

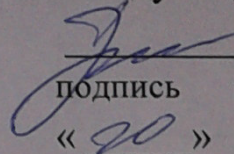
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

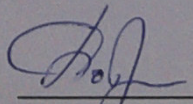
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Разработка технологического процесса механической обработки вала

шлицевого

тема

Руководитель

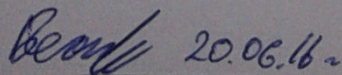


к.т.н., доц. каф. АТиМ

А.В.Добрынина

подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

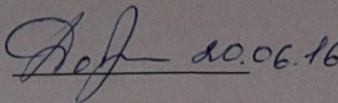
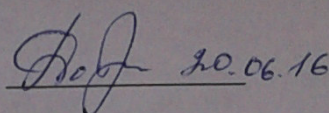
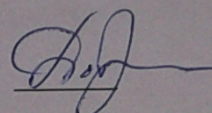
В.А.Беспалов

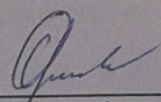
инициалы, фамилия

Абакан, 2016

Продолжение титульного листа БР по теме: разработка технологического процесса механической обработки вала шлицевого

Консультанты по
разделам:

<u>Технологическая часть</u>	 20.06.16	<u>А.В.Добрынина</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
<u>Конструкторская часть</u>	 20.06.16	<u>А.В.Добрынина</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия
<u>Организационно-экономическая часть</u>	 20.06.16	<u>А.В.Добрынина</u>
наименование раздела	подпись, дата	инициалы, фамилия

Нормоконтролер 
20.06.16 г. С.П. Орешкова
подпись, дата инициалы, фамилия

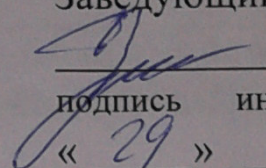
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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 Беспалову Василию Алексеевичу

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 вала шлицевого

Утверждена приказом по университету № 145 от 29.02.2016

Руководитель ВКР А.В.Добрынина, к.т.н., доцент 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 = 500 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 - 3 листа ф. А1; 3. Технологический процесс на станке с ЧПУ – 2 листа ф. А1; 4. Приспособление зажимное – 1 лист ф. А1; 5. Приспособление контрольное – 1 лист ф. А1; 6. Технико-экономические показатели – 1 лист ф. А1

Руководитель ВКР

подпись

А.В.Добрынина

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

В.А.Беспалов

подпись, инициалы и фамилия студента

«20» 02 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологического процесса обработки вала шлицевого» содержит 62 страниц текстового документа, 2 приложения, 11 использованных источников, 9 листов графического материала.

ШЛИЦЕВОЙ ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ЗАЖИМНОЕ УСТРОЙСТВО,
КОНТРОЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫЙ ЦЕНТР С ЧПУ
Arix TMD42CL, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.

Цели:

- выявить технологичность детали;
- выбор оптимальной заготовки для изготовления шлицевого вала-шестерни;
- разработка оптимального маршрута обработки шлицевого вала-шестерни;
- расчет экономической эффективности изготовления шлицевого вала-шестерни при изготовлении детали на универсальном оборудовании и на станке с ЧПУ;
- разработка специального зажимного и контрольного приспособлений.

В результате проектирования маршрута изготовления шлицевого вала-шестерни были определены основные параметры для расчета режимов резания, нормирования операций, припусков на обработку. Спроектированы специальное приспособление для контроля радиального биения шлицев.

В итоге был разработан оптимальный маршрут изготовления детали, от стадии заготовки до стадии шлицевой вал-шестерни, при использовании современного оборудования. В качестве подтверждения приведен технико-экономический расчет.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Технологическая часть.....	8
1.1. Анализ технических требований.....	8
1.2. Анализ технологичности (качественный, количественный).....	9
1.3. Выбор заготовки. Экономический расчет эффективности.....	11
1.4. Выбор методов обработки и схемы базирования.....	12
1.5. Выбор оптимального маршрута.....	14
1.6. Техничко-экономическое обоснование выбора маршрута.....	18
1.7. Расчет припусков (аналитический и табличный методы.).....	22
1.8. Расчет режимов резания.....	32
1.9. Нормирование операций.....	39
2. Конструкторская часть.....	44
2.1. Формирование технического задания на изготовление.....	44
2.2. Описание устройства и работы зажимного устройства.....	44
2.3. Силовой расчет зажимного устройства.....	45
2.4. Расчет зажимного устройства на точность.....	46
2.5. Проектирование контрольного приспособления.....	48
2.6. Расчет приспособления на точность.....	48
3. Экономическая часть.....	49
3.1. Технологическая часть для станка с ЧПУ.....	50
3.2. Затраты на изготовление детали на станке с ЧПУ.....	52
3.3. Затраты на изготовление детали на универсальном оборудовании.....	53
Заключение.....	57
Список использованных источников.....	59
Приложения.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Заготовка детали может быть получена как из проката, так и штамповкой.

Деталь «шлицевой вал-шестерня» является составной частью коробки передач и служит для передачи крутящего момента.

Заготовка детали может быть получена как из проката, так и штамповкой.

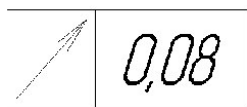
В процессе эксплуатации деталь подвергается в основном динамическим нагрузкам, связанным с передачей крутящего момента.

Данная деталь относится к классу валов. Все поверхности детали имеют доступ для обработки, имеется возможность многорезцовой производительной обработки на автоматах и полуавтоматах. Заданная точность поверхностей детали соответствует экономической точности оборудования. Материал детали, сталь 40, легко обрабатывается лезвийным и абразивным инструментом. При термической обработке такой стали можно получить необходимую структуру и твёрдость. Вал имеет небольшое количество ступеней с перепадом их диаметров, поэтому данная деталь изготавливается из штучных заготовок. Деталь имеет возрастающие диаметры ступеней.

Выбор габаритных размеров, конфигурации, параметров точности изготовления отдельных поверхностей детали и материала детали диктуется габаритами изделия, в которое входит изготавливаемая деталь, условиями работы детали в узле и её функциональным назначением.

1 Технологическая часть

1.1 Анализ технических требований



- допуск радиального биения зубчатой поверхности не более 0,08мм.



- допуск радиального биения шлицевой поверхности не более 0,04мм.

Не соблюдение данного требования приведет к тому, что подшипники будут неплотно прилегать к торцам вала, что приведет к смещению подшипников.

Шероховатость на обрабатываемые поверхности:

Шероховатость $Ra=1.25$ мкм на наружную цилиндрическую поверхность $\varnothing 50$ мм.

Шероховатость $Ra=2,5$ мкм на наружную шлицевую поверхность $\varnothing 49.5$ мм.

В процессе изготовления деталей вращения согласно технологическому процессу их изготовление связано с определённым количеством операций, которые предусматривают переустановку обрабатываемого материала. В ходе смены позиций заготовки из-за погрешности закрепляющих механизмов и других факторов, возникают осевые биения обрабатываемой детали. Допуск биения наносится на чертеже в виде наклонной стрелки и цифрового значения указывающего величину отклонения.

Радиальное биение зубчатых колес, подшипников, валов создает неравномерность вращательного движения и динамические нагрузки. Несоосность отверстий для подшипников в корпусах вызывает непараллельность валов, перекосы зубчатых колес, шкивов, звездочек и снижает долговечность передач. Шероховатость поверхностей уменьшает герметичность соединения, антикоррозионную стойкость. Поэтому уменьшение этих погрешностей положительно влияет на качество деталей и работу механизмов, Контроль параметров коленчатого вала достаточно, ответственный и трудоемкий процесс. Поэтому для контроля разного рода характеристик, применяют специальные приборы и стенды, а так же мерительные устройства с электронной индикацией и специальными датчиками.

Закалка шлицевой поверхности по Роквеллу HRC 40...50.

При HB > 350 (вторая группа сталей) твёрдость обычно выражается в единицах Роквелла – HRC (1HRC = 10HB).

Соответствующие виды термообработки позволяют получить HRC до 50 – 60. При этом допускаемые контактные напряжения могут быть увеличены в два раза, а нагрузочная способность передачи – до четырёх раз по сравнению с нормализованными или улучшенными сталями. Возрастают также износостойкость и стойкость против заедания.

Из всех видов термообработки, наиболее подходящая, объёмная закалка. Применяют углеродистые и легированные стали с содержанием углерода 0,35 – 0,5 % (Стали 45, 40X, 40XH и т.д.). Твёрдость на поверхности зуба 45 – 55HRC. Требуется отделочные операции из-за коробления.

1.2 Анализ технологичности (качественный, количественный)

Качественный:

Деталь- шлицевой вал-шестерня, изготавливается из углеродистой стали 40 ГОСТ 1050-89, которая предназначена для изготовления валов, осей, червяков.

Материал обрабатывается стандартными инструментами. Обработка материала не вызывает особой трудности, а дефицитность материала не высока.

Вид заготовки- ковка на ГКМ.

Все поверхности, доступны для механической обработки. Наличие небольшого углубления с пазом, увеличивает трудоемкость изготовления. Все поверхности подвергаются механической обработке.

В сущности, ковка на ГКМ, является наиболее выгодной заготовкой по стоимости изготовления и по количеству отходов. Коэффициент использования металла высок 0,75.

Деталь изготавливается довольно точной с большим набором ограничений: допуски расположения поверхностей и допуски формы. Радиальное биение T= 0.04...0.08мм

Материал выбран правильно, т.к. он должен удовлетворять коррозионной стойкости и иметь достаточную прочность.

Для рассматриваемой детали большинство поверхностей являются простыми цилиндрическими или линейными поверхностями, что обеспечивает простоту доступа при их обработке.

Имеется нетехнологичный элемент, канавка, требующий специального инструмента.

Совмещение измерительной и технологической баз позволяет исключить погрешности базирования.

Достаточная жесткость детали при механической обработке, $L/D < 10$, что не требует применения люнета.

В целом деталь технологична, имеет хорошие базовые поверхности, довольно проста по конструкции.

Унифицированным элементом, является наличие фасок с углом 45° , что позволяет обрабатывать деталь стандартным режущим инструментом.

Количественный анализ[1]:

$$A_{cp} = \frac{\sum An_1}{\sum n_1} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} A_{cp} &= \frac{1 \cdot 6 + 2 \cdot 7 + 3 \cdot 8 + 1 \cdot 9 + 1 \cdot 11 + 2 \cdot 12 + 1 \cdot 13 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 16}{1 + 2 + 3 + 1 + 1 + 2 + 1 + 2 + 2} \\ &= 10,86 \end{aligned}$$

где А-квалитет точности обработки

n-число размеров соответствующего квалитета точности.

Коэффициент точности обработки[1]:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \quad (2.2)$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{10,86} = 0,91$$

$K_{mч} > 0,80 \Rightarrow$ детальнетрудоемкавпроцессеизготовления

1.3Выбор заготовки. Экономический расчет эффективности

Ориентировочная стоимость заготовки [1]:

$$S_{заг} = \frac{C_б \cdot M_з}{1000} \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_в \cdot K_m \cdot K_n - (M_з - M_д) \frac{C_{отх}}{1000}, (3.1)$$

где $C_б$ – базовая стоимость 1шт. штамповок, руб.

$M_з$ – масса заготовки, кг;

$M_д$ – масса готовой детали, кг; $M_д = 3,23$ кг;

$K_m, K_c, K_в, K_m, K_n$ – коэффициенты, зависящие от класса

точности, степени сложности, массы, марки материала и

объема производства. [1, т.2. с. 20]

$K_m = 1$ для штампованных поковок класса точности Т4; [1, т.3. с. 20]

$K_c = 1,12$ и $K_в = 0,93$, [1, т.4. с. 23]

$K_m = 1$ для низколегированной стали М2; [1, т.5. с. 24]

$K_n = 1$ таблица 5 [1, т.6. с. 27]

С учетом значений параметров:

Ковка на ГКМ:

$$S_{заг} = \frac{45000 \cdot 4,26}{1000} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 - (4,26 - 3,23) \frac{298}{1000} =$$

= 199,37 руб.

Прокат:

$$S_{заг} = \frac{36540 \cdot 9,98}{1000} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 - (9,98 - 3,23) \frac{298}{1000} =$$

= 377,82 руб.

Коэффициент использования материала [1]:

$$\eta_m = \frac{M_д}{M_з}; \quad (3.2)$$

Ковка на ГКМ:

$$\eta_m = M_\partial / M_3 = 3,23 / 4,26 = 0,75$$

Прокат:

$$\eta_m = M_\partial / M_3 = 3,23 / 9,98 = 0,32$$

Таким образом, вариант получения заготовки на ГКМ следует считать наиболее оптимальным.

1.4 Выбор методов обработки и схемы базирования

Схема базирования и закрепления, технологические базы, опорные и зажимные элементы и устройства приспособления должны обеспечивать определенное положение заготовки относительно режущих инструментов, надежность ее закрепления и неизменность базирования в течение всего процесса обработки при данной установке. Поверхности заготовки, принятые в качестве баз, и их относительное расположение должны быть такими, чтобы можно было использовать наиболее простую и надежную конструкцию приспособления, удобства установки; закрепления, открепления и снятия заготовки, возможность приложения в нужных местах сил зажима и подвода режущих инструментов.

Для токарной операции базой является наружная поверхность (заготовка – штамповка на ГКМ). Для всех остальных операций базами являются центровые отверстия и торцы, полученные на горизонтально расточной операции.

На рисунке 1 обозначены обрабатываемые поверхности. В таблице 1 сведены номера поверхностей и количество лишенных степеней свободы.

8,16,17-фаски	Токарная	1 и 2	5
10-зубчатая поверхность	Зубонарезная	1 и 2	5
14-шлицевая поверхность	Нарезание шлицев	1 и 2	5
10-зубчатая поверхность	Зубозакруглительная	1 и 2	5
10-зубчатая поверхность	Шевингование	1 и 2	5
10, 14-зубчатая и шлицевая поверхности	Термообработка		
11,12,13,15,19-наружная поверхность	Шлифование	1 и 2	5
14-шлицевая поверхность	Шлифование	1 и 2	5
10-зубчатая поверхность	Шлифование	1 и 2	5

1.5 Выбор оптимального маршрута

Рассматриваем два варианта получения детали и сводим их в таблицы 2 и 3.

Таблица 2- Первый вариант изготовления детали

Операция	Технологические переходы	Оборудование
005 Заготовительная	Ковка на ГКМ	Горизонтально-ковочной машине с вертикальным разъемом матриц В1138
010 Фрезерно-центровальная	1.Фрезерование торцев. 2.Сверление центрального отверстия 4.	Фрезерно-центровальный станок МР-71

015 Токарная	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обработка внутреннего отверстия $\varnothing 62$мм, длиной 12мм. 2. Проточка канавки $\varnothing 62.5$ мм, длиной 3 мм. 3. Сверление центрального отверстия. 	Токарно-винторезный станок 16К20.
020 Токарная	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обработка наружной поверхности $\varnothing 50$мм. 2. Обработка наружной поверхности $\varnothing 49,5$мм. 3. Обработка наружной поверхности $\varnothing 55$мм. 4. Обработка наружной поверхности $\varnothing 70$мм. 5. Обработка наружной поверхности $\varnothing 85$мм. 	Токарно-винторезный станок 16К20.
025 Фрезерная	1. Нарезание шлицев.	Зубофрезерный вертикальный полуавтомат ВС-122-30
030 Фрезерная	1. Нарезание зубьев	Зубофрезерный вертикальный полуавтомат ВС-122-30
035 Зубозакруглительная	1. Закругление зубьев зубчатой поверхности.	Зубозакругляющий полуавтомат ВС-80
040 Шевингование	1. Шевингование зубьев.	Зубошевинговальный универсальный полуавтомат ВС-Е02В-22

045 Сверлильная	1.Сверление двух отверстий Ø6мм на глубину 22мм. 2.Нарезание резьбы М6 на глубину 18мм.	Вертикально-сверлильный станок 2Л125
050 Термообработка	1.Закалка по Роквеллу шлицевой поверхности.	ТВЧ установка ВЧ-40АВ
055 Шлифовальная	1.Шлифование наружной поверхности Ø50мм. 2.Шлифование наружной поверхности Ø49,5мм. 3. Шлифование наружной поверхности Ø55мм. 4. Шлифование наружной поверхности Ø70мм. 5. Шлифование наружной поверхности Ø85мм.	Круглошлифовальный станок MD1320В
060 Шлифовальная	1. Шлифование шлицевой поверхности.	Зубошлифовальный станок 5А851
065 Шлифовальная	1.Шлифование зубчатой поверхности.	Зубошлифовальный станок 5А851
070 Окончательный контроль		Контрольное приспособление.

Таблица 3- Второй вариант изготовления детали

Операция	Технологические переходы	Оборудование
005 Заготовительная	Ковка на ГКМ	Горизонтально-ковочной машине с вертикальным разъемом матриц В1138
010 Токарная	1.Обработка наружной поверхности Ø50мм. 2. Обработка наружной поверхности Ø49,5мм.	Токарно-винторезный станок 16к20

	<p>3. Обработка наружной поверхности $\varnothing 55$мм.</p> <p>4. Обработка наружной поверхности $\varnothing 70$мм.</p> <p>5. Обработка наружной поверхности $\varnothing 85$мм.</p>	
015 Фрезерная	<p>1. Фрезерование торцов.</p> <p>2. Сверление центрального отверстия.</p>	Фрезерно-центровальный станок МР-71
020 Токарная	<p>1. Обработка внутреннего отверстия $\varnothing 62$мм, длиной 12мм.</p> <p>2. Проточка канавки $\varnothing 62.5$ мм, длиной 3 мм.</p> <p>3. Сверление центрального отверстия.</p>	Токарно-винторезный станок 16К20.
025 Фрезерная	<p>1. Нарезание шлицев.</p>	Зубофрезерный вертикальный полуавтомат ВС-122-30
030 Долбежная	<p>1. Нарезание зубьев</p>	Станок Зубодолбежный 5А122В
035 Зубозакруглительная	<p>1. Закругление зубьев зубчатой поверхности.</p>	Зубозакругляющий полуавтомат ВС-80
040 Шевингование	<p>1. Шевингование зубьев.</p>	Зубошевинговальный универсальный полуавтомат ВС-Е02В-22
045 Сверлильная	<p>1. Сверление двух отверстий $\varnothing 6$мм на глубину 22мм.</p> <p>2. Нарезание резьбы М6 на</p>	Вертикально-сверлильный станок 2Л125

	глубину 18мм.	
050 Термообработка	1.Закалка по Роквеллу шлицевой поверхности.	ТВЧ установка ВЧ-40АВ
055 Шлифовальная	1.Шлифование наружной поверхности Ø50мм. 2.Шлифование наружной поверхности Ø49,5мм. 3. Шлифование наружной поверхности Ø55мм. 4. Шлифование наружной поверхности Ø70мм. 5. Шлифование наружной поверхности Ø85мм.	Кругло–шлифовальный станок 3М153
060 Шлифовальная	1. Шлифование шлицевой поверхности.	Зубошлифовальный станок 5А851
065 Шлифовальная	1.Шлифование зубчатой поверхности.	Зубошлифовальный станок 5А851
070 Окончательный контроль		Контрольное приспособление

1.6 Технико-экономическое сравнение вариантов операции механической операции

Для того чтобы решить вопрос о целесообразности составленного технологического маршрута, проведем технико-экономическое сравнение двух вариантов технологического процесса.

В соответствии с положениями об оценке экономической эффективности новой техники наиболее выгодным, признается тот вариант у которого сумма текущих и приведенных капитальных затрат на единицу продукции будет минимальной.

1 вариант: Нарезание зубьев. Обработка ведется на зубофрезерном станке вертикальном полуавтомате 5К32 по ссылке [10]:

$C=4570000 \cdot 1,1=5027000$ руб.-балансовая стоимость

$F=2,55 \cdot 1,51=3,85$ м²-площадь станка в плане;

$T_{\text{шт}} = 2,0$ мин. – суммарное штучное время на обработку данных
поверхностей детали;

$m_{np} = 1; M = 1; k_m = 1,1; \alpha = 0,23; E_n = 0,15; \text{разряд работ} - 3.$ [2, т.4, с.153]

Основная и дополнительная зарплата [3]:

$$C_3 = C_{m\phi} \cdot \xi \cdot y \quad (6.1)$$

$$C_3 = 50,0 \cdot 1,53 \cdot 1,15 = 87,97 \text{ руб/ч}$$

$$C_{m\phi} = 50,0 - \text{часовая тарифная ставка станочника} \quad [6, \text{т. 1, с. 75}]$$

$\xi = 1,53$ – коэффициент, учитывающий доп. зарплату,

отчисления и приработок к основной зарплате, [6, т. 1, с. 75]

y – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при

многостаночном обслуживании. [6, т. 1, с. 80]

Вычисляем часовые затраты по эксплуатации рабочего места [3].

$$C_{\text{чз}}^K = C_{\text{чз}} \cdot \frac{\varphi}{1,14} \quad (6.2)$$

$$C_{\text{чз}}^K = 36,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{18,07}{1,14} = 633 \text{ руб/ч.}$$

Поправочный коэффициент [6]:

$$\varphi = 1 + \frac{\alpha(1-\eta_3)}{\eta_3} \quad (6.3)$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,23(1 - 0,015)}{0,015} = 16,1$$

Капитальные вложения в станок вычисляем по формуле [3]:

$$K_c = Ц \cdot \frac{100}{F_0 \cdot n} \quad (6.4)$$

$$K_c = 5027000 \cdot \frac{100}{4029 \cdot 0,015} = 831,8 \text{ руб/ч}$$

Капитальные вложения в здания [3]:

$$K_3 = F \cdot 633 \cdot \frac{100}{F_0 \cdot n} \quad (6.5)$$

$$K_3 = 5,77 \cdot 633 \cdot \frac{100}{4029 \cdot 0,015} = 6,04 \text{ руб/ч}$$

где, $F = f k_j = 3,85 \cdot 1,5 = 5,77 \text{ м}^2$ – производственная
площадь, занимаемая станком,

Таким образом, вычисляем величину часовых затрат:

$$C_{П.з.} = 87,97 + 633 + 0,15 \cdot (831,8 + 6,04) = 846,64 \text{ руб/ч}$$

Определяем технологическую себестоимость операции мех.обработки [3]:

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_6} \quad (6.6)$$

$$C_o = \frac{846,64 \cdot 2,0}{60 \cdot 1,1} = 25,65 \text{ руб/ч}$$

2 вариант: Нарезание зубьев. Обработка ведется на зубодолбежном станке 5А122В по ссылке [10]:

$Ц = 2653880 \cdot 1,1 = 2919268$ руб.-балансовая стоимость

$F = 1,32 \cdot 0,94 = 1,24 \text{ м}^2$ -площадь станка в плане;

$T_{шт} = 10$ мин. – суммарное штучное время на обработку данных
поверхностей детали;

$m_{пр} = 1; M = 1; k_m = 1,1; \alpha = 0,26; E_n = 0,15$; разряд работ – 3. [2, т.4, с.153]

Величина часовых приведенных затрат [3]:

$$C_{П.з.} = C_3 + C_{ч.з.} + E_H(K_C + K_3) \quad (6.7)$$

Основная и дополнительная зарплата [3]:

$$C_3 = C_{мф} \cdot \xi \cdot y \quad (6.8)$$

$$C_3 = 51,2 \cdot 1,53 \cdot 1,15 = 90,08 \text{ руб/ч}$$

$C_{тф} = 51,2$ – часовая тарифная ставка станочника [6, т.1, с.75]

$\xi = 1,53$ – коэффициент, учитывающий доп. зарплату,

отчисления и приработок к основной зарплате [6, т. 1, с. 75]

$у$ – коэффициент, учитывающий оплату рабочего при

мноостаночном обслуживании.

Вычисляем часовые затраты по эксплуатации рабочего места [3]:

$$C_{чз}^K = C_{чз} \cdot \frac{\varphi}{1,14} \quad (6.9)$$

$$C_{чз}^K = 36,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{18,07}{1,14} = 633 \text{ руб/ч.}$$

Поправочный коэффициент [6]:

$$\varphi = 1 + \frac{\alpha(1 - \eta_3)}{\eta_3} \quad (6.10)$$

$$\varphi = 1 + \frac{0,26(1 - 0,015)}{0,015} = 18,07$$

Капитальные вложения в станок вычисляем по формуле [3]:

$$K_c = Ц \cdot \frac{100}{F_0 \cdot n} \quad (6.11)$$

$$K_c = 2919268 \cdot \frac{100}{4029 \cdot 0,015} = 483,04 \text{ руб/ч}$$

Капитальные вложения в здания [3]:

$$K_3 = F \cdot 633 \cdot \frac{100}{F_0 \cdot n} \quad (6.12)$$

$$K_3 = 1,86 \cdot 633 \cdot \frac{100}{4029 \cdot 0,015} = 4,3 \text{ руб/ч}$$

где: $F = f k_j = 1,24 \cdot 1,5 = 1,86 \text{ м}^2$ – производственная
площадь, занимаемая станком,

Таким образом, вычисляем величину часовых затрат:

$$C_{п.з.} = 90,08 + 633 + 0,15 \cdot (483,04 + 4,3) = 796,181 \text{ руб/ч}$$

Определяем технологическую себестоимость операции мех.обработки[3]:

$$C_o = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_e} \quad (6.13)$$

$$C_o = \frac{796,18 \cdot 10,0}{60 \cdot 1,3} = 102,07 \text{ руб/ч}$$

Таким образом, получаем технологическую себестоимость обработки:

По первому варианту: $C_1 = 25,65 \text{ руб.}$

По второму варианту: $C_2 = 102,07 \text{ руб.}$

Годовой экономический эффект[3]:

$$\mathcal{E}_2 = (\sum C_2 - \sum C_1) \cdot N \quad (6.14)$$

$$\mathcal{E}_2 = (102,07 - 25,65) \cdot 500 = 38210 \text{ руб.}$$

Из приведенных расчетов следует, что применение первого варианта мех.обработки при заданной программе, обеспечит экономический эффект 38210 руб.

1.7 Расчет припусков (аналитический и табличный методы)

Расчет припусков на механическую обработку производится расчетно-аналитическим методом и по таблицам[7. с. 130].

Расчет припусков и их определение по таблицам могут производиться только после выбора оптимального для данных условий технологического маршрута и способа получения заготовки.

Рассчитываем припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для поверхности под подшипник $\emptyset 50k6$.

Расчет припусков на обработку поверхности диаметром Ø50k6 сводим в таблицу 4, в которой последовательно записываем маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска

Таблица 4- Размеры припуска

Технологические переходы обработки Ø50k6	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные размеры припуска, мм	
	R_z	T	ρ				d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1. Поковка	150	250	1987	–	55,674	3600	59,3	55,7	–	–
Точение:										
2. предварительное	50	50	119	2·2387	50,9	300	51,2	50,9	8,1	4,8
3. чистовое	30	30	100	2·219	50,462	190	50,65	50,46	0,55	0,438
Шлифование:										
4. предварительное	10	20	40	2·160	50,142	46	50,188	50,142	0,462	0,32
5. окончательное	3,2	15	–	2·70	50,002	19	50,021	50,002	0,167	0,14
Итого									9,279	5,698

Определяем элементы припуска по всем операциям и заносим их в таблицу 4.

Определяем суммарное значение пространственных отклонений при обработке в центрах [5]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (7.1)$$

где $\rho_{см}$ – погрешность смещения, мкм;

$\rho_{кор}$ – погрешность коробления, мкм;

$\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки заготовки, мкм.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l \quad (7.2)$$

где Δ_k – удельная кривизна заготовки, мкм;

l – расстояние от обрабатываемого сечения до ближайшей

опоры, мм.

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} \quad (7.3)$$

где δ_3 – допуск на заготовку, мм.

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{3,6}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,817 \text{ мм} = 1817 \text{ мкм.}$$

Принимаем $\Delta_k = 0,6 \cdot 161 = 93 \text{ мкм.}$ по [8, с.80]

Принимаем $\rho_{см} = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм.}$ по [8, с.80]

$$\rho = \sqrt{800^2 + 93^2 + 1817^2} = 1987 \text{ мкм.}$$

Остаточные пространственные отклонения [5]:

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho, \quad (7.4)$$

где k_y – коэффициент точности формы

Принимаем по [8, с.95]:

– точения предварительного $k_y = 0,06$; $\rho_{ост} = 0,06 \cdot 1987 = 119 \text{ мкм};$

– точения чистого $k_y = 0,05$; $\rho_{ост} = 0,05 \cdot 1987 = 100 \text{ мкм};$

– шлифования предварительного $k_y = 0,02$;

$$\rho_{ост} = 0,02 \cdot 1987 = 40 \text{мкм};$$

Рассчитываем минимальные значения припусков по формуле:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (R_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (7.5)$$

Минимальные значения припусков:

-под точение предварительное:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (150 + 250 + 1987) = 2 \cdot 2387 \text{мкм}.$$

-под точение чистовое:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (50 + 50 + 119) = 2 \cdot 219 \text{мкм}.$$

-под шлифование предварительное:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (30 + 30 + 100) = 2 \cdot 70 \text{мкм}.$$

Определяем расчетный размер:

$$d_{p(i-1)} = d_{pi} + z_{\min i}, \quad (7.6)$$

$$d_{p5} = d_{\min} = 50 + 0.002 = 50.002 \text{мм}$$

$$d_{p4} = 50,002 + 0.14 = 50.142 \text{мм}.$$

$$d_{p3} = 50,142 + 0.32 = 50.462 \text{мм}.$$

$$d_{p2} = 50,462 + 0.438 = 50.9 \text{мм}.$$

$$d_{p1} = 50,9 + 4,774 = 55,674 \text{мм}.$$

Записываем наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам округляя их увеличением расчетного размера; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Определяем наибольшие предельные размеры:

$$d_{\max i} = d_{\min i} + \delta_i \quad (7.7)$$

$$d_{\max i 5} = 50,002 + 0.019 = 50,021 \text{мм}.$$

$$d_{\max i 4} = 50,142 + 0,046 = 50,188 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 3} = 50,462 + 0,19 = 50,652 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 2} = 50,9 + 0,3 = 51,2 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 1} = 55,7 + 3,6 = 59,3 \text{ мм.}$$

Определяем предельные значения припусков[4]:

$$2Z_{\max i}^{np} = d_{\max i(i-1)} - d_{\max i}, \quad (7.8)$$

$$2Z_{\min i}^{np} = d_{\min i(i-1)} - d_{\min i}, \quad (7.9)$$

$$2Z_{\max i 5}^{np} = 50,188 - 50,021 = 0,167 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max i 4}^{np} = 50,65 - 50,188 = 0,462 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max i 3}^{np} = 51,2 - 50,65 = 0,55 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max i 2}^{np} = 59,3 - 51,2 = 8,1 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 5}^{np} = 50,142 - 50,002 = 0,14 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 4}^{np} = 50,462 - 50,142 = 0,32 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 3}^{np} = 50,9 - 50,462 = 0,438 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 2}^{np} = 55,7 - 50,9 = 4,8 \text{ мм.}$$

Определяем общие припуска:

$$2Z_{0 \min} = 0,14 + 0,32 + 0,438 + 4,8 = 5,698 \text{ мм.}$$

$$2Z_{0 \max} = 0,167 + 0,462 + 0,55 + 8,1 = 9,279 \text{ мм.}$$

Определяем общий номинальный припуск:

$$2Z_{0 \text{ ном}} = 2Z_{0 \min} + HD_3 - HD_0, \quad (7.10)$$

Где HD_3, HD_0 – нижние предельные отклонения размера заготовки и детали соответственно, мм.

$$2Z_{0 \text{ ном}} = 5,698 + 1,2 - 0,002 = 6,9 \text{ мм.}$$

Определяем номинальный размер заготовки:

$$d_{зном} = d_{дном} + 2Z_{оном} \quad (7.11)$$

$$d_{зном} = 50 + 6,9 = 56,9 \text{ мм.}$$

Проверяем правильность произведенных расчетов:

$$IT_z - IT_d = 2Z_{оmax} - 2Z_{оmin}, \quad (7.12)$$

$$3,6 \text{ мм} - 0,019 \text{ мм} = 9,279 \text{ мм} - 5,698 \text{ мм},$$

$$3,581 \text{ мм} = 3,581 \text{ мм.}$$

Следовательно расчеты выполнены верно и сводим в таблицу 4.

Расчет припусков на обработку поверхности диаметром $\varnothing 62\text{H}8$ сводим в таблицу 5, в которой последовательно записываем маршрут обработки поверхности и все значения элементов припуска.

Таблица 5- Размеры припусков

Технологические переходы обработки $\varnothing 62\text{H}8$	Элементы припуска, мкм			Расчетный припуск $2Z_{\text{min}}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные размеры припуска, мм	
	R_z	T	ρ				d_{max}	d_{min}	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$
1. Поковка	150	250	1987	—	67,674	3600	57,84	56,3	—	—
Точение:										
2. предварительное	50	50	119	2·2387	62,9	300	61,44	61,1	8,1	4,8
3. чистовое	30	30	100	2·219	62,462	190	61,743	61,54	0,55	0,438
Шлифование:										
4. предварительное	10	20	40	2·160	62,142	46	61,933	61,858	0,462	0,32
5. окончательное	3,2	15	—	2·70	62,002	19	61,979	61,998	0,167	0,14
Итого									9,279	5,698

Определяем элементы припуска по всем операциям и заносим их в таблицу.

Определяем суммарное значение пространственных отклонений при обработке в центрах [4]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2} \quad (7.13)$$

где $\rho_{см}$ – погрешность смещения, мкм;

$\rho_{кор}$ – погрешность коробления, мкм;

$\rho_{ц}$ – погрешность зацентровки заготовки, мкм.

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l \quad (7.14)$$

где Δ_k – удельная кривизна заготовки, мкм;

l – расстояние от обрабатываемого сечения до ближайшей опоры, мм.

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}, \quad (7.15)$$

где δ_3 – допуск на заготовку, мм.

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{3,6}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,817 \text{ мм} = 1817 \text{ мкм.}$$

Принимаем $\Delta_k = 0,6 \cdot 161 = 93 \text{ мкм.}$

Принимаем $\rho_{см} = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм.}$

$$\rho = \sqrt{800^2 + 93^2 + 1817^2} = 1987 \text{ мкм.}$$

Остаточные пространственные отклонения [4]:

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho, \quad (7.16)$$

где k_y – коэффициент точности формы

Принимаем:

– точения предварительного $k_y = 0,06$; $\rho_{ост} = 0,06 \cdot 1987 = 119 \text{ мкм}$;

– точения чистого $k_y = 0,05$; $\rho_{ост} = 0,05 \cdot 1987 = 100 \text{ мкм}$;

– шлифования предварительного $k_y = 0,02$;

$$\rho_{ост} = 0,02 \cdot 1987 = 40 \text{ мкм};$$

Рассчитываем минимальные значения припусков по формуле [3]:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (R_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (7.17)$$

Минимальные значения припусков:

-под точение предварительное:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (150 + 250 + 1987) = 2 \cdot 2387 \text{ мкм}.$$

-под точение чистовое:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (50 + 50 + 119) = 2 \cdot 219 \text{ мкм}.$$

-под шлифование предварительное:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (30 + 30 + 100) = 2 \cdot 70 \text{ мкм}.$$

Определяем расчетный размер:

$$d_{p(i-1)} = d_{pi} - z_{\min i}, \quad (7.18)$$

$$d_{p5} = d_{\min} = 62 - 0.002 = 61.998 \text{ мм}$$

$$d_{p4} = 61,998 - 0.14 = 61.858 \text{ мм}.$$

$$d_{p3} = 61,858 - 0.32 = 61.538 \text{ мм}.$$

$$d_{p2} = 61,538 - 0.438 = 61.1 \text{ мм}.$$

$$d_{p1} = 61,1 - 4,774 = 56,326 \text{ мм}.$$

Записываем наименьшие предельные размеры по всем технологическим переходам округляя их увеличением расчетного размера; округление производить до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Определяем наибольшие предельные размеры:

$$d_{\max i} = d_{\min i} - \delta_i \quad (7.19)$$

$$d_{\max i 5} = 61,998 - 0,019 = 61,979 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 4} = 61,979 - 0,046 = 61,933 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 3} = 61,933 - 0,19 = 61,743 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 2} = 61,743 - 0,3 = 61,443 \text{ мм.}$$

$$d_{\max i 1} = 61,443 - 3,6 = 57,843 \text{ мм.}$$

Определяем предельные значения припусков:

$$2Z_{\max i}^{np} = d_{\max i(i-1)} - d_{\max i}, \quad (7.20)$$

$$2Z_{\min i}^{np} = d_{\min i(i-1)} - d_{\min i}, \quad (7.21)$$

$$2Z_{\max i 5}^{np} = 61,979 - 61,933 = 0,046 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max i 4}^{np} = 61,743 - 61,993 = 0,25 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max i 3}^{np} = 61,44 - 61,743 = 0,303 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\max i 2}^{np} = 57,84 - 61,44 = 3,6 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 5}^{np} = 61,858 - 61,998 = 0,14 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 4}^{np} = 61,54 - 61,858 = 0,32 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 3}^{np} = 61,1 - 61,54 = 0,44 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\min i 2}^{np} = 56,3 - 61,1 = 4,8 \text{ мм.}$$

Определяем общие припуска:

$$2Z_{0 \min} = 0,14 + 0,32 + 0,438 + 4,8 = 5,698 \text{ мм.}$$

$$2Z_{0 \max} = 0,167 + 0,462 + 0,55 + 8,1 = 9,279 \text{ мм.}$$

Определяем общий номинальный припуск:

$$2Z_{0\text{ ном}} = 2Z_{0\text{ min}} + HD_3 - HD_\delta, \quad (7.22)$$

Где HD_3, HD_δ – нижние предельные отклонения размера

заготовки и детали соответственно, мм.

$$2Z_{0\text{ ном}} = 5,698 + 1,2 - 0,002 = 6,9\text{ мм.}$$

Определяем номинальный размер заготовки:

$$d_{зном} = d_{\delta ном} + 2Z_{0 ном}, \quad (7.23)$$

$$d_{зном} = 62 - 6,9 = 55,1\text{ мм.}$$

Проверяем правильность произведенных расчетов:

$$IT_3 - IT_\delta = 2Z_{\text{от max}} - 2Z_{\text{от min}}, \quad (7.24)$$

$$3,6\text{ мм} - 0,019\text{ мм} = 9,279\text{ мм} - 5,698\text{ мм},$$

$$3,581\text{ мм} = 3,581\text{ мм.}$$

Следовательно расчеты выполнены верно и сводим в таблицу 5.

Назначаем общие припуски и допуски на механическую обработку оставшихся поверхностей детали опытно-статистическим методом и сводятся в таблицу 6.

Таблица 6- Все значения припусков

Размер	Припуск, мм		Допуск, мкм
	Черновой	Чистовой	
$\varnothing 62,5^{+0,4}$	2·4,0	2·1,5	+46 0
$\varnothing 70_{-0,8}$	2·4,5	2·2,0	+1,5 -1,5
$\varnothing 85_{-0,22}$	2·6,0	2·2,0	+11 -11
$\varnothing 55_{-0,8}$	4,5	2,0	+5 0

$\varnothing 49,5_{-0,4}$	4,5	1,5	+46 0
$161^{+0,6}$	4,5	1,5	+2,5 -2,5
$176^{+0,8}$	4,5	1,5	-14 -32
$198_{-0,61}$	2·4,5	2·1,5	+106 +77

1.8 Расчет режимов резания

Рассчитаем режимы резания на точение и шлифование поверхности диаметром $\varnothing 50k6^{+0,021}_{-0,002}$

Рассчитываем режимы резания на точение чистовое.

Выбор режущего инструмента:

Материал режущей части инструмента- твердый сплав Т15К6 по ссылке [10].

Геометрические параметры режущей части инструмента: $\alpha = 95^\circ$;

$\alpha_1 = 40^\circ$; $\gamma = 12^\circ$; $\delta = 6^\circ$. [7, т.1, с.176]

Глубину резания берем из расчетов, изложенных в п.8 данного курсового проекта:

$t=0,5$ мм.

Принимаем [7, т.1, с.180] подачу на оборот: $S_0 = 0,51$ мм/об.

Скорость резания при наружном продольном точении определяется по эмпирической формуле [5]:

$$v = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,4} \cdot S_0} \cdot K_v, \quad (8.1)$$

где C_v – табличный коэффициент;

T-стойкость инструмента, мин;

K_v – корректирующий коэффициент на скорость резания

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv} \quad (8.2)$$

где $K_{Mv}, K_{Пv}, K_{Иv}$ – коэффициенты, зависящие от материала заготовки, состояния материала инструмента.

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\sigma}}\right)^{n_v} \quad (8.3)$$

где K_{Γ} – табличный коэффициент;

σ_{σ} – предел выносливости стали 40, МПа; $\sigma_{\sigma} = 690$ МПа.

Принимаем по [7, т.1, с.189]: $C_v = 350$; $T = 60$ мин; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$;

$$K_{Пv} = 1,0; K_{Иv} = 1,15; K_{\Gamma} = 1,0; n_v = 1,0.$$

$$K_{Mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{690}\right)^{1,0} = 1,09.$$

$$K_v = 1,09 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 1,25.$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,51^{0,35}} \cdot 1,25 = 270,9 \text{ м/мин.}$$

Определяем частоту вращения шпинделя [5]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} \quad (8.4)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 270,9}{3,14 \cdot 55,7} = 1548 \text{ м/мин.}$$

Определяем силу резания [5]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p. \quad (8.5)$$

Принимаем по [7, т.1, с.196]: $C_p = 300$; $n = -0,15$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $K_p = 0,87$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,51^{0,75} \cdot 270,9^{-0,15} \cdot 0,87 = 340 \text{ Н.}$$

Определяем мощность резания [5]:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot d} \quad (8.6)$$

$$N_{рез} = \frac{340 \cdot 270,9}{1020 \cdot 50} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Определяем основное время [5]:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \quad (8.7)$$

$$L_{px} = L_{рез} + y \quad (8.8)$$

где $L_{рез}$ – длина резания, принимается длине обработанной

поверхности в направлении подачи, мм; $L_{рез} = 161$ мм.

y – длина подвода, врезания и перебега.

Для чистовой обработки длина подвода равна 2 мм. Длины врезания и перебега равны нулю, т.к. $\alpha = 95^\circ$.

$$L_{px} = 161 + 2 = 163 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{163}{0,51 \cdot 1548} = 0,2 \text{ мин.}$$

Рассчитываем режимы резания на шлифование чистовое поверхности диаметром $\varnothing 50k6_{-0.002}^{+0.021}$

Выбор шлифовального круга:

Выбор размера шлифовального круга.

Выбор характеристик шлифовального круга:

Диаметр круга $D_k = 600$ мм; $B_k = 63$ мм.

Выбор характеристик шлифовального круга:

23A50HSM27K1.

Расчет режимов резания:

Определение частоты вращения круга:

$$n_k = \frac{1000 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k} \cdot 60 \quad (8.9)$$

где V_k – скорость вращения круга, м/с;

D_k – диаметр круга, мм.

Принимаем $V_k = 50$ м/с

$$n_k = \frac{1000 \cdot 50}{\pi \cdot 600} \cdot 60 = 1593 \text{ об/мин.}$$

Определение частоты вращения изделия: $n_{изд} = 200$ об/мин.

Определение минутной поперечной подачи:

$$S_{ноп.р.} = S_{ноп.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (8.10)$$

где $S_{ноп.}$ – нормативная минутная поперечная подача, мм/мин;

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 – поправочные коэффициенты на поперечную подачу.

Принимаем: $S_{ноп.} = 0,48$ мм/мин; $K_1 = 1,1$; $K_2 = 1,3$; по [8. с.130]

$K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $K_5 = 1,0$. по [5.с.54]

$$S_{ноп.р.} = 0,48 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,67 \text{ мм/мин.}$$

Определение основного технологического времени:

$$T_o = \frac{z}{S_{ноп.р.}}, \quad (8.11)$$

где z - припуск на сторону под обработку, мм; $z=0,15$ мм.

$$T_o = \frac{0,15}{0,67} = 0,22 \text{ мин.}$$

Режимы резания на обработку остальных поверхностей назначаем аналогично и сводим их в таблицу 7.

Таблица 7- Параметры режимов резания

№ операции	Наименование операции, перехода	Глубина резания t , мм	Длина резания l , мм	Подача S_o , мм/об		Скорость V , м/мин		Частота вращения n , мин ⁻¹		Минутная подача $S_{м}$, мм/мин	Основное время t_o , мин
				Расчетная	Принятая	Расчетная	Принятая	Расчетная	принятая		
010	<u>Фрезерная</u>										
	1.Фрезеровать торец	0,85	50	0,8	0,8	100,5	100,5	400	400	320	3,02
	2.Центровать торец	3,15	5	0,2	0,2	28	28	415	415	283	2
015	<u>Токарная</u>										
	1.Точение черновое:										
	Ø55	2,5	28	0,2	0,2	0,5	0,5	500	500	0,2	2
	2.Точение чистовое										
	Ø62	0,5	28	0,51	0,51	0,5	0,5	500	500	1049	10
	Ø62,5	0,5	3	0,51	0,51	0,5	0,5	500	500	722	10
	Центровать торец	3,15	5	0,2	0,2	0,5	0,5	500	500	0,2	2
020	<u>Токарная</u>										
	1.Точение черновое										

	Ø55	2,5	161	2,51	2,51	0,3	0,3	500	500	204	10
	Ø60	2,5	2	2,51	2,51	0,3	0,3	500	500	204	21
	Ø75	2,5	15	2,51	2,51	0,3	0,3	500	500	204	10
	Ø90	2,5	12	2,51	2,51	0,3	0,3	500	500	204	10
	2.Точение чистовое										
	Ø50	0,5	161	0,51	0,51	270,9	270,9	1548	1548	204	0,2
	Ø55	0,5	2	0,51	0,51	270,9	270,9	1548	1548	204	0,1
	Ø49,5	0,5	44	0,51	0,51	270,9	270,9	1548	1548	204	0,2
	Ø70	0,5	15	0,51	0,51	270,9	270,9	1548	1548	204	0,2
	Ø85	0,5	12	0,51	0,51	270,9	270,9	1548	1548	204	0,2
025	<u>Шлифовальн ая</u>										
	Шлифовать:										
	Ø50 ^{+0,021} _{-0,002}	0,15	161	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,22
	Ø85 _{-0,22}	0,15	22	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,2
030	<u>Фрезеровани е.</u>										
	1.Фрезеровк а шлиц	5	66	2,25	2,25	10,5	10,5	33,4	33,4	75,2	117

	2.Фрезеровка а зубьев	5	22	2,5	2,5	10,5	10,5	33,4	33,4	75,2	80,3
045	<u>Сверлильная</u>										
	2 отв. Ø5	2,5	22	0,01	0,01	26,5	26,5	1400	1400	210	0,45
	Зенковка										
	2 фаски 1Ч45 ⁰	0,5	4	0,08	0,08	9,5	9,5	500	500	40	0,2
	Резьба М6	1	18	2	2	105,5	105,5	800	800	1600	0,03
055	<u>Токарная</u>										
	Правка центровых отверстий	3,15	10	0,2	0,2	28	28	1415	1415	283	0,02
060	<u>Шлифовальная</u>										
	Шлифовать:										
	Ø50 ^{+0,021} _{-0,002}	0,15	161	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,22
	Ø49,5 _{+0,4}	0,15	44	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,1
	Ø55 _{-0,8}	0,15	3	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,1
	Ø70 _{-0,8}	0,15	12	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,1
	Ø85 _{-0,22}	0,15	22	0,67	0,67	50 м/с	50 м/с	200	200	-	0,2
065	<u>Шлицешлиф овальная</u>										

	Шлифовать шлицы $5_{-0,09}^{-0,03}$	0,2	66	0,01	0,01	6	6	-	-	200	284,1
070	<u>Зубошлифов</u> <u>альная</u>										
	Шлифовать зубья $5_{-0,09}^{-0,03}$	0,2	22	0,01	0,01	6	6	-	-	200	284,1

1.9 Нормирование операций

Технические нормы времени в условиях серийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом, суть которого состоит в определении всех составляющих штучно-калькуляционного времени.

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле[5]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{n-з}}{n} + T_{шт}, (9.1)$$

где $T_{n-з}$ – подготовительно – заключительное время;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

n – размер партии деталей: $n = 500$ дано из курсового проекта.

Штучное время определяется по формуле[5]:

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{об} + T_{от}, (9.2)$$

где T_o – основное время, мин;

$T_в$ – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$ – время обслуживания рабочего места, мин;

складывается из времени организационное и времени на

техническое обслуживание рабочего места

$T_{от}$ – время перерывов на отдых или иные потребности, мин.

Нормативы вспомогательного времени используем с учетом коэффициента для среднесерийного производства $k=1,85$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{н-з}}{n} + T_o + (T_{yc} + T_{зо} + T_{yn} + T_{из}) \cdot k + T_{об.от}, \quad (9.3)$$

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы[5]:

$$T_в = T_{yc} + T_{зо} + T_{yn} + T_{из}, \quad (9.4)$$

где T_{yc} – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{зо}$ – время на закрепление и открепление детали, мин;

T_{yn} – время на приемы управления, мин;

$T_{из}$ – время на измерение детали, мин.

Тогда на обслуживание рабочего места определяется по формуле [5]:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \quad (9.5)$$

где $T_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;

$T_{орг}$ – время на организационное обслуживание рабочего места, мин.

Время обслуживания $T_{обс}$ и отдых $T_{отд}$ в серийном производстве по отдельности не определяются. В нормативах дается сумма этих двух составляющих в процентах от оперативного времени $T_{оп}$.

Оперативное время определяется по формуле[5]:

$$T_{оп} = T_o + T_в, \quad (9.6)$$

Подготовительно-заключительное время состоит из следующих составляющих:

- время на наладку станка и установку приспособления;
- время перемещений и поворотов рабочих органов станков;
- время на получение инструментов и приспособлений до начала и сдачи после окончания обработки и др.

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для фрезерования детали.
 $T_o = 1,44$ мин. по [8, т.1. с.175]

Вспомогательное время складывается из следующих составляющих:

Установка и снятие детали $T_{yn} = 0,15$ мин. по [8, т.1. с.175]

Время связанное с переходом:

-подача механическая $t=0,05$ мин; по [8, т.1. с.175]

-включение шпинделя кнопкой $t=0,015$ мин; по [8, т.1. с.175]

-повернуть кондуктор $t=0,1$ мин; по [8, т.1. с.175]

-настройка фрезы $t=0,8$ мин. по [8, т.1. с.176]

Время на измерение $T_{из} = 0,1$ при 10% контроле

$$T_{из} = \frac{0,1 \cdot 10}{100} = 0,01 \text{ мин}$$

$$T_{всп} = 0,15 + 1,115 + 0,01 = 1,275 \text{ мин.}$$

$$T_{он} = 1,44 + 1,275 = 2,715 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время при фрезеровании $T_{н-з} = 15$ мин.

$$T_{об} = 3\% \text{ от } T_{он}.$$

$$T_{об} = \frac{2,715 \cdot 3}{100} = 0,08 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 3\% \text{ от } T_{он}.$$

$$T_{отд} = \frac{2,715 \cdot 3}{100} = 0,08 \text{ мин.}$$

$$T_{шт-к} = 0,15 + 2,715 + 0,08 + 0,08 = 3,02 \text{ мин.}$$

Расчет нормы штучно-калькуляционного времени для операции 045, сверление 2-х отверстий диаметром 6 мм, длиной 22 мм, сверлом из быстрорежущей стали Р6М5, $T_o = 1,44$ мин.

Вспомогательное время складывается из следующих составляющих:

-установка и снятие детали в кондуктор $T_{yn} = 0,15$ мин.

Время связанное с переходом:

-подача механическая $t=0,05$ мин;

-включение шпинделя кнопкой $t=0,015$ мин;

-повернуть кондуктор $t=0,1$ мин;

-вывод сверла для удаления стружки $t=0,14$ мин.

$$T_{уп.} = 0,45 \cdot 2_{отв} = 0,9 \text{ мин.}$$

Время на измерение $T_{из} = 0,1$ при 10% контроле

$$T_{из} = \frac{0,1 \cdot 10}{100} \cdot 2 = 0,02 \text{ мин.}$$

$$T_{всп} = 0,15 + 0,9 + 0,02 = 1,07 \text{ мин.}$$

$$T_{он} = 1,44 + 1,07 = 2,51 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время при сверлении $T_{n-3} = 15$ мин.

$$T_{об} = 3\% \text{ от } T_{он.}$$

$$T_{об} = \frac{2,51 \cdot 3}{100} = 0,075 \text{ мин.}$$

$$T_{отд} = 3\% \text{ от } T_{он.}$$

$$T_{отд} = \frac{2,51 \cdot 3}{100} = 0,075 \text{ мин.}$$

$$T_{ит-к} = 0,15 + 2,51 + 0,075 + 0,075 = 2,81 \text{ мин.}$$

Расчеты норм времени по всем операциям сводятся в таблицу 8.

Таблица 8- Нормы времени выполнения механических операций

Номер и наименование операции	$T_{шт-к}, мин.$
005 заготовительная	2,5
010 фрезеровано-центровальная	9,04
015 токарная	37,53
020 токарная	23,84
025 фрезерование	25
030 фрезерование	34
035 зубозакруглительная	17
040 шевингование	23
045 сверление	37
050 термообработка	10
055 шлифовальная	32
060 шлифовальная	18,54
065 шлифовальная	10,78
070 окончательный контроль	10
Всего:	290,23

2 Конструкторская часть

2.1 Формирование технического задания на изготовление

Разработка конструкции станочного приспособления должна производиться с учетом обеспечения необходимой точности обработки детали, достижения наибольшей производительности и экономичности. Для этого конструкция приспособления должна обеспечивать:

- 1) требуемую точность установки и надежность крепления обрабатываемой детали;
- 2) быстроту действия;
- 3) применение незначительных усилий для приведения в действие зажимов, удобство и безопасность работы;
- 4) невысокую стоимость изготовления приспособления и надежность его в эксплуатации.

2.2 Описание устройства и работы зажимного устройства

Заготовка устанавливается в тисках и зажимается призматическими губками. Зажим осуществляется зажимом типа «винт-гайка».

Заготовка закрепляется по наружному диаметру $\varnothing 50\text{к}6$.

Зажимное устройство на квадратной, металлической плите с направляющей, обеспечивающую необходимый ход зажимному устройству, крепится четырьмя болтами к столу станка.

Заготовка на операции остается неподвижной, а обработка осуществляется с помощью хода зажимного устройства.

2.3 Силовой расчет зажимного устройства

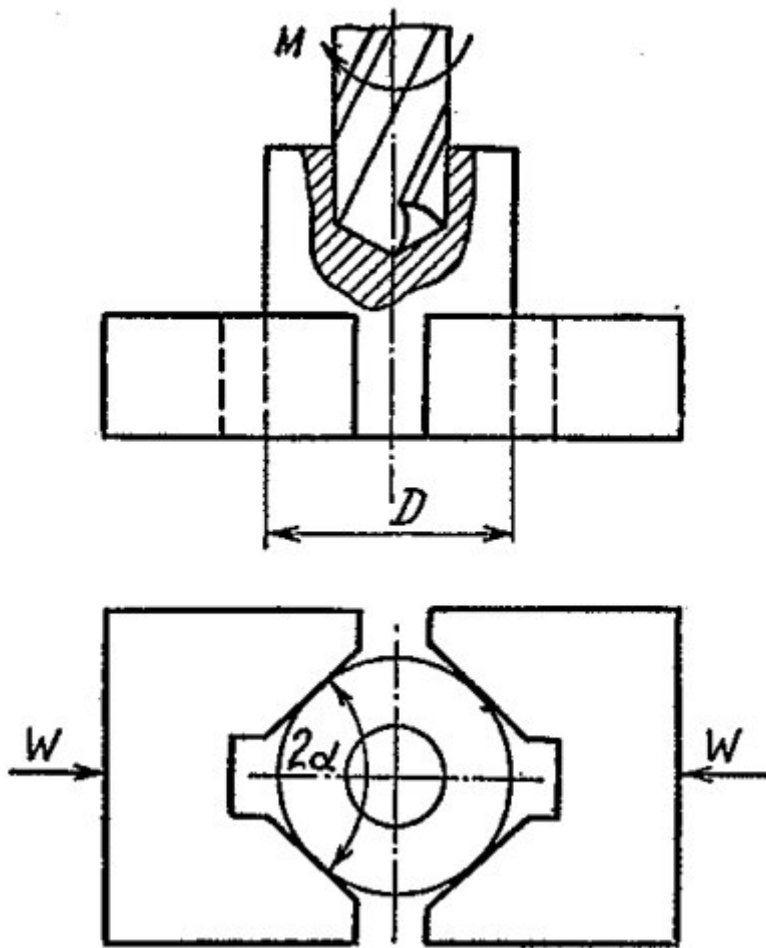


Рисунок 2- схема закрепления детали

При наглядном примере на рисунке 2 расположения сил резания, произведен силовой расчет зажимного устройства [7].

$$W = kMs \sin \alpha / \pi f d \quad (3.1)$$

где M – крутящий момент на сверле,

f – коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов

$$f = 0.25 \text{ по [7, т.2. с.50]}$$

k – коэффициент запаса,

2α – угол призмы.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (3.2)$$

k_0 – гарантированный коэффициент запаса, $k_0 = 1,5$;

k_1 – коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, вызывающих увеличение

сил резания. $k_1 = 1,0$;

k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при затуплении инструмента. $k_2 = 1,0$;

k_3 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании. $k_3 = 1,0$;

k_4 – коэффициент, учитывающий постоянство развиваемых сил зажима. $k_4 = 1,3$;

k_5 – коэффициент, учитывающий удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах $k_5 = 1,2$;

k_6 – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку. $k_6 = 1,0$.

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,34$$

$$W = 2,34 \cdot 21000 \cdot \sin \frac{90^\circ}{2} / 3,14 \cdot 0,25 \cdot 50 = 876,3 \text{ Н}$$

2.4 Расчет зажимного устройства на точность

Полная погрешность обработки зависит от суммы базирования, закрепления, наладки станка, точности инструмента, случайных отклонений, точности обработки деталей приспособления и т.д. и определяется путем суммирования составляющих.

Погрешность обработки может быть определена по формуле [7]:

$$\Delta_{обр} = \sum \Delta_c + K \cdot \sqrt{\Delta_\theta^2 + \Delta_z^2 + \Delta_p^2} \leq \delta, (3.3)$$

где δ – допуск на размер при выполнении операции; $\delta=1,3$ мм.по [7, т.2. с.50]

$\sum \Delta_c$ – сумма систематических погрешностей, состоящая из погрешностей наладки, приспособления, инструмента и др.

Величину $\sum \Delta_c$ следует определять с учетом взаимной компенсации ее отдельных составляющих.

Учитывая возможность компенсации составляющих $\sum \Delta_c$ при проектировании, принимаем $\sum \Delta_c = 0$; по [7, т.2. с.50]

K – коэффициент, зависящий от закона рассеяния погрешностей, $K=1$;

Δ_δ – погрешность базирования;

Δ_3 – погрешность закрепления;

Δ_p – погрешность, вызываемая рассеянием размеров в результате действия случайных факторов (изменение структуры и механических свойств обрабатываемого металла, припуска и др.).

$$\Delta_p = 0,32 \cdot \sigma, \quad (3.4)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение, приближенно

принимаем $\sigma = \pi/6$. по [7, т.2. с. 50]

$$\Delta_p = 0,32 \cdot \frac{\pi}{6} = 0,32 \cdot \frac{3,14}{6} = 0,167 \text{ мм.}$$

Принимаем: $\Delta_3 = 135 \text{ мкм} = 0,135 \text{ мм.}$

Погрешность базирования Δ_δ рассчитывается по формуле:

$$\Delta_\delta = \frac{\Delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} - 1 \right) \quad (3.5)$$

где ΔD – допуск на диаметральный размер, мм; $\Delta D = 2,5 \text{ мм.}$

γ – угол призмы, $\gamma = 90^\circ$.

$$\Delta_{\delta} = \frac{2,5}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{90^{\circ}}{2}} - 1 \right) = 0,518 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{обр}} = 0 + 1 \cdot \sqrt{0,518^2 + 0,135^2 + 0,167^2} = 0,56 < \delta = 1,3 \text{ мм.}$$

2.5 Проектирование контрольного приспособления

Основанием прибора является станина 1, на которой установлены установочные 4 и 7 и измерительная 2 бабки. Центр установочной бабки жестко закреплен, а центр измерительной бабки перемещается при помощи рукоятки 8. Закрепление левой и правой бабок на станине осуществляется при помощи ручек 3 и 9. Измерительная бабка 2 несет на себе шток 13 с измерительным узлом 11. Перемещение измерительной бабки по направляющей 10 производится вручную, а закрепление ее рукояткой 6. Измерительный узел имеет возможность перемещаться по штоку и параллельно оси центров прибора и крепится винтом 5. Деталь 14 зажимается в центрах в устойчивое положение и так, чтобы обеспечить удобство измерения. В шлицы подводится измерительный наконечник 12 измерительной головки, показывающий отклонение от соосности.

2.6 Расчет приспособления на точность

Точность контрольного приспособления рассчитывается по формуле [7]:

$$E_{np} = E_{изм} + E_{уст} + E_{изг} \quad (6.6)$$

где, $E_{изм}$ – погрешность вызванная износом установочного элемента, $E_{изм} = 0$; по [7, т.2. с.50]

$E_{уст}$ – погрешность установки для бабок [7];

$$E_{уст} = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_3^2}; \quad (6.7)$$

где, E_{δ} – погрешность базирования, $E_{\delta} = 0$. по [7, т.2. с.50]

E_3 – погрешность закрепления, $E_3 = 15$ мкм.

$E_{изг}$ – погрешность изготовления.

$$E_{np} = 0 + 15 + 8 = 23 \text{ мкм.}$$

Погрешность контрольного приспособления должно

удовлетворять условию:

$$\Delta_{изм} \leq 40\% \text{ от } \delta$$

3 Экономическая часть

3.1 Технологическая часть для станка с ЧПУ

В таблице 9 приведен технологический процесс получения детали на станке с ЧПУ.

Таблица 9- Маршрут изготовления детали на станке с ЧПУ

005 Заготовительная	Ковка на ГКМ	Горизонтально-ковочная машина с вертикальным разъемом матриц В1138
010 Токарная	<p>1.Фрезеровать торец.</p> <p>2.Обработка внутреннего отверстия $\varnothing 62$мм, длиной 12мм и нарезание фаски 45°.</p> <p>3.Проточка канавки $\varnothing 62.5$мм, длиной 3мм.</p> <p>4.Сверление центровочного отверстия.</p> <p>5.Закругление фаски R16 и обработка наружной поверхности $\varnothing 85$мм, $\varnothing 70$мм, $\varnothing 55$мм.</p> <p>6.Нарезание зубьев.</p> <p>7.Закругление зубьев.</p> <p>Переустановка.</p> <p>8. Фрезеровать торец.</p> <p>9.Обработка наружной поверхности $\varnothing 50$мм длиной 161мм, $\varnothing 49,5$мм длиной 44мм, округление R0,5мм, нарезание фаски 45°.</p> <p>10.Нарезание шлицев.</p> <p>11.Сверление двух отверстий $\varnothing 6$мм, глубиной 22мм.</p> <p>12.Нарезание резьбы М6 на</p>	Токарно-фрезерный центр с ЧПУ Agix TMD42CL

	глубину 18мм.	
015 Термообработка	1.Закалка по Роквеллу шлицевой поверхности.	ТВЧ установка ВЧ-40АВ
020 Шлифовальная	1.Шлифование шлицевой поверхности	Зубошлифовальный станок 5А851
025 Окончательный контроль		Контрольное приспособление

В таблице 10, подсчитано время выполнения операций.

Таблица 10- Нормирование операций

Название операции	Время выполнения (мин)
005Заготовительная	2,5
010Токарная	22,19
015Термообработка	10
020Шлифовальная	18,54
025Окончательный контроль	10
Итого:	63,23

НАЗНАЧЕНИЕ по ссылке [9]:

Токарный обрабатывающий центр **ARIX** серии **TMA**(на рисунке 3), **TMS** является оборудованием нового поколения, разработанным в соответствии с последними тенденциями в области металлообработки, предъявляемым к прецизионному металлорежущему оборудованию. Станки предназначены для высокоскоростной и точной токарной обработки легких сплавов: алюминия, дюрала, меди, латунь и т.д. Данные станки непосредственно сориентированы на серийное и массовое производство деталей в автоматическом цикле.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

Токарные обрабатывающие центры **ARIX** серии **TMA**, **TMS** применяются во всех отраслях машиностроительной индустрии, а также в авиационно-космической промышленности и приборостроении.



Рисунок 3- Токарно-фрезерный центр с ЧПУ Arix TMD42CL

3.2 Затраты на изготовление детали на ЧПУ

Стоимость площади для оборудования и стоимость станков по [9] и [10]:

005 Горизонтально-ковочная машина с вертикальным разъемом матриц В1138

$$4835 \times 3450 \cdot 4000 \text{руб} = 66720 \text{руб.}$$

$$C_{\text{станка}} = 5200000 \text{руб.}$$

010 Токарно-фрезерный центр с ЧПУ Arix TMD42CL

$$3000 \times 2100 \cdot 4000 \text{руб} = 25200 \text{руб.}$$

$$C_{\text{станка}} = 8500000 \text{руб.}$$

015 ТВЧ установка ВЧ-40АВ

$$(560 \times 230 + 460 \times 265) \cdot 4000 \text{руб} = 960 \text{руб.}$$

$$C_{\text{станка}} = 100000 \text{руб.}$$

020 Зубошлифовальный станок 5А851

$$2780 \times 2200 \cdot 4000 \text{руб} = 24464 \text{руб.}$$

$$C_{\text{станка}} = 600000 \text{руб.}$$

Итого: $C_{\text{площадь}} = 96116,38 \text{руб.}$

$$C_{\text{оборуд}} = 14400000 \text{руб.}$$

Таблица 11- Затраты на заработную плату рабочих

Профессия	З/П (руб/ч.)
Слесарь-инструментальщик	200,6
Конструктор	158,05
Фрезеровщик	164,1

Используя таблицу 11 рассчитана заработная плата рабочих.

Слесарь-инструментальщик:

$$12,5\text{мин} \cdot 500 \cdot 200,6\text{руб/ч} = 20833,83\text{руб.}$$

Конструктор:

$$32,19\text{мин} \cdot 500 \cdot 158,05\text{руб/ч} = 42396,9\text{руб.}$$

Фрезеровщик:

$$18,54\text{мин} \cdot 500 \cdot 164,1\text{руб/ч} = 25353,45\text{руб.}$$

Итого: $C_{зп} = 88584,18\text{руб.}$

Себестоимость детали [8]:

$$C_{\partial} = \frac{K_1 \cdot C_{\text{обор.}} + K_2 \cdot C_{\text{площадь}} + C_{\text{зар.плата}}}{n} + C_{\text{загот.}} \quad (2.1)$$

$$C_{\partial} = \frac{20\% \cdot 14400000\text{руб} + 20\% \cdot 96116,38\text{руб} + 88584,18\text{руб}}{500} + 199,37\text{руб} \\ = 6175\text{руб.}$$

3.3 Затраты на изготовление детали на универсальном оборудовании

Стоимость площади для оборудования и стоимость станков по [9] и [11]:

005 Горизонтально-ковочная машина с вертикальным разъемом матриц В1138

$$4835\text{мм} \times 3450\text{мм} \cdot 4000\text{руб} = 66720\text{руб.}$$

$C_{\text{станка}} = 5200000\text{руб.}$

010 Фрезерно-центровальный станок МР-71

$2640 \times 1450 \cdot 4000 \text{руб} = 15280 \text{руб}.$

$C_{\text{станка}} = 350000 \text{руб}.$

015,020,055 Токарно-винторезный станок 16К20

$2975 \times 1190 \cdot 4000 \text{руб} = 13280 \text{руб}.$

$C_{\text{станка}} = 1300000 \text{руб}.$

025, 030 Зубофрезерный вертикальный полуавтомат ВС-122-30

$2650 \times 1500 \cdot 4000 \text{руб} = 15900 \text{руб}.$

$C_{\text{станка}} = 4879000 \text{руб}.$

035 Зубозакругляющий полуавтомат ВС-80

$1730 \times 1200 \cdot 4000 \text{руб} = 8280 \text{руб}.$

$C_{\text{станка}} = 2316070 \text{руб}.$

040 Зубошевинговальный универсальный полуавтомат ВС-Е02В-22

$2100 \times 1600 \cdot 4000 \text{руб} = 13440 \text{руб}.$

$C_{\text{станка}} = 3627070 \text{руб}.$

045 Вертикально-сверлильный станок 2Л125

$860 \times 560 \cdot 4000 \text{руб} = 1920 \text{руб}.$

$C_{\text{станка}} = 398430 \text{руб}.$

050 ТВЧ установка ВЧ-40АВ

$$(560 \times 230 + 460 \times 265) \cdot 4000 \text{руб} = 960 \text{руб}$$

$$C_{\text{станка}} = 100000 \text{руб.}$$

060 Круглошлифовальный станок MD1320В

$$2150 \times 1500 \cdot 4000 \text{руб} = 12800 \text{руб.}$$

$$C_{\text{станка}} = 2135000 \text{руб.}$$

065,070 Зубошлифовальный станок 5А851

$$2780 \times 2200 \cdot 4000 \text{руб} = 24464 \text{руб.}$$

$$C_{\text{станка}} = 600000 \text{руб.}$$

$$\text{Итого: } C_{\text{площадь}} = 179304 \text{руб.}$$

$$C_{\text{оборуд}} = 20905570 \text{руб.}$$

Таблица 12- Затраты на заработную плату рабочих

Профессия	З/П (руб/ч.)
Токарь	164,1
Станочник	176,29
Фрезеровщик	164,1
Технолог	164,1
Слесарь-инструментальщик	200,6

Используя таблицу 12, рассчитана заработная плата рабочих.

Токарь:

$$61,37 \text{мин} \cdot 500 \cdot 164,1 \text{руб/ч} = 83923,4 \text{руб.}$$

Станочник:

$$37\text{мин} \cdot 500 \cdot 176 \text{ руб/ч} = 54266,6\text{руб.}$$

Фрезеровщик:

$$169,36\text{мин} \cdot 500 \cdot 164,1 \text{ руб/ч} = 231599,8\text{руб.}$$

Технолог:

$$10\text{мин} \cdot 500 \cdot 164,1 \text{ руб/ч} = 13675\text{руб.}$$

Слесарь-инструментальщик:

$$12,5 \text{ мин} \cdot 500 \cdot 200,6 \text{ руб/ч} = 20895,83\text{руб.}$$

Итого: $C_{\text{зп}} = 404360,63\text{руб.}$

Себестоимость детали:

$$C_{\partial} = \frac{20\% \cdot 20905570\text{руб} + 20\% \cdot 179304\text{руб} + 404360,63\text{руб}}{500} + 199,37\text{руб} \\ = 9442\text{руб.}$$

Вывод: данную деталь при партии 500 штук в год, оптимальнее изготавливать на станке с ЧПУ, на 3267 рублей за одну штуку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе были разработаны два варианта механической обработки шлицевого вала-шестерни. Проведены расчеты припусков на обработку, режимов резания и норм времени на все операции.

Было выбрано необходимое технологическое оборудование, спроектировано зажимное приспособление для сверлильной операции, контрольное приспособление для контроля радиального биения шлицев.

Так же был рассмотрен вопрос организации производственного процесса: рассчитана необходимая площадь для универсального оборудования и оборудования с ЧПУ, сделан расчет заработной платы для обоих вариантов. Были рассмотрены два варианта получения заготовки и принят оптимальный.

В организационно-экономическом разделе проведен анализ сравнения методов механической обработки и выбран оптимальный.

Пояснительная записка состоит из двенадцати разделов, изложенных на пятидесяти двух страницах машинописного текста, содержит двенадцать таблиц, список литературы из одиннадцати наименований и приложений. Графическая часть выполнена на девяти листах формата А1.

CONCLUSION

The purpose of this diploma project is to develop two machining methods of a splined gear shaft. The machining allowances, cutting speeds and standard times for all operations are worked out.

It is selected the needed production equipment, the drilling fixtures and the control device for radial runout of splines are designed.

It is considered the organization of production process: the required floor space for general-purpose and NC machines are calculated, the payroll accounting for both methods is made. Two methods of workpiece production are considered and the best one is chosen.

The economic-organizing part gives a comparative analysis of these machining methods and the best one is chosen.

The explanatory note consists of twelve parts on fifty two pages, includes twelve tables, the list of eleven references and appendixes. The graphic part is on nine A1 sheets.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие / Под общ. ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Изд-во Гревцова, 2010.
2. Проектирование технологических процессов сборки машин / Под ред. А. А. Жолобова. - Минск : Новое знание, 2005.
3. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Минск : Выш. шк., 2004.
4. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А. К. Горошкин. - М. : Машиностроение, 2009.
5. Режимы резания металлов : справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. - М. : Машиностроение, 2008.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - М. : Машиностроение, 2007. - Т. 1.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - М. : Машиностроение, 2005. - Т. 2.
8. Обработка металлов резанием : справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. - М. : Машиностроение, 2005.
9. Каталог оборудования [Электронный ресурс]: база содержит сведения о ценах на станки оснастку к ним для обработки металла и дерева.- Москва,- Режим доступа:<http://rustan.ru/>
10. Каталог оборудования [Электронный ресурс]: база содержит сведения о ценах на станки оснастку к ним для обработки металла и дерева.- Екатеринбург,- Режим доступа:<http://stanok-kpo.ru/>
11. Каталог оборудования [Электронный ресурс]: база содержит сведения о ценах на станки оснастку к ним для обработки металла и дерева.- Москва,- Режим доступа:<http://16k20.ru/>

ПРИЛОЖЕНИЯ