 = 213 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 213}{3,14 \cdot 70} = 970 \text{ об/мин}$$

Примем по станку 800 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 800}{1000} = 160 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.19)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,22^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 160^{-0,15} \cdot 0,94 = 100 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.20)

$$N_e = \frac{100 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт}$$

Тонкое точение.

Глубина резания по таблице 1.3 $t = 0,08$ мм.

Подача при тонком точении по таблице 19 [14] при $R_a = 1,6$ мкм,
 $S = 0,1$ мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице $V = 250$ м/мин.

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 70} = 1137 \text{ об/мин}$$

Примем – 1000 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 1000}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.19)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,08^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,94 = 18 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.20)

$$N_e = \frac{18 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,06 \text{ кВт}$$

2 Точение торца.

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

Черновое точение.

Глубина резания по таблице 1.4 $t = 1$ 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 [14] $S = 0,6$ мм/об.

Скорость резания по формуле (1.12)

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 1 = 153 \text{ м/мин}$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 153}{3,14 \cdot 51} = 952 \text{ об / мин}$$

Примем – 800 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 800}{1000} = 125 \text{ м / мин}$$

Сила резания (1.19)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 125^{-0,15} \cdot 0,94 = 900 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.20)

$$N_e = \frac{900 \cdot 125}{1020 \cdot 60} = 1,8 \text{ кВт}$$

Мощность принятого нами универсального станка 10 кВт, токарно-револьверного центра – 14 кВт.

Чистовое точение.

Глубина резания по таблице 1.4. $t = 0,35$ мм.

Подача при чистовом точении принимается в зависимости от требуемых параметров шероховатости обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца.

По таблице 14 при $R_a = 2,5$ мкм и $r = 1$ мм, $S = 0,25$ мм/об.

Скорость резания (1.12)

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} \cdot 1,25 = 185 \text{ м / мин}$$

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 185}{3,14 \cdot 51} = 1155 \text{ об / мин}$$

Примем – 1000 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 1000}{1000} = 160 \text{ м / мин}$$

Сила резания (1.19)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 160^{-0,15} \cdot 0,94 = 160 \text{ Н}$$

Мощность резания (1.20)

$$N_e = \frac{160 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 0,4 \text{ кВт}$$

Тонкое точение.

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

Подача при тонком точении по табл. 19 при $R_a = 1,6$ мкм, $S = 0,1$ мм/об.

Скорость резания находим по той же таблице $V = 250$ м/мин.

Частота вращения (1.15)

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 51} = 1561 \text{ об/мин}$$

Примем – 1250 об/мин.

Уточним скорость резания (1.16)

$$V = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 1250}{1000} = 200 \text{ м/мин}$$

Сила резания (1.19)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,15^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,94 = 33 \text{ Н.}$$

Мощность резания (1.20)

$$N_e = \frac{33 \cdot 200}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

На остальные операции режимы резания назначим по справочнику [12] и оформим в виде таблицы 1.6.

Таблица 1.6 – Режимы резания

Вид обработки	t, мм	S, мм/об	V, мм/мин	n, об/мин	P _z , Н	N _e , кВт
Наружное точение черновое	1,2	0,5	125	630	940	2
Наружное точение чистовое	0,22	0,25	160	800	100	0,3
Наружное точение тонкое	0,08	0,1	200	1000	18	0,06
Подрезка торца черновая	1	0,6	125	800	900	1,8
Подрезка торца чистовая	0,35	0,25	160	1000	160	0,4
Подрезка торца тонкая	0,15	0,1	200	1250	33	0,1
Растачивание черновое	1,5	0,4	63	630	860	0,9
Протягивание	2,5	0,1 мм/зуб	3	-	2730	3,8
Сверление отв. Ø10,75	5,375	0,32	12,5	315	1890	0,4
Нарезание резьбы М12	0,625	1,25	6,3	160	152	0,02
Сверление отв. Ø7	3,5	0,2	8	400	1780	0,2
Нарезание резьбы М8	0,5	1	5	200	146	0,01

1.9 Расчет норм времени

Структуру нормы штучного времени можно представить следующей формулой [13]

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

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

$$T_{оп} = t_o + t_b \quad (1.22)$$

$t_{тех}$, $t_{орг}$ 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 первую операцию обработки втулки на универсальном оборудовании.

Данная операция содержит 6 технологических переходов

1 Подрезка торца 8 черновая.

Основное время при точении рассчитывается по формуле

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

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

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

S - подача; n - частота вращения шпинделя.

Фактическая длина обработки равна $L_o = (\varnothing 123 - \varnothing 73) / 2 = 25$ мм.

Длина врезания равна 5 мм, перебега нет, т.е. $L = 30$ мм.

$S = 0,6$ мм/об; $n = 800$ об/мин (из расчетов режимов резания).

$$t_o = \frac{30}{0,6 \cdot 800} = 0,07 \text{ мин}$$

2 подрезка торца 10 черновая.

Обработка ведется на проход подрезным резцом.

Длина обработки $L_o = (\varnothing 73 - \varnothing 56) / 2 = 8,5$ мм. $L = 18,5$ мм

$S = 0,6$ мм/об; $n = 800$ об/мин

$$t_o = \frac{18,5}{0,6 \cdot 800} = 0,04 \text{ мин}$$

3 Подрезка торца 12 черновая.

Обработка ведется в упор подрезным резцом.

Длина обработки $L_o = (\varnothing 44 - \varnothing 27) / 2 = 8,5$ мм. $L = 13,5$ мм

$S = 0,6$ мм/об; $n = 800$ об/мин.

$$t_o = \frac{13,5}{0,6 \cdot 800} = 0,03 \text{ мин}$$

4 точение поверхности 7 черновое.

Обработка ведется на проход проходным резцом.

Длина обработки $L_o = 11$ мм. $L = 21$ мм

$S = 0,5$ мм/об; $n = 630$ об/мин

$$t_o = \frac{21}{0,5 \cdot 630} = 0,07 \text{ мин}$$

5 точение поверхности 9 черновое.

Обработка ведется в упор проходным резцом.

Длина обработки $L_o = 4$ мм. $L = 9$ мм

$S = 0,5$ мм/об; $n = 630$ об/мин

$$t_o = \frac{9}{0,5 \cdot 630} = 0,03 \text{ мин}$$

6 точение поверхности 13 черновое.

Обработка ведется в упор расточным резцом.

Длина обработки $L_o = 25$ мм. $L = 30$ мм

$S = 0,4$ мм/об; $n = 630$ об/мин

$$t_o = \frac{30}{0,4 \cdot 630} = 0,12 \text{ мин}$$

Основное время всей операции

$$t_o = 0,07 + 0,04 + 0,03 + 0,07 + 0,03 + 0,12 = 0,36 \text{ мин}$$

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 0,67 мин;
- 2 время на смену инструмента 0,81 мин;
- 3 время на управление станком 1,35 мин.

Вспомогательное время на операции будет

$$t_b = 0,67 + 0,81 + 1,35 = 2,83 \text{ мин.}$$

Оперативное время

$$T_{оп} = 0,36 + 2,83 = 3,19 \text{ мин.}$$

Укрупненно для токарных станков [13]

$$t_{тех} = 3\% T_{оп} = 0,03 \cdot 3,19 = 0,1 \text{ мин;}$$

$$t_{орг} = 1,5\% T_{оп} = 0,015 \cdot 3,19 = 0,05 \text{ мин;}$$

$$t_{отд} = 6\% T_{оп} = 0,06 \cdot 3,19 = 0,19 \text{ мин.}$$

(1.24)

Штучное время на операции

$$T_{шт} = 3,19 + 0,1 + 0,05 + 0,19 = 3,53 \text{ мин.}$$

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 $T_{п.з.} = 28$ мин, n – количество деталей в настроенной партии – 200 шт.

$$T_{ш-к} = \frac{28}{300} + 3,53 = 0,09 + 3,53 = 3,62 \text{ мин}$$

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

Таблица 1.7 – Нормы времени на универсальном оборудовании

Операция	t _о	t _в	T _{оп}	t _{тех}	t _{орг}	t _{отд}	T _{шт}	T _{шт/к}
10 Токарная								
1 подрезка торца черновая	0,07							
2 подрезка торца черновая	0,04							
3.подрезка торца черновая	0,03	2,83	3,19	0,1	0,05	0,19	3,53	3,62
4 точение черновое	0,07							
5 точение черновое	0,03							
6 растачивание черновое	0,12							
20 Токарная								
1 подрезка торца черновая	0,08							
2 подрезка торца черновая	0,03							
3 подрезка торца черновая	0,04							
4 подрезка торца чистовая	0,08							
5 подрезка торца тонкая	0,15							
6 точение черновое	0,04	4,46	5,49	0,17	0,09	0,33	6,08	6,17
7 точение черновое	0,12							
8 точение чистовое	0,19							
9 точение фаски	0,03							
10 точение канавки	0,03							
11 растачивание черновое	0,21							
12 растачивание фаски	0,03							
30 Токарная								
1 точение канавки	0,03							
2 подрезка торца чистовая	0,12	2,78	3,12	0,1	0,05	0,19	3,6	3,69
3 подрезка торца чистовая	0,06							
4 точение чистовое	0,05							
5 точение тонкое	0,08							
40 Протяжная								
1 протянуть шлицы предварительно	1,41	1,58	5,26	0,19	0,09	0,36	5,9	6,03
2 протянуть шлицы окончательно	2,27							
50 Сверлильная								
1 сверление 4 отв. Ø10,75	0,84							
2 сверление 2 отв. Ø7	0,52							
3 зенкерование 4 отв.	0,08	4,82	6,96	0,22	0,11	0,44	7,73	7,84
4 зенкерование 2 отв.	0,04							
5 нарезание М12х1,25-7Н	0,44							
6 нарезание М8-7Н	0,22							

Таблица 1.8 – Нормы времени на станках с ЧПУ

Операция	t_0	t_B	$T_{оп}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт/к}$
10 Токарная с ЧПУ								
1 подрезка торца черновая	0,07							
2 подрезка торца черновая	0,04							
3.подрезка торца черновая	0,03							
4 точение черновое	0,07							
5 точение черновое	0,03							
6 растачивание черновое	0,12							
7 подрезка торца черновая	0,08							
8 подрезка торца черновая	0,03							
9 подрезка торца черновая	0,04							
10 подрезка торца чистовая	0,08							
11 подрезка торца тонкая	0,15							
12 точение черновое	0,04							
13 точение черновое	0,12							
14 точение чистовое	0,19							
15 точение фаски	0,03							
16 точение канавки	0,03							
17 растачивание черновое	0,21	2,94	6,81	0,07	0,04	0,15	7,07	7,24
18 растачивание фаски	0,03							
19 точение канавки	0,03							
20 подрезка торца чистовая	0,12							
21 подрезка торца чистовая	0,06							
22 точение чистовое	0,05							
23 точение тонкое	0,08							
24 сверление 4 отв. $\varnothing 10,75$	0,84							
25 сверление 2 отв. $\varnothing 7$	0,52							
26 зенкерование 4 отв.	0,08							
27 зенкерование 2 отв.	0,04							
28 нарезание M12-7H	0,44							
29 нарезание M8-7H	0,22							
20 Протяжная								
1 протянуть шлицы предварительно	1,41	1,58	5,26	0,19	0,09	0,36	5,9	6,03
2 протянуть шлицы окончательно	2,27							

1.10 Выбор оборудования

Проанализировав полученные данные, примем для обработки нашей детали следующее оборудование

для операций 10 и 30 – один станок 16К20 с $T_{шт-к} = 7,31$ мин;

для операции 20 – один станок 16К20 с $T_{шт-к} = 6,17$ мин;

для операции 40 – один станок 7Б55 с $T_{шт-к} = 6,03$ мин;

для операции 50 – один станок 2М55 с $T_{шт-к} = 7,84$ мин;

Время обработки программы деталей определим по формуле

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{7,84 \cdot 200}{4029 \cdot 60} = 0,0065 \text{года} \quad (1.26)$$

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

N – годовая программа выпуска деталей, 200 шт,

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

При обработке на станках с ЧПУ

$$T_N = \frac{T_{шт.маx} \cdot N}{F_d \cdot 60} = \frac{7,24 \cdot 200}{4029 \cdot 60} = 0,006 \text{года}$$

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

Новые токарно-револьверные центры TAKISAWA 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.

Стандартное оснащение токарных станков TAKISAWA серии EX включает систему жесткого нарезания резьбы, 15-дюймовый цветной жидкокристаллический дисплей, USB-порт. Дополнительно станки могут оснащаться конвейером ленточного типа для удаления стружки, автоматической измерительной головкой для контроля состояния инструментов, приводным инструментом с С-осью, системой СОЖ высокого давления, интерфейсом работы с роботизированным устройством, дистанционным пультом управления и многим другим.

Таблица 1.9 – Характеристики оборудования с ЧПУ

Характеристики	Токарный обрабатывающий центр EX508
Параметры рабочей зоны	max Ø заготовки – 300 мм
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	4000
Посадка шпинделя	A2-6
Мощность, кВт шпинделя противошпинделя	11 7,5
Исполнение посадочного гнезда	VDI40
Кол-во инструментов	12
Время смены инструмента, сек	0,5
Точность позиционирования, мм	±0,005
Достижимая шероховатость	0,8 мкм
Система ЧПУ	Fanuc 18i-T
Кол-во управляемых осей	2
Объем памяти, кБ	1024
Тип монитора	LCD 15"
Параметры управления ЧПУ	Графическая 2D визуализация
Особенности	Наклонная станина, 30° Переустановка в противошпиндель на ходу
Габаритные размеры	3,4x1,85



Рисунок 1.2 – Токарный обрабатывающий центр TAKISAWA EX-508

2 Конструкторская часть

2.1 Проектирование сверлильного 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 сверлильного приспособления

В нашем случае производство серийное, поэтому необходимо стремиться использовать универсальное оборудование и оснастку. Основные операции – токарные, производятся с установкой на стандартный трехлапчатый патрон.

Поэтому спроектируем зажимное приспособление для установки заготовки на технологической операции – сверление крепежных отверстий. Приспособление, должно позволять обработать все отверстия с одной установки.

2.1.2 Расчет необходимой силы закрепления

Заготовка торцом устанавливается на три опорные пластинки приспособления 11. Направляющей и упорной базой служит шлицевая оправка, совмещенная с основанием приспособления 1. Зажим производится гайкой 14, посредством прижимной шайбы 7.

Также на приспособлении предусмотрена кондукторная плита 4 для сверления крепежных отверстий, центрирующаяся на детали по наружной поверхности $\varnothing 70$. При зенкерованием фасок и нарезании резьбы, плита убирается.

Зажимное приспособление должно предотвратить поворот заготовки вокруг оси обрабатываемого отверстия, под действием силы резания. Это требование можно выдержать обеспечением необходимой силы зажима гайки.

Рассчитаем необходимую силу зажима, предотвращающую поворот заготовки. Примем переход сверления большего отверстия, так как сила резания при этом больше. Наличием шлицев пренебрежем.

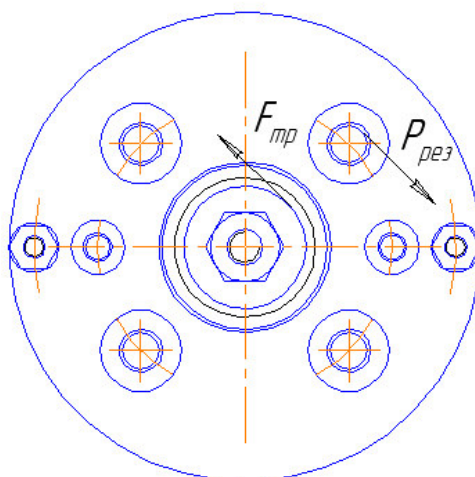


Рисунок 2.1 – Схема приспособления

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

$$\sum M_O = P_Z \cdot R_{обр} - 2F_{тр.n} \cdot R_{ш} = 0 \quad (2.1)$$

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания, по таблице 1.6 – 1809 Н.

$R_{обр}$ – радиус обработки, 5 мм.

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

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

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

Q – сила закрепления.

$R_{ш}$ – расстояние до прижимной шайбы, 25 мм.

После преобразований получим

$$1890 \cdot 5 = Q \cdot 0,16 \cdot 25, \text{ отсюда } Q = 2362 \text{ Н.}$$

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 гайку, которая должна развивать силу не менее 2362 Н. Гайка действует на шайбу напрямую.

Номинальный диаметр болта можно рассчитать по формуле [7]

$$d = C\sqrt{P_\sigma / \sigma} = 1,4\sqrt{2362/80} = 7,6\text{мм} \quad (2.3)$$

где $C = 1,4$ – коэффициент для основной метрической резьбы;
 P_σ – сила болта, необходимая для закрепления заготовки, Н;
 σ – напряжение растяжения для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы 80 МПа.

Конструктивно примем резьбу М12.

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

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

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

α – угол подъема резьбы (для М12 $\alpha = 2^\circ 30'$);

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

$M_{\text{тр}}$ – момент трения на опорном торце гайки [7]

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

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

После всех преобразований формула момента примет вид

$$M = 0,2d \cdot P_\sigma = 0,2 \cdot 12 \cdot 2362 = 5,7 \text{ Нм} \quad (2.6)$$

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

$$M' = 0,25d \cdot P_\sigma = 0,25 \cdot 12 \cdot 2362 = 7,1 \text{ Нм} \quad (2.7)$$

Такие усилия может развить рабочий.

2.1.4 Расчет зажимного приспособления на точность

Проведем расчет зажимного приспособления на точность. Чтобы определить точность приспособления для выдерживаемого на операции

параметра, необходимо суммировать все погрешности, влияющие на точность этого параметра.

Распределение большинства погрешностей, составляющих суммарную, подчиняется закону нормального распределения и поэтому при расчетах можно воспользоваться уравнением [7]

$$E_{\text{пр}} = [T - K_T \cdot [(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + [(K_{T2} \cdot W)^2]]^{0.5} \quad (2.8)$$

где $T = 100$ мкм - допуск, выдерживаемый при обработке. Примем в качестве выдерживаемого параметра, допуск на диаметр расположения обрабатываемых отверстий;

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

$K_{T1} = 0,6$ - коэффициент, учитывающий уменьшение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках;

$K_{T2} = 0,7$ - коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, независимыми от приспособления;

W - экономическая точность обработки;

ε_6 - погрешность базирования заготовки в приспособлении;

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

ε_y - погрешность установки приспособления на станке;

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

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

В качестве погрешности базирования, оказывающей влияние на выдерживаемый параметр, примем зазор между направляющим выступом кондукторной плиты и наружной поверхностью втулки, $\varepsilon_6 = 60$ мкм.

Для рассматриваемого случая $\varepsilon_3 = 0$, так как зажим происходит вдоль осей обрабатываемых отверстий и на их расположение влияния не оказывает.

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

$$\varepsilon_{\text{и}} = B_2 \cdot N \quad (2.9)$$

где $B_2 = 0,01$ - постоянная, зависящая от вида установочных элементов и условий контакта – установочная оправка;

N - количество контактов заготовки с опорой в год. Так как каждая деталь устанавливается в данное приспособление один раз количество контактов равно 200 раз. $\varepsilon_{\text{и}} = 0,01 \cdot 200 = 2$ мкм.

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

Экономическая точность по 9 качеству $W = 80$ мкм.
 $E_{\text{пр}} = 100 - 1,2 \cdot [(0,6 \cdot 60)^2 + 2^2 + (0,7 \cdot 80)^2]^{0,5} = 100 - 80 = 20$ 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

Конструктором установлен допуск радиального биения поверхности $\varnothing 51$, относительно оси шлицевого посадочного отверстия В. Спроектируем приспособление для контроля указанного параметра. Описание конструкции и расчет на точность приведены ниже.

2.2.2 Описание конструкции приспособления для контроля радиального биения

Для контроля биения, ось посадочного отверстия необходимо материализовать. Для этого устанавливаем деталь на шлицевую оправку 3 по посадочному отверстию. Чтобы зафиксировать местоположение детали в пространстве, оправка 3 установлена на стойке 1 через подшипник скольжения в виде бронзового стакана 6 и втулки 7. Чтобы оправка 3 не прогибалась и деталь не смещалась во время контроля вдоль оси, подопрем оправку свободностоящей призмой 5.

К контролируемой поверхности на магнитной стойке 4 устанавливаем индикатор часового типа 10, таким образом, чтобы его ножка соприкасалась с контролируемой поверхностью. Выводим индикатор на ноль и, вращая оправку вокруг своей оси, снимаем показания.

Для удобства вращения используем ручку.

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 радиального биения составляет 50 мкм, следовательно, погрешность измерения не должна превышать 15 мкм.

Погрешность измерения определяется по формуле [7]

$$\Delta_{изм} = \sqrt{\Delta_{уст}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_{инд}^2 + \Delta_{у.л.}^2} \quad (2.10)$$

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

В нашем случае оправка на стойке установлена через подшипник и при вращении будет копировать погрешность подшипника, поэтому

$\Delta_{уст} = 0,002$ мм – погрешность подшипника скольжения;

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

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

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

$$\Delta_{изм} = \sqrt{0,002^2 + 0,001^2 + 0,002^2 + 0,005^2} = 0,0058 = 5,8 \text{ мкм} < 15 \text{ мкм}.$$

Из расчета видно, что данное приспособление обладает достаточным запасом по точности и с его помощью можно производить контроль требуемых условий.

3 Экономическая часть

3.1 Выбор технологического оборудования

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

Таблица 3.1 – Перечень универсального оборудования

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_m	Занимаемая площадь, m^2	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарно-винторезный 16K20	2	10	19	2,5x1,3	895000	1790000
Радиально-сверлильный 2М55	1	5,5	26	2,7x1,5	924000	924000
Протяжной 7Б55	1	18,5	23	6,34x2,1	782000	782000
ИТОГО	4	44	87	52		3496000

Для повышения производительности в проектируемом технологическом процессе применили оборудование, оснащенное числовым программным управлением (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Перечень оборудования с ЧПУ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность, кВт	Единицы ремонтной сложности R_m	Занимаемая площадь, m^2	Стоимость единицы обор, руб	Суммарная стоимость, руб
Токарный центр EX508	1	18,5	46	3,4x1,85	2517400	2517400
Протяжной 7Б55	1	18,5	23	6,34x2,1	782000	782000
ИТОГО	2	37	69	49		3299400

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 4 универсальных станка с общей площадью $20,6 \text{ м}^2$.

$$S_{\text{ун}} = 20,6 \cdot 2,5 = 52 \text{ м}^2$$

При обработке с применением станка с ЧПУ требуется 2 станка.

$$S_{\text{ЧПУ}} = 19,6 \cdot 2,5 = 49 \text{ м}^2$$

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.

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 центр с ЧПУ EX508 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 инструментального обеспечения

Система инструментального обеспечения 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-Т- О-О-Т-О-О-Т-О-О-К

где К - капитальный ремонт; Т - текущий 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 – 113,28 руб.

Под стоимостью механической обработки понимают затраты по операциям, которые необходимо выполнять при том или ином варианте обработки до получения необходимого размера.

Стоимость механической обработки по всем рассматриваемым операциям определяется по формуле [8]

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

где i – порядковый номер операции;

m – число рассматриваемых операций;

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

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

Заработная плата основных производственных рабочих

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

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

k_p – коэффициент разряда,

$k_c, k_{пр}, k_n, k_d, k_{соц}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно, районную и северную надбавку к заработной плате (1,3), приработок рабочего (1), доплату по премиальной системе (1,4), дополнительную заработную плату (1,095), 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 27,35 мин или 0,4558 ч; на станках с ЧПУ – 13,27 мин или 0,2212 ч.

$$Z_{ун} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,4558 = 74,59 \text{ руб/дет}$$

При использовании станков с ЧПУ на участке работают два рабочих третьего разряда. Также необходимо учесть зарплату наладчика, как 15% от зарплаты станочника.

$$Z_{ЧПУ} = 52,2 \cdot 1,21 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,095 \cdot 1,3 \cdot 0,2212 \cdot 1,15 = 41,63 \text{ руб/дет}$$

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

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

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

Амортизацию ОПФ, приходящуюся на одну деталь, определим по формуле

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

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

N – годовая программа выпуска, 200 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	52м ²	75000	3900000	3	117000	3,8
2 Оборудование	4 шт		3496000	12	419520	13,64
3 Транспорт			104880	8	8391	0,27
4 Инструмент			34960	15	5244	0,17
5 Инвентарь			36980	15	5547	0,18
ИТОГО			7572820		555702	18,06

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	49м ²	75000	3675000	3	110250	3,31
2 Оборудование	2 шт		3299400	12	395928	11,88
3 Транспорт			32994	8	2640	0,08
4 Инструмент			32994	15	4949	0,15
5 Инвентарь			34872	15	5231	0,15
ИТОГО			7075260		518998	15,57

Затраты на силовую электроэнергию рассчитываются по формуле

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

где N – мощность оборудования, кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателей по мощности (универсальное оборудование – 0,62, станки с ЧПУ – 0,57);

k_B – средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени, (универсальное оборудование – 0,85, станки с ЧПУ – 0,92);

$k_{од}$ – 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)
 $\mathcal{E}_{ун} = (44 \cdot 0,62 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,1307 \cdot 1,52 = 4,88$ руб/дет
 $\mathcal{E}_{ЧПУ} = (37 \cdot 0,57 \cdot 0,92 \cdot 0,7 \cdot 1,06 / 0,7) \cdot 0,1207 \cdot 1,52 = 3,77$ 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 токарных станках – 0,2247 ч, на сверлильных – 0,1307 ч, на протяжном – 0,1005 ч, на EX508 – 0,1207 ч.

$$P_{ун} = \frac{12500(19 \cdot 0,2247 + 26 \cdot 0,1307 + 23 \cdot 0,1005)}{24174} = 5,16 \text{ руб/дет}$$

$$P_{ЧПУ} = \frac{12500(46 \cdot 0,1207 + 23 \cdot 0,1005)}{24174} = 4,07 \text{ руб/дет}$$

Себестоимость механической обработки

$$C_{ун} = 74,59 + 18,06 + 4,88 + 5,16 = 102,69 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = 41,63 + 15,57 + 3,77 + 4,07 = 65,04 \text{ руб/дет}$$

Суммарные затраты на заготовку и дальнейшую механическую обработку детали

$$C_{ун} = S_{заг} + C_{ун} = 113,28 + 102,69 = 215,97 \text{ руб/дет}$$

$$C_{ЧПУ} = S_{заг} + C_{ЧПУ} = 113,28 + 65,04 = 178,32 \text{ руб/дет}$$

Данный расчет показал, что обработка на станках с ЧПУ экономически выгодней и снизит себестоимость механической обработки на 37 %. К тому же точность обработки на станках с ЧПУ выше.

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

$$\mathcal{E}_e = (C_{o2} - C_{o1}) \cdot N = (215,97 - 178,32) \cdot 200 = 7530 \text{ руб} \quad (3.5)$$

3.8 Технико-экономические показатели

1 Годовая программа выпуска задана и неизменна при обоих вариантах механической обработки – 200 шт.

2 Стоимость заготовки так же не зависит от варианта механической обработки и по пункту 1.6 составляет 113,28 руб.

3 Основные производственные фонды берем по таблицы 3.3, 3.4.

4 Площади участка берем по таблицы 3.1, 3.2.

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

6 Численность основных рабочих в смене равна количеству обслуживаемого оборудования. Режим работы двухсменный.

7 Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании универсального оборудования рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ун}} = \frac{Z_{\text{ун}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{74,59 \cdot 200}{4 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,0065} = 23907 \text{ руб} \quad (3.6)$$

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

N – годовая программа выпуска, шт;

n – число рабочих в смене, чел;

m – число смен;

12 – месяцев в году.

T_N – время обработки программы, год.

Среднемесячную зарплату рабочего при обслуживании станков с ЧПУ рассчитаем по формуле

$$Z_{\text{ср.ЧПУ}} = \frac{Z_{\text{ЧПУ}} \cdot N}{n \cdot m \cdot 12 \cdot T_N} = \frac{36,2 \cdot 200}{2 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,006} = 25139 \text{ руб} \quad (3.7)$$

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе был спроектирован технологический процесс изготовления втулки шлицевой с годовой программой выпуска 200 шт.

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 крепежных отверстий на радиально-сверлильном станке нами было спроектировано специальное зажимное механическое приспособление.

Так как важное значение при работе втулки имеет положение посадочной поверхности относительно базового отверстия, для контроля ее биения 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 Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск.: Вышэйшая школа, 2007. – 255 с.
- 7 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение 2001. – 303 с.
- 8 Гамрат-Курек, Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов: учебное пособие для ВУЗов / Л. И. Гамрат-Курек. – М.: Высшая школа, 1995. – 156 с.
- 9 Допуски и посадки: справочник: В 2 т. / В. Д. Мягков. – Л.: Машиностроение, 1993. – 1026 с.
- 10 Нормирование труда и сметы: учебник для техникумов. / Сост. К. Г. Романова и др. – М.: Стройиздат, 2008. – 165 с.
- 11 Общетехнический справочник / Сост. Е. А. Скороходов, В. П. Законников, А. Б. Пакнис и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 511 с.
- 12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник. В 2 т. / Сост. А. Д. Локтев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 98 с.
- 13 Силантьева, Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении / Н. А. Силантьева, В. Р. Малиновский. – М., Машиностроение, 1990. – 186 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Сост. А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, Ю. А. Абрамов и др. – М., Машиностроение, 2005. – 988 с.
- 15 Каталог станков. [Электронный ресурс]. М., 2013-2016. Режим доступа: <http://www.stanki-adv.ru/metal/takisawa/ex508-510/> Токарные обрабатывающие центры TAKISAWA EX-508, EX-510.

Приложения