

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

*ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА*

Совершенствование технологического процесса «Шестерня».

Пояснительная записка

Исполнитель:

Чернов В.А. ЗТО-502

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (ф.и.о.)

Руководитель:

КТН Суриков В.П.

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (ф.и.о.)

Нормоконтролер:

КТН Суриков В.П.

\_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (ф.и.о.)

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является важнейшей отраслью народного хозяйства, определяющей уровень и темпы развития всех других отраслей промышленности сельского хозяйства, энергетики, транспорта и др.

Технология машиностроения – это наука об изготовлении машин требуемого качества в установленном производственной программой количестве и в заданные сроки при наименьших затратах труда, т.е. при наименьшей себестоимости.

Машиностроительная отрасль демонстрирует довольно высокие темпы роста. Можно отметить возобновление положительной динамики в автомобилестроении, являющемся ведущей отраслью российского гражданского машиностроения. Еще больше увеличили темпы роста производитель железнодо-рожной техники, сохранили положительную динамику приборостроители и производители электротехнического оборудования.

При разработке дипломного проекта решаются следующие задачи:

- Анализ заводского варианта технологического процесса обработки детали;
- Разработка нового технологического маршрута обработки детали;
- Выбор технологического оборудования и инструмента;
- Создание технологического процесса и соответствующей документации;
- Создание управляющей программы с помощью программного обеспечения Simens 840D.

Основными критериями разработки нового технологического процесса являются:

- Обработка наибольшего количества поверхностей за одну установку;

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

- Применение современного, высокопроизводительного, технологического оборудования;

- Уменьшение временных норм и достижение экономического эффекта;

Разработанный проект содержит данные о назначении, марке материала, технических требованиях, предъявляемых к изделию. Анализ технологичности конструкции, в котором рассматривается выявление недостатков и возможное улучшение конструкции детали. Производится расчет 2-х способов получения заготовки и выбор наиболее оптимального варианта. Разрабатывается технологический процесс обработки детали с подробным описанием маршрута, базирования выбора оборудования и инструмента по операциям. Приводится расчет припусков и операционных размеров для ответственных поверхностей, расчет режимов резания на каждую поверхность и расчет норм времени по операциям.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Описание конструкции детали и ее технологический анализ

Краткие сведения о детали и ее назначение.

Деталь «Шестерня» относится к деталям типа втулка. Изготавливается из стали 40Х. Служит для передачи вращательного движения между параллельными осями валов. Шестерни должны обладать достаточно высокой механической прочностью т.к. зубья шестерен испытывают сильные ударные нагрузки и нагрузки на изгиб.

Разрабатываемая шестерня 6М82 – 3 – 44 входит в третий зубчатый блок, находящийся на 4-м валу коробки скоростей вертикально-фрезерного станка модели 6М82. Данный блок является одним из 3-х блоков передвигаемых по шлицевым валам с помощью вилок, в целях изменения частоты вращения шпинделя и позволяющих сообщить данному шпинделю 18 скоростей.

Данная коробка скоростей позволяет выбирать требуемую скорость без последовательного прохождения промежуточных ступеней.

Шестерня работает в условиях постоянного смазывания т.к. отсутствие масляного дождя может вызвать недопустимый нагрев щечек вилок переключения и привести к заеданию вилок, их деформации и поломке. Смазка коробки переключения осуществляется от системы смазки коробки скоростей разбрызгиванием масла, поступающего из трубки в верхней части станины.

Анализ технических требований к детали

Разрабатываемая шестерня имеет шлицевое отверстие  $\varnothing 52$ мм предназначенное для посадки на шлицевый вал. Оно обработано по 8-му качеству точности с полем допуска Н и шероховатостью  $Ra = 3,2$  мкм, что позволяет пере-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

мещение шестерни вдоль оси вала при помощи вилки, под которую на детали предусмотрена фасонная канавка. Торцевые поверхности этой канавки обработаны по 9-му качеству точности с полем допуска Н и шероховатостью  $Ra = 1,25$  мкм. В целях повышения твердости и износоустойчивости они закалены токами высокой частоты до HRC 40...45. При обработке этих поверхностей выдерживается торцевое биение относительно оси отверстия  $\varnothing 52$ мм не более 0,05мм. Так же деталь имеет отверстие  $\varnothing 75$ мм, обработанное по 11-му качеству точности с полем допуска Н и шероховатостью  $Ra = 3,2$  мкм, которым она устанавливается на шестерню 11 и фиксируется на ней при помощи шпоночного паза расположенного на торце детали со стороны большего венца в целях получения тройного блока шестерен. Зубья обрабатываемой шестерни имеют бочкообразную форму, позволяющую плавное осевое переключение. Вершины зубьев обработаны по 9-му качеству точности с полем допуска Н и шероховатостью  $Ra = 3,2$  мкм, поверхность зуба обработана с шероховатостью  $Ra = 1,25$  мкм, а впадины зубьев с шероховатостью  $Ra = 3,2$  мкм. Сама деталь нормализуется до НВ 186...229.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

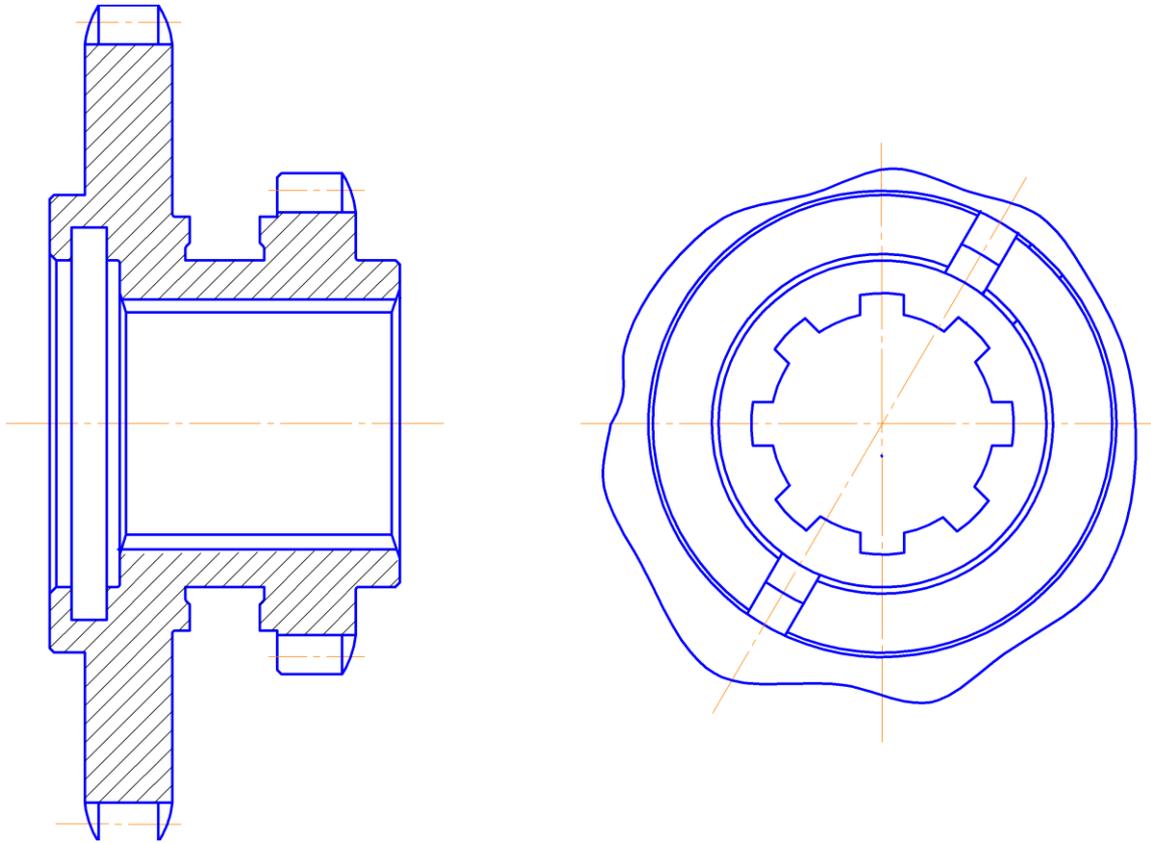


Рисунок 1 - Эскиз детали «Шестерня»

Изм	лист	№ докум	подпись	дата

ДП.44.03.04.627 ПЗ

Лист

## Качественная оценка технологичности

Центральное отверстие и конфигурация наружного контура обрабатываемой детали имеют ступенчатую форму, ступица на детали расположена с двух сторон. Деталь имеет канавки правильной формы. Учитывая соотношение диаметров и расстояния между ними можно сделать вывод о том, что имеется возможность многошпиндельной обработки. Способ получения заготовки – поковка штампованная.

Способ получения заготовки – поковка штампованная.

## Анализ технологичности

Анализ технологичности производится в соответствии с таблицей 1.

Масса детали и масса заготовки

$$m_d = 6,56 \text{ кг}$$

$$m_з = 8,15 \text{ кг}$$

Коэффициент использования материала рассчитываем по формуле:

$$K_m = \frac{m_d}{m_з}, \quad (1)$$

где  $m_d$  – масса детали, кг

$m_з$  – масса заготовки, кг

$$K_m = \frac{6,56}{8,15} = 0,8$$

т.к.  $0,8 > 0,75$  деталь технологична.

Расчет коэффициента точности обработки проводим по формуле:

$$K_{mоб} = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (2)$$

где  $A_{cp}$  – средний квалитет

$$K_{mоб} = 1 - \frac{1}{11,27} = 0,91$$

т.к.  $0,91 > 0,8$  деталь технологична.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Таблица 1- Количественная оценка технологичности

Элементы поверхности детали	Количество поверхностей	Количество унифицированных элементов	Квалитет точности, А	Шероховатость, Б
1. Отверстие шлицевое	1	1	12	3,2
2. Отверстие диаметром 75 Н11	1	1	11	6,3
3. Канавка Ø90 b=8	1	1	12	2,5
4. Фаска 18°	2	0	12	6,3
5. Наружная поверхность диаметром 105	1	1	11	6,3
6. зубчатая поверхность Ø192h9	1	1	9	3,2
7. Наружная поверхность диаметром 95	1	1	12	6,3
8. Канавка Ø75 b=16	1	0	12	3,2
9. зубчатая поверхность Ø115h9	1	1	9	3,2
10. Торце поверхности диаметром 105мм	1	0	12	3,2
11. Торце поверхности диаметром 192мм	2	0	12	6,3
12. Боковые поверхности наружной канавки	2	0	9	1,25
13. Торце поверхности диаметром 115мм	2	0	12	6,3
14. Торце поверхности диаметром 75мм	1	0	12	3,2
15. Фаска 1x45°	3	3	12	6,3
Итого:	21	10		

Расчет коэффициент шероховатости проводим по формуле:

$$K_u = 1 - \frac{1}{B_{cp}}, \quad (3)$$

где  $B_{cp}$  – средняя шероховатость

$$K_u = 1 - \frac{1}{4,47} = 0,78$$

т.к.  $0,78 > 0,32$  деталь технологична.

Количество унифицированных элементов  $Q_{у.э.} = 10$

Количество элементов поверхности детали  $Q_э = 21$

Коэффициент унификации детали и ее конструктивных элементов

$$K_{у.э.} = \frac{Q_{у.э.}}{Q_э} = \frac{10}{21} = 0,48 \quad (4)$$

т.к.  $0,48 > 0,32$  деталь технологична.

Деталь технологична, т.к. проходит по всем параметрам технологичности.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

## 1.2. Характеристика материала детали

Деталь изготовлена из стали 40Х.

Сталь 40Х ГОСТ4543 – 61 легированная конструкционная применяется для деталей с твердой износоустойчивой поверхностью, работающей при больших скоростях и средних нагрузках. Сталь 40Х применяется в моторостроении, турбостроении и нефтеперерабатывающем машиностроении.

Назначение стали 40ХГН:

Для валов, осей, деталей крепежа и других ответственных деталей машиностроения, от которых требуется повышенная прочность и прокаливаемость.

Приведем химический состав материала детали «Шестерня» в таблице 2.

Таблица 2 - Химический состав стали 40Х (ГОСТ 4543 – 61), %

C	Si	Mn	Cr
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	0,8 – 1,1

Механические и химические свойства стали 40Х (ГОСТ4543 – 61) приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3- Массовая доля элементов, %

$\sigma_T$ , мПа	$\sigma_B$ , мПа	$\sigma_5$ , %	$\Psi$ , %	КСЧ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ После отжига, не более
785	980	10	45	59	217

Таблица 4 - Механические свойства стали

$\sigma_T$ Кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$	$\delta$ %	$\psi$	$A_n$ , кгм/см <sup>2</sup>	НВ после отжига
70	90	12	45	10	229

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

### 1.3 Характеристика выбранного типа производства

Тип производства определяет выбор технологического оборудования, степень механизированных и автоматизированных процессов, технологическую оснастку и в целом весь технологический процесс.

На первом этапе проектирования тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 - Зависимость типа производства от объема выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей, шт.				
	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
5,0 – 10,0	<10	10 – 300	300 – 25000	25000 – 50000	50000

При массе детали  $M_d=6.56$  кг и объеме выпуска  $N=1200$  тип производства – среднесерийное.

Среднесерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготавливаемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. При среднесерийном производстве используется специализированное и частично специальное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ, связанных транспортирующими устройствами и управляемых от ЭВМ. Технологическая оснастка создается высокопроизводительная специальная, при этом целесообразность ее создания должна быть предварительно обоснована технико-экономическим расчетом. Большое распространение имеет универсально-сборная, переналаживаемая технологическая оснастка, позволяющая существенно повысить коэффициент оснащенности производства. В среднесерийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимуще-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

ственно дифференцирован, т.е. рассчитан на отдельные самостоятельные операции.

#### 1.4. Выбор вида заготовки и ее конструирование

Одним из основных направлений в машиностроении является выбор заготовок с оптимальными конструктивными формами, обеспечивающими возможность применения более экономичных и рациональных способов обработки с наибольшей производительностью и наименьшими отходами металла в стружку.

На выбор метода получения заготовки оказывают влияние: материал детали; ее назначение и технические требования на изготовление; объем и серийность выпуска; форма поверхностей и размеры детали.

Метод получения заготовки, обеспечивающий технологичность изготавливаемой из нее детали, при минимальной себестоимости последней считается оптимальным.

##### 1.4.1. Штамповка закрытая

Произведем расчет горячештампованной заготовки детали «Шестерня».

Расчетную массу поковки вычисляем по формуле:

$$M_{н.р.} = M_d \cdot K_p, \quad (5)$$

где  $M_d$  – масса детали, кг;

$$K_p = 1,5 - 1,8$$

$$M_{н.р.} = 6,56 \cdot 1,6 = 10,496 \text{ кг}$$

группа материала М2

степень сложности поковки С2

Размер описывающей поковки (цилиндр), мм

$$\text{диаметр } (192,4 \cdot 1,05) = 204 \text{ мм}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

длина  $(80 \cdot 1,05) 84$  мм

Расчет массы описывающей фигуры проводим по формуле:

$$M_{\phi} = \pi \cdot R^2 \cdot l \cdot \rho, \quad (6)$$

где  $R$  – радиус фигуры, мм;

$l$  – длина фигуры, мм;

$\rho$  – удельная плотность материала, МПа

$$M_{\phi} = 3,14 \cdot 10,2^2 \cdot 8,4 \cdot 7,81 \cdot 10^{-3} = 21,54 \text{ кг.}$$

$$K_c = \frac{M_{н.р.}}{M_{\phi}} = \frac{10,496}{21,54} = 0,48$$

класс точности поковки ТЗ

исходный индекс 10

Основные припуски на размеры, мм

Диаметральные

1,7 диаметр 192 чистота поверхности 3,2

1,6 диаметр 115 чистота поверхности 3,2

1,6 диаметр 105 чистота поверхности 6,3

1,5 диаметр 95 чистота поверхности 6,3

1,5 диаметр 75 чистота поверхности 6,3 (канавка)

1,5 диаметр 75 чистота поверхности 6,3 (бурт)

1,5 диаметр 75 чистота поверхности 3,2 (отверстие)

1,5 диаметр 52 чистота поверхности 2,5

Линейные

1,4 толщина 20 чистота поверхности 6,3

1,4 толщина 18 чистота поверхности 6,3

1,4 толщина 16 чистота поверхности 1,25

1,5 толщина 62 чистота поверхности 6,3

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Размеры поковки

Диаметральные

$$\varnothing 192 + 1,7 \cdot 2 = 195,4 \text{ мм}$$

$$\varnothing 115 + 1,6 \cdot 2 = 118,2 \text{ мм}$$

$$\varnothing 105 + 1,6 \cdot 2 = 108,2 \text{ мм}$$

$$\varnothing 95 + 1,5 \cdot 2 = 98 \text{ мм}$$

$$\varnothing 75 + 1,5 \cdot 2 = 78 \text{ мм}$$

$$\varnothing 75 + 1,5 \cdot 2 = 78 \text{ мм}$$

$$\varnothing 75 - 1,5 \cdot 2 = 72 \text{ мм}$$

$$\varnothing 52 - 1,5 \cdot 2 = 49 \text{ мм}$$

Линейные

$$20 + 1,4 \cdot 2 = 22,8 \text{ мм}$$

$$18 + 1,4 \cdot 2 = 20,8 \text{ мм}$$

$$16 - 1,4 \cdot 2 = 13,2 \text{ мм}$$

$$62 + 1,4 \cdot 2 = 64,8 \text{ мм}$$

Допускаемые отклонения размеров, мм

Диаметральные

Линейные

$$\varnothing 195,4^{+1,4}_{-0,8}$$

$$22,8^{+0,9}_{-0,5}$$

$$\varnothing 118,2^{+1,3}_{-0,7}$$

$$20,8^{+0,9}_{-0,5}$$

$$\varnothing 108,2^{+1,3}_{-0,7}$$

$$13,2^{+0,9}_{-0,5}$$

$$\varnothing 98^{+1,1}_{-0,5}$$

$$64,8^{+1,1}_{-0,5}$$

$$\varnothing 78^{+1,1}_{-0,5}$$

$$\varnothing 78^{+1,1}_{-0,5}$$

$$\varnothing 72^{+1,1}_{-0,5}$$

$$\varnothing 49^{+1,1}_{-0,5}$$

Радиус закругления наружных углов принимаем 3 мм

Штамповочные уклоны:

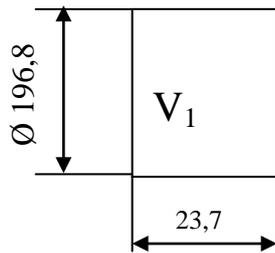
на наружной поверхности - 5°

на внутренней поверхности - 7°

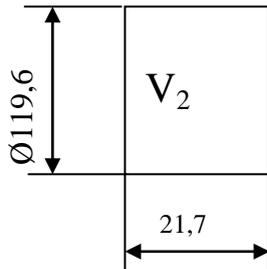
					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Рассчитаем массу каждой поковки по формуле 1.6:

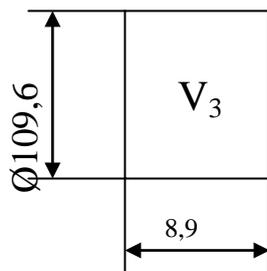
$$Q = \pi \cdot R^2 \cdot l \cdot \rho$$



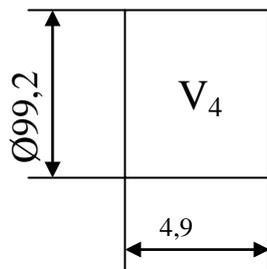
$$Q = 3.14 \cdot 9.84^2 \cdot 2.37 \cdot 7.81 \cdot 10^{-3} = 5.63 \text{ кг}$$



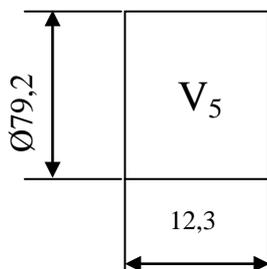
$$Q = 3.14 \cdot 5.98^2 \cdot 2.17 \cdot 7.81 \cdot 10^{-3} = 1.9 \text{ кг}$$



$$Q = 3.14 \cdot 5.48^2 \cdot 0.89 \cdot 7.81 \cdot 10^{-3} = 0.66 \text{ кг}$$



$$Q = 3.14 \cdot 4.96^2 \cdot 0.49 \cdot 7.81 \cdot 10^{-3} = 0.58 \text{ кг}$$



$$Q = 3.14 \cdot 3.96^2 \cdot 1.23 \cdot 7.81 \cdot 10^{-3} = 0.47 \text{ кг}$$



Определяем количество материала необходимого на программу:

$$Q_{np} = Q \cdot N_{с},$$

(9)

$$Q_{np} = 8,72 \cdot 1200 = 10464m$$

Эскиз заготовки детали «Шестерня» полученной методом закрытой штамповки приведен на рисунке 2.

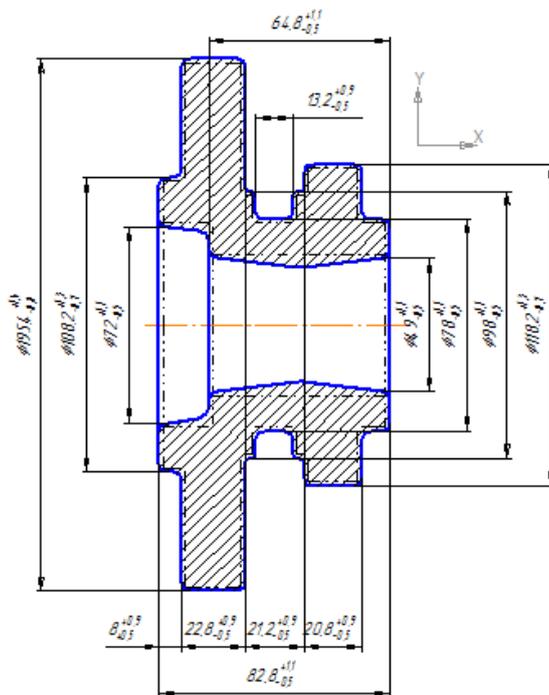


Рисунок 2 - Эскиз заготовки полученной методом закрытой штамповки

## 1.5. Анализ заводского технологического процесса

### 1.5.1. Краткое описание базового технологического процесса

#### Операция 005. Автоматно-токарная

Подрезать три торца одновременно

Точить наружные поверхности и расточить фаску 18°

Расточить отверстие Ø50,4мм

Станок 1265ПМ-8

Резец подрезной ГОСТ 1888-73 пластина Т5К10

Резец проходной ГОСТ 18877-73 пластина Т5К10

				ДП.44.03.04.627 ПЗ		Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Резец специальный

Резец расточной ГОСТ 18883-73 пластина T15K6

время 4,62мин

Операция 010. Автоматно-токарная

Подрезать два торца одновременно

Точить наружные поверхности

Расточить отверстие, согласно карты эскизов

Станок 1265ПМ-8

Резец подрезной ГОСТ 1888-73 пластина T5K10

Резец проходной ГОСТ 18877-73 пластина T5K10

Резец расточной ГОСТ 18883-73 пластина T15K6

время 5,67мин

Операция 015. Горизонтально- протяжная

протянуть шлицевое отверстие согласно карте эскизов

Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У

протяжка шлицевая 2402-2551 ГОСТ 25973-83

время 2,57 мин

Операция 020. Автоматная-токарная

Подрезать три торца одновременно

Точить наружные поверхности

Станок 1265ПМ-8

Резец подрезной ГОСТ 1888-73 пластина T15K6

Резец проходной ГОСТ 18877-73 пластина T15K6

время 2,4 мин

Операция 025. Токарная

обработать деталь по контуру

расточить отверстие Ø75 мм

точить канавку Ø105 мм

станок 16K20

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

резец проходной отогнутый ГОСТ 18877-73 пластина Т15К6

Резец проходной ГОСТ 18877-73 пластина Т15К6

резец канавочный внутренний ГОСТ 18885-73 пластина Т15К6

время 11,11 мин

Операция 030. Токарная

точить канавку наружную Ø75мм

станок 16К20

резец отрезной ГОСТ 18883-73 пластина Т5К10

резец отрезной ГОСТ 18883-73 пластина Т15К6

время 10,32 мин

Операция 035. Вертикально фрезерная

фрезеровать паз, выдерживая размеры 8Н12 и 5,5 мм

станок 6Р13

фреза дисковая пазовая 2250-0101

время 17,14 мин

Операция 040. зубодолбежная

обработать 26 зубьев в черновую

станок зубодолбежный 5140

дисковый прямозубый долбяк т4

время 8,66 мин

Операция 045. зубодолбежная

обработать 26 зубьев в чистовую

станок зубодолбежный 5140

дисковый прямозубый долбяк т4

время 4,46 мин

Операция 050. зубофрезерная

фрезеровать 46 зубьев

станок 53А33

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

фреза червячная 2510-4588 ГОСТ 9324-80

время 45,9 мин

Операция 055. зубозакругление

закруглить внешний торец зуба меньшего венца

закруглить внутренний торец зуба большего венца

станок 5E580

фреза пальцевая затылованная

время 9,18 мин

Операция 060. зубозакругление

закруглить внешний торец зуба большего венца

станок 5E580

фреза пальцевая затылованная

время 5,32 мин

Операция 065. зубошевенгование

шевинговать зубья большего венца

станок 5702В

шевер дисковый 2570-0419 ГОСТ 8570-80

время 2,95 мин

Операция 070. зубошевенгование

шевинговать зубья меньшего венца

Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23

шевер дисковый 2570-0419 ГОСТ 8570-80

время 1,95 мин

Операция 075. зубообкатывание

обработать зубья большего венца

станок 5A725

эталонное колесо

время 1,71 мин

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Операция 080. Зубообкатывание  
обработать зубья меньшего венца  
станок 5А725  
эталонное колесо  
время 1,68 мин

Операция 085.Круглошлифовальная  
шлифовать канавку, выдерживая размеры, согласно эскиза  
станок 3В164Б  
шлифовальный круг ГОСТ 2424-83  
время 1,95 мин

### 1.5.2. Характеристика технологического процесса

По признакам технологического процесса относят:

- по числу охватываемых изделий - единичный;
- по назначению - рабочий;
- по документации - маршрутно-операционный.

Соблюдены правила базирования на операциях, по принципу совмещения и постоянства баз.

Методы обработки поверхностей в базовой технологии выбраны верно, т.к. соответствуют методам обработки поверхностей технологической точности.

Выводы:

1. Технологический процесс изготовления детали “Шестерня” 44.03.04.627 разработан для условий серийного производства.
2. Комплект технологической документации содержит маршрутную технологию, развернутую пооперационную.
3. Технический цикл обработки поверхностей составлен правильно и направлен на реализацию технических требований изготовления детали.
4. Черновые, чистовые и промежуточные базы в операциях технологического

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

процесса выбраны правильно, соблюдается правило постоянства баз.

5. Фактические припуски на обработку соответствуют чертежу заготовки.

6. Параметры установленного оборудования соответствуют требованиям всех операций.

7. Операции снабжены необходимым дополнительным оборудованием для закрепления и контроля детали.

8. Технологические карты составлены надлежащим образом в программе «Компас» по стандарту предприятия, имеются эскизы для некоторых операций.

К недостаткам заводского технологического процесса можно отнести:

1. Большое количество операций, а так же связанное с этим количество установок детали. Данный факт негативно сказывается на относительной точности поверхностей и влечет за собой увеличение брака.

2. Неиспользование современного быстрорежущего инструмента. Используемый инструмент не соответствует современным возможностям и тем самым отрицательно влияет на время изготовления детали и качество её поверхностей.

3. Отсутствие высокоскоростного современного оборудования в технологическом процессе и специальных приспособлений говорит об устаревших способах обработки детали.

#### 1.6. Выбор баз по операциям

Базирование заготовки в приспособлении производится, как правило, двумя или тремя базами, причем оно сводится по существу к базированию ее отдельных баз. Основную базу необходимо выделять из группы баз, потому что способ ее базирования принципиально отличается от способа базирования остальных баз.

Операция 005. Токарно-фрезерная с ЧПУ

Установ А-Б.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

На данных позициях деталь устанавливается в 3-х кулачковом патроне. При установке заготовки в 3-х кулачковый патрон, деталь лишается пяти степеней свободы (рисунки 3 и 4).

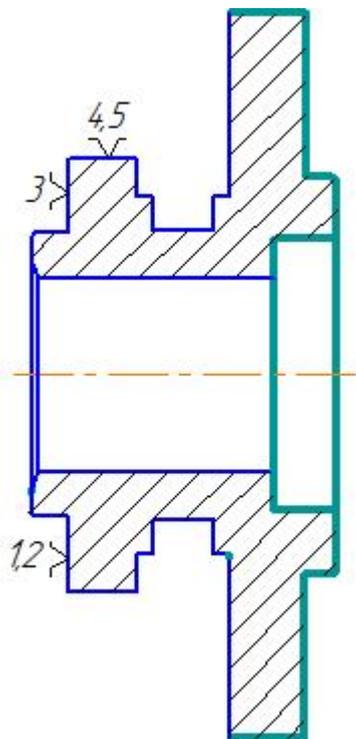
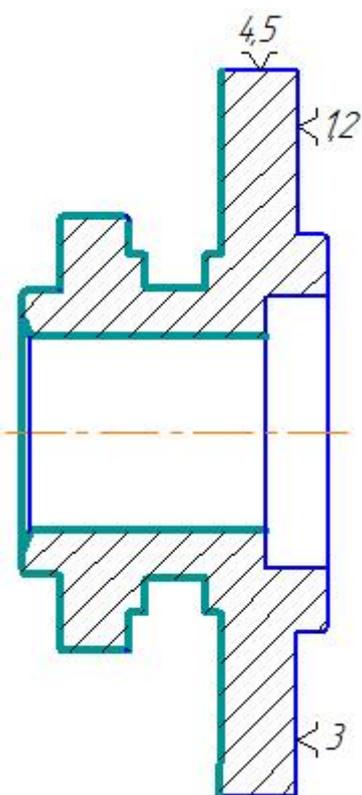


Рисунок 3 - Схема базирования детали при установке А.



					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Рисунок4 - Схема базирования детали при установке Б.

Операция 010. Горизонтально - протяжная

Установка детали при базировании ее на жесткую опору осуществляется по торцу детали, которым она опирается на неподвижный фланец, воспринимающий усилие резания. При таком способе установки центрирование детали производится самой протяжкой, которая, снимая равномерный слой металла со всех сторон протягиваемого отверстия, стремится совместить ось отверстия, подготовленного под протягивание, со своей осью (рисунок 5).

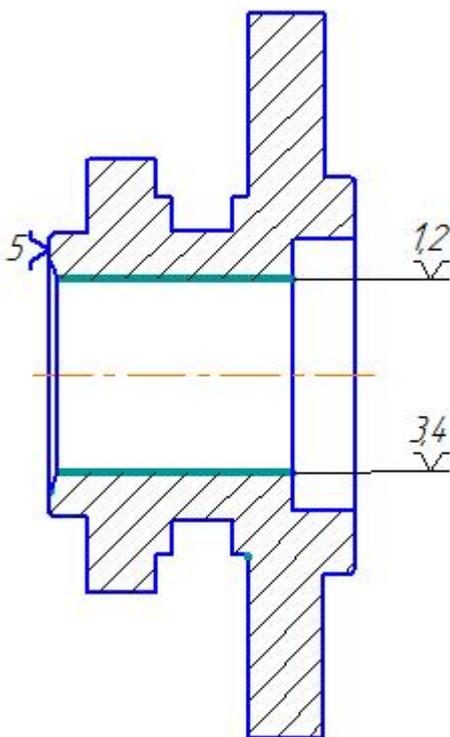


Рисунок 5 - Схема базирования детали при установке на операции 010.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

### Операция 015-030. Зубошевингование и зубообкатывание

На данных операциях деталь устанавливается внутренней поверхностью на шлицевую оправку. Торец детали служит опорной базой и лишает деталь одной степени свободы. Цилиндрическая поверхность отверстия диаметром 52 является установочной базой, лишающей деталь четырех степеней свободы. Шлицевый паз является второй опорной базой и лишает деталь последней, шестой, степени свободы (рисунок 6).

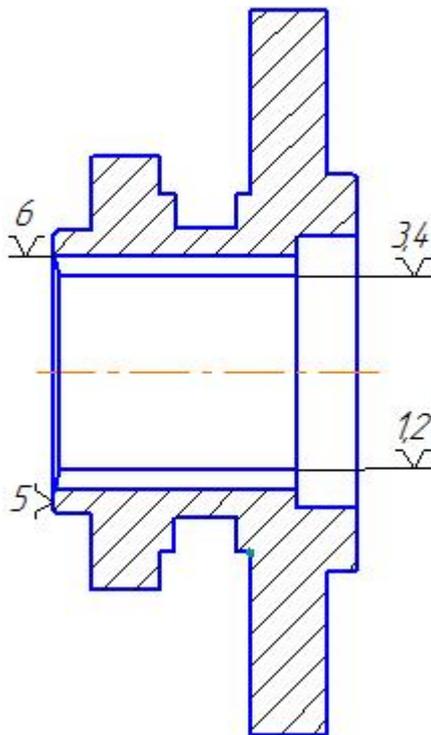


Рисунок 6 - Схема базирования детали при установке на шлицевую оправку

										Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата						

ДП.44.03.04.627 ПЗ

## 1.7. Разработка маршрута обработки

Маршрут обработки детали приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Маршрут обработки детали «Шестерня»

Наименование операции	Оборудование, приспособление, инструмент
1	2
005. Токарно-фрезерная с ЧПУ	Токарно-фрезерный станок для шести сторонней комплексной обработки CTX gamma 2000 TC 3-х кулачковый самоцентрирующий патрон, Установ А резец проходной C3-SCLCR-22040-12, резец расточной SL-SCLCR-32-11QC, резец расточной канавочный RAG123H13-50B фреза пазовая Brigadir Фреза червячная CoroMill 176 176M40 - N1608E-PM фреза кулак специальный установ Б 3-х кулачковый самоцентрирующий патрон, с приводными головками резец проходной C3-SCLCR-22040-12, резец расточной SL-SCLCR-32-11QC, резец отрезной RF123G10-2525B фреза кулак специальный Фреза модульная специальная CoroMill 176
010. Горизонтально-протяжная	Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У Оправка специальная Протяжка шлицевая 2403-0616 ГОСТ 25158-82
015. Зубошевингование 020.	Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-840 CNC25 Оправка шлицевая Шевер дисковый М4 ГОСТ 8570-80
025. Зубообкатывание 030.	Станок зубообкатный 5А725 Оправка шлицевая Эталонное колесо ГОСТ 1648-90

## 1.8. Выбор технологического оборудования и оснастки по операциям

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

## Операция 005. Токарно - фрезерная с ЧПУ

Токарно-фрезерный станок для шестисторонней комплексной обработки СТХ gamma 2000 ТС характеризуется высоким качеством обработки.

Основной особенностью этого оборудования является максимально жесткая конструкция. В сочетании с мощным приводом шпинделя данные станки позволяют производить черновое точение с большим съемом металла. Станок предназначен для высокопроизводительной фрезеровки зубчатых колес с прямым, косым, эвольвентным зубом и т.д. Высокоэффективный контроллер Siemens 840D поддерживает одновременное управление по 5 осям. Для увеличения производительности станка опционально предусмотрена автоматизация процесса загрузки/разгрузки деталей.

Станок применяется в основном на серийных производствах связанных с машиностроением, автомобилестроением или станкостроением, а так же и во многих других отраслях требующих массового производства.

Технические характеристики двухшпиндельного токарно-фрезерного станка с ЧПУ СТХgamma 2000 ТС:

### Рабочая зона

Наибольший диаметр устанавливаемой детали, мм	700
Диаметр обточки, максимальный, мм	630 (700)1)

### Узел токарно-фрезерного шпинделя

Поперечное перемещение (X1), мм	800 (-25)
Перемещение в вертикальном направлении (Y1), мм	420
Продольное перемещение (Z), мм	2050
Ускоренный ход (X/Y/Z), м/мин	60/60/60

### Салазки револьверной головки

Поперечное перемещение (X2), мм	235
Перемещение в горизонтальном направлении (Z2) мм	1910
Быстрый ход по осям X2/Y2/Z2, м/мин	30/ - /40

### Главный шпиндель

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Прохождение прутка, мм	102	
Диаметр шпинделя в передней опоре, мм	160	
Зажимной патрон, мм	250-500 400/500 500/630	
Скорость максимальная об/мин	4000	
Контрошпиндель		
Диаметр шпинделя в передней опоре, мм	130	
Диаметр патронных заготовок, мм	250/315 315-500	
Скорость максимальная, об/мин	5000	
Инструментальный магазин		
Число инструментов	Disk 36	
Длина инструмента, мм	500(550)1)	
Диаметр инструмента, максимальный (с пустым местом), мм	80(140)	
Инструментальный блок (револьверная головка)		
Количество позиций инструмента	12	
Станции приводных инструментов	12	
Скорость максимальная, об/мин	4000	
Задняя бабка		
Ход задней бабки (автоматически проходимая)	1910	
Масса		
Масса станка без шкафа управления, кг	24000	

Операция 015, 020.Зубошевингование

Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23.

Полуавтомат предназначен для чистовой обработки зубьев незакаленных цилиндрических колёс внешнего зацепления в условиях серийного и массового производства.

На базе полуавтоматов могут быть изготовлены специальные станки для обработки конкретной детали с ручной или автоматической загрузкой; с удлиненным, стандартным или укороченным столом; для шевингования колес внутреннего зацепления.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Технические характеристики:

Наибольший диаметр обработки, мм	320
Наибольшая длина заготовки, мм:	500
Наибольшая ширина венца, мм	150
Модуль, мм	8
Наибольший номинальный делительный диаметр шевера, мм	250
Наибольшая ширина, мм	40
Посадочный диаметр шевера, мм	63,5
Наибольший угол поворота шеверной головки от среднего положения, град	30
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	150
Наибольшее поперечное перемещение стола, мм	25
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм	165
Диапазон частоты вращения шпинделя инструмента, мин-1	56...360
Диапазон скоростей горизонтальных перемещений стола, мм/мин	15...300
Диапазон радиальных подач стола, мм	0,01...0,06
Наибольшее значение снимаемого припуска, мм	
- при обычном шевинговании	0,4
- при врезном	0,3
Габариты, мм	2200x1750x2120
Масса полуавтомата, кг	4700

Операция 025,030. Зубообкатывание

Станок зубообкатный 5A725

Наибольший диаметр контролируемого ведомого коническо-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

го зубчатого колеса, мм 500

Наибольший диаметр цилиндрического колеса с внешними зубьями, мм	480
Наибольшее внешнее конусное расстояние ведомого зубчатого колеса конической и гипоидной пары, мм	250
Наибольший внешний окружной модуль контролируемых колес, мм	10
Диаметр конусного отверстия шпинделей, мм	100
Угол между осями шпинделей, градусы	45-180
Расстояние от торца ведущего шпинделя до оси ведомого, мм	120-380
Расстояние от торца ведомого шпинделя до оси ведущего, мм	0 - 180
Частота вращения ведущего шпинделя, об/мин	650-1310 200-800
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	2,2/3,6 15
Габаритные размеры станка (с электрооборудованием), мм	3600x3000x2000
Масса станка (с электрооборудованием), кг	350

### 1.9. Обоснование выбранного варианта технологического процесса

При проектировании технологических операций решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции; устанавливаются средства технологического оснащения, а также режимы резания; определяются настроечные размеры, нормы времени, точность обработки и разряд работы; подбирается состав СОЖ; разрабатываются операционные эскизы и схемы наладок.

При проектировании используем концентрацию операций, осуществляемую на многоинструментальных станках.

Обработка наружных и внутренних поверхностей, а также фрезерование паза, нарезание зубьев, зубозакругление производится на токарно-фрезерном станке для шестисторонней комплексной обработки СТХ gamma 2000 ТС. В ка-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

честве зажимного приспособления используется трехлачковый патрон с пневмозажимом, что сокращает время на установку и снятие детали. Режущий инструмент, в основном, универсальный, за исключением специально заточенного резца растачивающего фаску под углом  $\angle 18^\circ$  и специальной модульной фрезы для обработки зубьев малого венца.

Для обработки шлицевого отверстия выбираем обработку протягиванием, как наиболее точную и сокращающую вспомогательное время по сравнению с долблением. Протягивание производится на протяжном полуавтомате 7Б55У. В качестве режущего инструмента используется комбинированная протяжка, позволяющая получить необходимую шероховатость и качества точности, не применяя дальнейшие методы чистовой обработки. Контрольно-измерительным инструментом является калибр-пробка шлицевая. В качестве СОЖ рекомендуется сульфозрезол.

Шевингование зубьев обоих венцов производим на зубошевинговальном станке модели ВСН-732 CNC23, предназначенном для шевингования цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьями внешнего зацепления в условиях серийного и массового производства. Зубчатое колесо устанавливается на оправку, прикрепленную к правой бабке зажимного приспособления применяемого на шевинговальных автоматах. Шевингование производим дисковым шевером класса В, позволяющим получить точность зубьев зубчатого колеса 7-й степени точности; методом диагонального шевингования.

В качестве окончательной обработки зубьев обоих венцов зубчатого колеса выбираем обкатку зубьев в паре с инструментом в виде закаленного, точного зубчатого колеса. Обработку производим на зубообкатном агрегате 5А725. В качестве СОЖ используем веретенное масло.

#### 1.10. Расчет промежуточных припусков статистическим методом

При проектировании технологических процессов механической обработки

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей, и экономию материальных ресурсов.

Результаты расчета припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности зубчатого колеса  $\phi 52H8$  приведены в таблице 7.

Таблица 7- Припуски и предельные размеры по технологическим переходам на обработку поверхности зубчатого колеса  $\phi 52H8$

Технологические переходы обработки поверхности зубчатого колеса	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$ мкм	Расчетный размер $D_p$ , мм	Допуск $T$ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм		
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}^{пр}$	$2Z_{\max}^{пр}$	
Заготовка	200	250	2940			44.686	1600	43.086	44.868			
Черновое растачивание	40	50	147	120	2 · 3392	51,47	300	51.17	51.47	6784	8084	
Чистовое растачивание	20	20	7	□0	2 · 248	51,966	120	51.846	51.966	497	677	
Протягивание	4	6			2 · 40	52,046	46	52.0	52.046	80	154	
Итого:									7360	8914		

Суммарное значение пространственных отклонений произведем по формуле:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{экс}^2}, \quad (10)$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ		Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата			

где  $\rho_{см} = 0,9$  мм – отклонение от соосности;

$\rho_{экс} = 2,8$  мм – отклонение от concentричности.

$$\rho = \sqrt{0,9^2 + 2,8^2} = 2,94 \text{ мм} = 2940 \text{ мкм}$$

Остаточное суммарное отклонение после черного растачивания

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_s = 0,05 \cdot 2940 = 147 \text{ мкм}$$

Погрешность обработки при черновом растачивании

$$\varepsilon_y = 400 \text{ мкм}$$

Т.к. патрон с пневмозажимом погрешность установки уменьшается

на 20 – 40 %

$$\varepsilon_{y_3} = 400 \cdot 0,3 = 120 \text{ мкм}$$

Погрешность установки при чистовом растачивании

$$\varepsilon_{y_{раст}} = 200 \cdot 0,3 = 60 \text{ мкм}$$

На основании записанных в таблице данных производим расчет минимальных значений межоперационных припусков, пользуясь основной формулой:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_i^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (11)$$

где  $Rz$  – высота неровностей профиля поверхности, мкм;

$h$  – глубина дефектного слоя, мкм;

$\rho$  – пространственное отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно базовых поверхностей заготовки, мкм;

$\varepsilon$  – погрешность установки, мкм.

Минимальный припуск под растачивание

Черновое:

$$2Z_{\min} = 2(200 + 250 + \sqrt{2940^2 + 120^2}) = 2 \cdot 3392 \text{ мкм}$$

Чистовое:

$$2Z_{\min} = 2(40 + 50 + \sqrt{147^2 + 60^2}) = 2 \cdot 248 \text{ мкм}$$

При расчете припусков на протягивание погрешности установки и суммар-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

ное отклонение не учитываем из-за малости их величин.

$$2Z_{\min} = 2(20 + 20) = 2 \cdot 40_{\text{мкм}}$$

Расчетный размер по операциям

$$d_{p_{\text{прот}}} = 52,046_{\text{мм}}$$

$$d_{p_{\text{чис. рас.}}} = 52,046 - 0,08 = 51,966_{\text{мм}}$$

$$d_{p_{\text{чер. рас.}}} = 51,966 - 0,496 = 51,47_{\text{мм}}$$

$$d_{p_3} = 51,47 - 6,784 = 44,686_{\text{мм}}$$

Наибольший и наименьший предельные размеры

протягивание

$$d_{\max} = 52,046_{\text{мм}}$$

$$d_{\min} = 52,046 - 0,046 = 52,0_{\text{мм}}$$

чистовое растачивание

$$d_{\max} = 51,966_{\text{мм}}$$

$$d_{\min} = 51,966 - 0,12 = 51,846_{\text{мм}}$$

черновое растачивание

$$d_{\max} = 51,47_{\text{мм}}$$

$$d_{\min} = 51,47 - 0,3 = 51,17_{\text{мм}}$$

заготовка

$$d_{\max} = 44,686_{\text{мм}}$$

$$d_{\min} = 44,686 - 1,600 = 43,086_{\text{мм}}$$

Рассчитаем максимальное и минимальное предельные значения

припусков  $2Z_{\min}^{np}$ , пользуясь основными формулами:

$$2Z_{\max}^{np} = D_{\min_{i-1}} - D_{\min} \quad (12)$$

$$2Z_{\min}^{gh} = D_{\max_{i-1}} - D_{\max_i}$$

протягивание

$$2Z_{\max}^{np} = 52,0 - 51,846 = 0,154_{\text{мм}} = 154_{\text{мкм}}$$

$$2Z_{\min}^{gh} = 52,046 - 51,966 = 0,08_{\text{мм}} = 80_{\text{мкм}}$$

чистовое растачивание

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$2Z_{\max}^{np} = 51,846 - 51,17 = 0,676 \text{ мм} = 676 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min}^{gh} = 51,966 - 51,47 = 0,496 \text{ мм} = 496 \text{ мкм}$$

черновое растачивание

$$2Z_{\max}^{np} = 51,17 - 43,086 = 8,084 \text{ мм} = 8084 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min}^{np} = 51,47 - 44,686 = 6,784 \text{ мм} = 6784 \text{ мкм}$$

Определим общие припуски  $Z_{\max_0}^{np}$  и  $Z_{\min_0}^{np}$  пользуясь формулами:

$$2Z_{\max_0}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{\max_i}^{np} \quad (13)$$

$$2Z_{\min_0}^{np} = \sum_{i=1}^n 2Z_{\min_i}^{np}$$

$$2Z_{\max_0}^{np} = 8084 + 676 + 154 = 8914 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min_0}^{np} = 6784 + 496 + 80 = 7360 \text{ мкм}$$

Проверим правильность произведенных расчетов по формулам:

$$2Z_{\max_i}^{np} - 2Z_{\min_i}^{np} = T_{i-1} - T_i \quad (14)$$

$$2Z_{\max_0}^{np} - 2Z_{\min_0}^{np} = T_{заг} - T_{дет}$$

протягивание

$$154 - 80 = 120 - 46 \Rightarrow 74 = 74$$

чистовое растачивание

$$677 - 497 = 300 - 120 \Rightarrow 180 = 180$$

черновое растачивание

$$8084 - 6784 = 1600 - 300 \Rightarrow 1300 = 1300$$

общее

$$8914 - 7360 = 1600 - 46 \Rightarrow 1554 = 1554$$

Рассчитаем общий номинальный припуск  $Z_{o \text{ ном}}$

$$2Z_{o \text{ ном}} = 2Z_{o \text{ мин}} + ESD_{заг} - ESD_o \quad (15)$$

$$2Z_{o \text{ мин}} = 7360 + 500 - 0 = 7860 \text{ мкм}$$

На основании данных расчета строим схему графического расположения припусков и допусков по обработке отв. Ø52Н8 (рисунок 7).

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

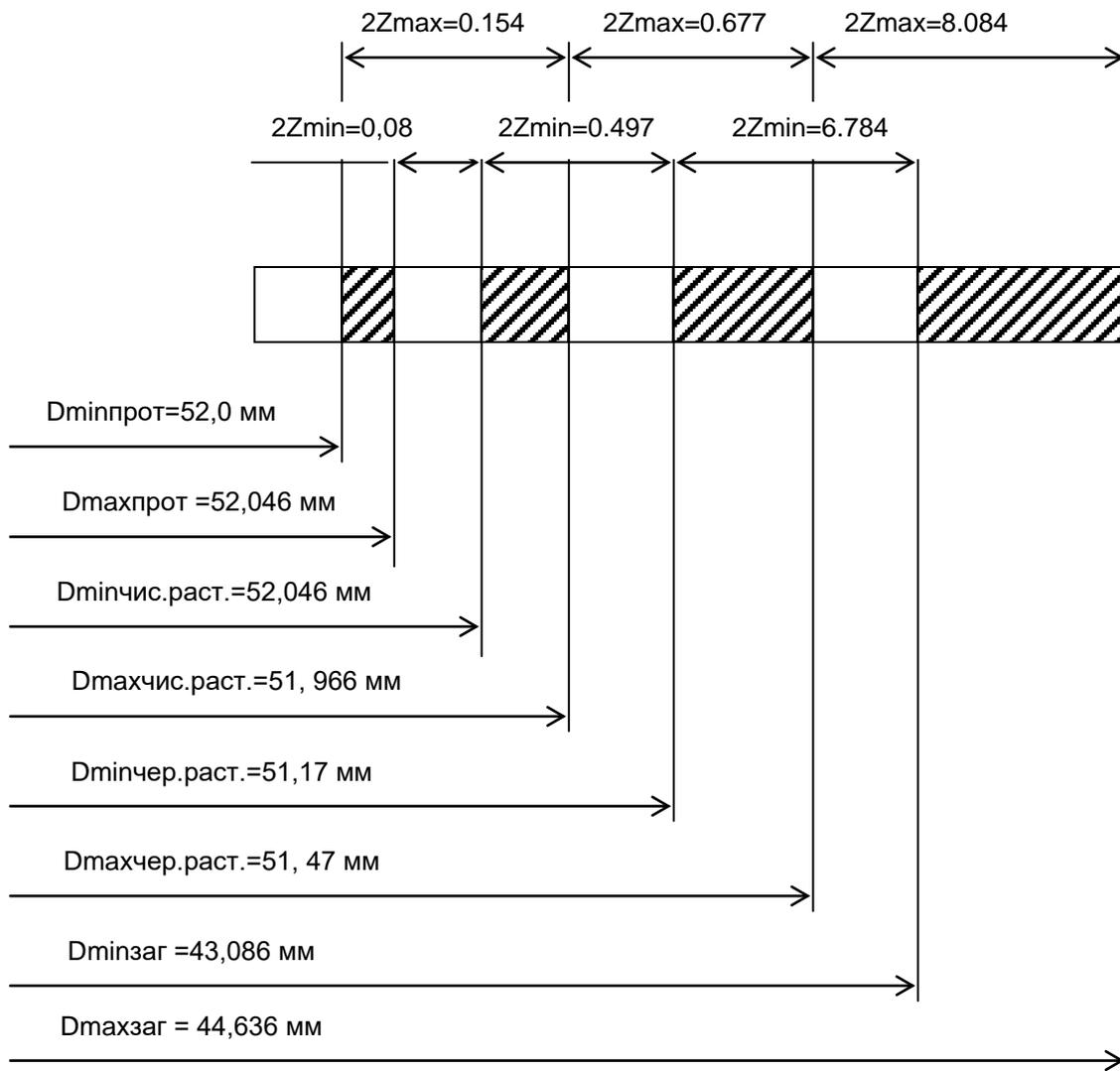


Рисунок 7 - Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности  $\varnothing 52H8$  зубчатого колеса.

### 1.11. Расчет режимов резания статистическим методом по операциям

Режимы резания определяются глубиной резания  $t$ , мм; подачей на оборот  $s$ , мм/об и скоростью резания  $V$ , м/мин.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Режимы резания оказывают влияние на точность и качество обрабатываемой поверхности, производительность и себестоимость обработки.

Операция 005. Токарно-фрезерная с ЧПУ

станок – Двухшпиндельный токарно-фрезерный с ЧПУ

оснастка – патрон 3-х кулачковый

установ А

Подрезка торца, обработка Ø105,8 мм и Ø193,8 мм

инструмент – резец с механическим креплением пластины

расчет глубины резания проведем по формуле:

$$t = \frac{D-d}{2} \quad (16)$$

$$t = \frac{108,2 - 105,8}{2} = 1,2 \text{ мм}$$

$$t = \frac{195,4 - 193,8}{2} = 0,8 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,8 - 1,2 \text{ мм/об}$$

$$S_o = 0,97 \text{ мм/об}$$

Назначаем постоянную скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 93 \text{ м/мин}$$

Частоту вращения шпинделя определяем исходя из наибольшего диаметра

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (17)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 195,4} = 151,5 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_d = 150 \text{ мин}^{-1}$

Находим действительную скорость резания по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000} \quad (18)$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 195,4 \cdot 150}{1000} = 92 \text{ м / мин}$$

расточивание отверстий Ø50,4 мм и Ø73,7 мм

инструмент – Резец расточной правый с механическим креплением пластины.

Глубина резания

$$t = \frac{50,4 - 49}{2} = 0,7 \text{ мм}$$

$$t = \frac{73,7 - 72}{2} = 0,85 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,15 - 0,3 \text{ мм/об}$$

Назначаем постоянную скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 82 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя по формуле 17.

$$n = \frac{1000 \cdot 82}{3,14 \cdot 73,7} = 354,3 \text{ мин}^{-*}$$

принимаем  $n_d = 350$  об/мин

Находим действительную скорость резания по формуле 18.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 73,7 \cdot 350}{1000} = 81 \text{ м / мин}$$

Подрезка торца, обработка Ø105 мм и Ø192 мм

инструмент – резец с механическим креплением пластины

Глубина резания

$$t = \frac{105,8 - 105}{2} = 0,4 \text{ мм}$$

$$t = \frac{193,8 - 192}{2} = 0,9 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,18 - 0,25 \text{ мм/об}$$

$$S_o = 0,2 \text{ мм/об}$$

Назначаем постоянную скорость резания

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$V_{\text{таб}} = 167 \text{ м/мин}$$

Частоту вращения шпинделя определяем исходя из наибольшего диаметра

$$n = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 192} = 277 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_{\text{д}} = 270 \text{ мин}^{-1}$

Находим действительную скорость резания

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 192 \cdot 270}{1000} = 162,8 \text{ м / мин}$$

расточивание отверстий  $\text{Ø}51,4 \text{ мм}$  и  $\text{Ø}75 \text{ мм}$

инструмент – Резец расточной правый с механическим креплением пластины.

Глубина резания

$$t = \frac{51,4 - 50,4}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

$$t = \frac{75 - 73,7}{2} = 0,65 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,18 - 0,25 \text{ мм/об [9, 39]}$$

$$S_o = 0,18 \text{ мм/об}$$

Назначаем постоянную скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 167 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 75} = 709 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_{\text{д}} = 700 \text{ об/мин}$

Определяем действительную скорость резания.

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 700 \cdot 75}{1000} = 164,85 \text{ м / мин}$$

Растачиваем канавку

инструмент – резец расточной канавочный с механическим креплением

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

пластины

Глубина резания.

$$t = \frac{90 - 75}{2} = 7,5 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$s = 0,2-0,23 \text{ мм/об}$$

$$s=0,2 \text{ мм/об}$$

Назначаем скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 95 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 95}{3,14 \cdot 90} = 336 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_d = 330 \text{ мин}^{-1}$

Нарезание зуба

Определяем действительную скорость резания.

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 330 \cdot 90}{1000} = 93,3 \text{ м / мин}$$

$$t = 5,5 \text{ мм}$$

$$s_z = 0,05 \text{ мм/об}$$

$$V_T = 42,5 \text{ м/мин}$$

$$s_M = 148 \text{ мм/мин}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 42,5}{3,14 \cdot 60} = 225,47 \text{ об / мин}$$

по паспортным данным станка принимаем  $n_d = 220 \text{ об/мин}$

Рассчитаем действительную скорость резания

$$V = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 220}{1000} = 41,5 \text{ м / мин}$$

Подача

$$S_o = 1,5 - 2,0 \text{ мм/об}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Поправочный коэффициент по числу заходов фрезы 0,7

Поправочный коэффициент по углу наклона зуба 0,9

Нормативная подача

$$s_o = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,95 \text{ мм/об}$$

близкая к ней фактическая подача, которую может обеспечить станок,

$$s_o = 0,8 \text{ мм/об}$$

Стойкость

Рекомендуемая стойкость  $T = 6$  ч.

В целях повышения производительности принимаем стойкость  $T = 4$  ч.

Скорость резания

$$V = 60 \text{ м/мин}$$

$k_v$  – поправочный коэффициент по механическим свойствам обрабатываемого материала;

$k_N$  – поправочный коэффициент по химическому составу обрабатываемого материала;

$k_{v3}$  – поправочный коэффициент по стойкости;

$k_{v4}$  – поправочный коэффициент по числу заходов фрезы.

$$\left. \begin{array}{l} k_v = 0.8 \\ k_N = 0.9 \\ k_{v3} = 1 \\ k_{v4} = 0.75 \end{array} \right\}$$

с учетом этих коэффициентов скорость резания будет составлять

$$V = 60 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 = 32,4 \text{ м/мин}$$

Число оборотов фрезы вычислим по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_e}, \quad (19)$$

где  $D_e$  – диаметр фрезы, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 32,4}{3,14 \cdot 125} = 82,5 \text{ об/мин}$$

по паспорту станка принимаем  $n_d = 76$  об/мин

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Фактическая скорость резания

$$V = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 76}{1000} = 29,85 \text{ м/мин}$$

Зубозакругление

Число проходов  $i = 3$

Круговая подача фрезы

$$S_{кр} = 0,09 \text{ мм/зуб}$$

Число оборотов фрезы

$$n = 1500 \text{ об/мин}$$

Скорость резания

$$V = 29 \text{ м/мин}$$

Установ Б

Подрезка торца, обработка  $\varnothing 116,2$  мм и  $\varnothing 76$  мм

инструмент – резец с механическим креплением пластины

Глубина резания определяется по формуле 16.

$$t = \frac{78 - 76}{2} = 1 \text{ мм}$$

$$t = \frac{118,2 - 116,2}{2} = 1 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,8 - 1,2 \text{ мм/об}$$

$$S_o = 0,97 \text{ мм/об}$$

Назначаем скорость резания

$$V_{таб} = 93 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 93}{3,14 \cdot 116,2} = 254,8 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_d = 250$  об/мин

Находим действительную скорость резания.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 116,2}{1000} = 91,2 \text{ м / мин}$$

Подрезка торца поверхности Ø193,8 и обработка поверхности Ø96  
инструмент- Резцы правый и левый с механическим креплением пластины.

Глубина резания.

$$t = \frac{98 - 96}{2} = 1,0 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,8 - 1,2 \text{ мм/об}$$

$$S_o = 0,8 \text{ мм/об}$$

Назначаем скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 104 \text{ м/мин}$$

Находим постоянную частоту вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 193,8} = 170,9 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_d = 170 \text{ мин}^{-1}$

Находим действительную скорость резания.

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 193,8 \cdot 170}{1000} = 103,5 \text{ м / мин}$$

Точение канавки

инструмент – резец канавочный с механическим креплением пластины

Глубина резания определяется.

$$t = \frac{78 - 76}{2} = 1 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$s = 0,17 \text{ мм/об}$$

Назначаем скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 67 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$n = \frac{1000 \cdot 67}{3,14 \cdot 76} = 280,75 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_d = 280 \text{ мин}^{-1}$

Подрезка торца, обработка  $\varnothing 115 \text{ мм}$  и  $\varnothing 75 \text{ мм}$

инструмент – резец с механическим креплением пластины

Глубина резания.

$$t = \frac{76 - 75}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

$$t = \frac{116,2 - 115}{2} = 0,6 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,18 - 0,25 \text{ мм/об}$$

$$S_o = 0,2 \text{ мм/об}$$

Назначаем постоянную скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 167 \text{ м/мин}$$

Частоту вращения шпинделя определяем исходя из наибольшего диаметра

$$n = \frac{1000 \cdot 167}{3,14 \cdot 115} = 462 \text{ мин}^{-1}$$

принимаем  $n_d = 460 \text{ мин}^{-1}$

Находим действительную скорость резания

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 460}{1000} = 166 \text{ м / мин}$$

Подрезка торца поверхности  $\varnothing 192$  и обработка поверхности  $\varnothing 95$

инструмент – Резцы правый и левый с механическим креплением пластины.

Глубина резания.

$$t = \frac{96 - 95}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Назначаем подачу

$$S_o = 0,18 - 0,25 \text{ мм/об [9, 39]}$$

$$S_o = 0,2 \text{ мм/об}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Назначаем постоянную скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 148 \text{ м/мин}$$

Частоту вращения шпинделя определяем исходя из наибольшего диаметра

$$n = \frac{1000 \cdot 148}{3,14 \cdot 192} = 245,4_{\text{мин}}^{-1}$$

принимаем  $n_{\text{д}} = 245 \text{ мин}^{-1}$

Точение канавки

инструмент – резец канавочный с механическим креплением пластины

Глубина резания определяется по формуле 16.

$$t = \frac{76 - 75}{2} = 0,5_{\text{мм}}$$

Назначаем подачу

$$s = 0,17 \text{ мм/об [9, 63]}$$

Назначаем скорость резания

$$V_{\text{таб}} = 95 \text{ м/мин}$$

Коэффициент характера обработки – 1,4

$$V_{\text{таб}} = 95 \cdot 1,4 = 133 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot 133}{3,14 \cdot 75} = 564_{\text{мин}}^{-1}$$

принимаем  $n_{\text{д}} = 560 \text{ мин}^{-1}$

Находим действительную скорость резания

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 560}{1000} = 131,9_{\text{м/мин}}$$

010. Горизонтально протяжная

Потребная мощность станка

$$N_{\text{д}} = 0,18 \cdot P_z \cdot V,$$

где  $P_z$  – сила резания, н;

$V$  – скорость резания, м/мин;

Расчетная подача на зуб

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$S_z$  переменная постоянно уменьшающаяся (но не более 0,01 на последнем зубе)

Скорость резания

$$V = 3 \text{ м/мин}$$

Расчет силы резания проведем по формуле:

$$P_z = P \sum B, \quad (20)$$

где  $\sum B$  – периметр резания, мм.

Периметр резания определим по формуле:

$$\sum B = \frac{B \cdot n}{z_c} \cdot z_i, \quad (21)$$

где  $B$  – ширина протягиваемых шлицев;

$Z_i$  – наибольшее число одновременно работающих зубьев;

$Z_c$  – число секторов на прорезных зубьях.

Наибольшее число одновременно работающих зубьев найдем по формуле:

$$z_i = \frac{l_n}{t} + 1, \quad (22)$$

где  $t$  – шаг режущих зубьев

$$t = (1,45 \div 1,9) \sqrt{l_0}$$

$$t = 1,5 \sqrt{62} = 11,8 \quad \text{принимаем } t=12$$

$$z_i = \frac{62}{12} + 1 = 6,16 \quad \text{принимаем } z_i=6$$

Число секторов на прорезных зубьях определяется по формуле:

$$z_c = \frac{2,5 \sqrt{D}}{m}$$

									Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата					

ДП.44.03.04.627 ПЗ

$$z_c = \frac{2,5\sqrt{60}}{4} = 4,8 \quad \text{принимаем } z_c=5$$

Периметр резания

$$\sum B = \frac{10 \cdot 8}{5} \cdot 6 = 96 \text{ мм}$$

Сила резания

$$P_z = 85 \cdot 96 = 8160 \text{ Н}$$

Потребная мощность станка

$$N_o = 0,18 \cdot 8160 \cdot 3 = 4406 \text{ Вт} = 4,4 \text{ кВт}$$

Скорость резания, допускаемая мощностью двигателя рассчитаем по формуле:

$$V = 61200 \frac{N}{P_z} \eta, \quad (23)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия станка

$$V = 61200 \cdot \frac{4,4}{8160} \cdot 0,09 = 3,3 \text{ м/мин}$$

Операция 015. Зубошеввингование

Полуавтомат зубошеввинговальный ВСН-840 CNC25, оправка шлицевая

Окружная скорость шевера

$$V_{\text{окр}} = 105 \text{ м/мин}$$

Продольная подача стола на один оборот детали

$$S_{\text{пр}} = 0,3 \text{ мм [ст.1058, 8]}$$

Радиальная подача на один ход стола

$$S_{\text{рад}} = 0,025 \text{ мм [ст.1058, 8]}$$

Число проходов, обеспечивающее требуемую толщину зуба и образование шевингованного профиля на требуемом участке зуба по его длине и высоте:

$$i = i_p + i_s,$$

где  $i_p$  – число рабочих ходов;

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$i_3$  – число зачистных ходов.

$$\left. \begin{array}{l} i_p = 4 \\ i_3 = 2 \end{array} \right\}$$

$$i = 4 + 2 = 6$$

Припуск на толщину зуба 0,05-0,15 мм

Ориентировочная стойкость шевера  $T = 25$  ч.

По выбранной окружной скорости шевера определяем частоту вращения шевера:

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot V_{окр}}{\pi \cdot m \cdot z_{ш}}, \quad (24)$$

где  $z_{ш}$  – число зубьев шевера.

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 4 \cdot 61} = 122 \text{ об/мин}$$

принимаем  $n_{ш} = 120$  об/мин

Частоту вращения обрабатываемого колеса вычислим по формуле:

$$n = n_{ш} \frac{z_{ш}}{z}, \quad (25)$$

где  $z$  – число зубьев обрабатываемого колеса.

$$n = 120 \cdot \frac{61}{46} = 159 \text{ об/мин}$$

принимаем  $n = 160$  об/мин

Операция 020. Зубошевингование

Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-840 CNC25, оправка шлицевая

Окружная скорость шевера

$$V_{окр} = 105 \text{ м/мин}$$

Продольная подача стола на один оборот детали

$$S_{пр} = 0,3 \text{ мм}$$

Радиальная подача на один ход стола

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$S_{\text{рад}} = 0,025 \text{ мм}$$

Число проходов, обеспечивающее требуемую толщину зуба и образование шевингованного профиля на требуемом участке зуба находим по его длине и вы-  
соте:

$$i = 4 + 2 = 6$$

Припуск на толщину зуба 0,05-0,15 мм

Ориентировочная стойкость шевера  $T = 25$  ч.

По выбранной окружной скорости шевера определяем частоту вращения шевера

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 4 \cdot 51} = 145,7 \text{ об / мин}$$

принимаем  $n_{\text{ш}} = 140$  об/мин

Частота вращения обрабатываемого колеса

$$n = 140 \cdot \frac{51}{26} = 275 \text{ об / мин}$$

принимаем  $n = 275$  об/мин

Операция 025,030. Зубообкатывание

Станок зубообкатный 5A725, оправка шлицевая

Инструмент – стальная шестерня со шлифованным зубом.

СОЖ – смесь керосина и машинного масла.

Реверсирование под радиальной нагрузкой 130-150 кг.

Окружная скорость вращения 16-20 м/мин

### 1.12. Определение норм времени по операциям (статистически)

Техническая норма времени на обработку заготовки является одним из основных параметров для расчета стоимости изготавливаемой детали, числа производственного оборудования, заработной платы рабочих и планирования производства. Техническую норму времени определяют на основе технических возможностей технологической оснастки, режущего инструмента, станочного обо-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

рудования и режимов резания.

Операция 005. Токарно-фрезерная с ЧПУ

Расчет основного времени проведем по формуле:

$$T_0 = \frac{l}{n \cdot s} \cdot i, \quad (26)$$

где  $l$  – расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм;

$n$  – число оборотов шпинделя, об/мин;

$s$  – подача, мм/об;

$i$  – число рабочих ходов.

Расчетную длину обрабатываемой поверхности определим по формуле:

$$l = l_{пер} + l_1, \quad (27)$$

где  $l_{пер}$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм;

$l_1$  – длина врезания и перебега инструмента, мм.

$$l_{p_1} = \frac{105,8 - 72}{2} + 8,5 + \frac{193,8 - 105,8}{2} + 20 + 6 = 95,4 \text{ мм},$$

$$l_{p_2} = (82,1 - 16,2) + \frac{73,7 - 51,4}{2} + 16,2 + 2 = 95,25 \text{ мм},$$

$$l_{p_3} = \frac{76 - 50,4}{2} + (83,1 - 71,8) + \frac{116,2 - 76}{2} + 18 + 6 = 68,2 \text{ мм}$$

$$l_{p_4} = 1,4 + 4 + \frac{193,8 - 96}{2} + 6 = 60,3 \text{ мм}$$

$$l_{p_5} = 1,4 + 4 + \frac{116,2 - 96}{2} + 6 = 21,5 \text{ мм}$$

$$l_{p_6} = \frac{96 - 76}{2} + 5 = 15 \text{ мм}$$

$$t_{0_1} = \frac{95,4}{150 \cdot 0,97} = 0,66 \text{ мин}$$

$$t_{0_2} = \frac{95,25}{350 \cdot 0,2} = 1,36 \text{ мин}$$

$$t_{0_3} = \frac{68,2}{250 \cdot 0,97} = 0,28 \text{ мин}$$

$$t_{0_4} = \frac{60,3}{170 \cdot 0,8} = 0,44 \text{ мин}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$t_{0_5} = \frac{21,5}{170 \cdot 0,8} = 0,16 \text{ мин}$$

$$t_{0_6} = \frac{15}{280 \cdot 0,17} \cdot 2 = 0,63 \text{ мин}$$

$$T_{o_{\text{общ}1}} = 0,66 + 1,36 = 2,02 \text{ мин}$$

$$T_{o_{\text{общ}2}} = 0,28 + 0,44 + 0,16 + 0,63 = 1,51 \text{ мин}$$

Общее основное время при параллельной обработке

$$t_{0_{\text{общ}}} = t_{o.c.nap.max}$$

Где  $t_{o.c.nap.max}$  - наибольшее основное время одного из суппортов.

$$t_{o_{\text{общ}}} = 1,88 \text{ мин}$$

$$t_{\text{всп}} = 0,25 \text{ мин}$$

Оперативное время вычислим по формуле:

$$t_{on} = t_o + t_{всп} \quad (28)$$

$$t_{on} = 2,02 + 0,25 = 2,27 \text{ мин}$$

Основное время

$$l_{p_1} = \frac{105 - 73,7}{2} + 8 + \frac{192 - 105}{2} + 20 + 6 = 93,15 \text{ мм},$$

$$l_{p_2} = 80,6 + \frac{75 - 51,4}{2} + 18 + 2 = 94,4 \text{ мм},$$

$$l_{p_3} = \frac{90 - 75}{2} + 2 = 9,5 \text{ мм}$$

$$l_{p_4} = 5,8 + 5,5 + 1,5 + 10 + \frac{115 - 75}{2} + 18 + 6 = 66,8 \text{ мм}$$

$$l_{p_5} = 0,5 + 4 + \frac{192 - 95}{2} + 6 = 59 \text{ мм}$$

$$l_{p_6} = 0,5 + 4 + \frac{115 - 95}{2} + 6 = 20,5 \text{ мм}$$

$$l_{p_7} = \frac{95 - 75}{2} + 5 = 15 \text{ мм}$$

$$t_{0_1} = \frac{93,15}{270 \cdot 0,2} = 1,73 \text{ мин}$$

										Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата						

ДП.44.03.04.627 ПЗ

$$t_{0_2} = \frac{94,4}{700 \cdot 0,18} = 0,75 \text{ мин}$$

$$t_{0_3} = \frac{9,5}{330 \cdot 0,2} \cdot 2 = 0,29 \text{ мин}$$

$$t_{0_4} = \frac{66,8}{460 \cdot 0,2} = 0,73 \text{ мин}$$

$$t_{0_5} = \frac{59}{245 \cdot 0,2} = 1,2 \text{ мин}$$

$$t_{0_6} = \frac{20,5}{245 \cdot 0,2} = 0,42 \text{ мин}$$

$$t_{0_7} = \frac{15}{560 \cdot 0,17} \cdot 2 = 0,32 \text{ мин}$$

$$T_{\text{общ}_1} = 1,73 + 0,75 + 0,29 = 2,77 \text{ мин}$$

$$T_{\text{общ}_2} = 0,73 + 1,2 + 0,42 + 0,32 = 2,67 \text{ мин}$$

$$t_{\text{общ}} = 2,77 \text{ мин}$$

Фрезерная обработка:

Основное время

$$l = 115 + 21 = 136 \text{ мм}$$

$$t_{0_2} = \frac{136}{220 \cdot 0,05} \cdot 1 = 12,36 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{\text{у.с.}} = 0,25 + 0,41 = 0,66 \text{ мин}$$

$$t'_{\text{пер}} = 0,14 \text{ мин}$$

$$t''_{\text{пер}} = 0,05 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 0,09 + 0,09 = 0,18 \text{ мин}$$

$$t_g = 0,66 + 0,14 + 0,05 + 0,18 = 1,03 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{\text{оп}} = 12,36 + 1,03 = 13,39 \text{ мин}$$

Зубофрезерная обработка:

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Расчет основного времени проведем по формуле:

$$t_j = \frac{(B + l + l_1)z_k}{n \cdot s_0 \cdot k}, \quad (29)$$

где В – ширина нарезаемого винта, мм;

l – величина врезания фрезы, мм;

l<sub>1</sub> – величина перебега, мм;

z<sub>к</sub> – число нарезаемых зубьев;

k – число заходов фрезы.

$$l + l_1 = 33 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(20 + 33) \cdot 72}{76 \cdot 0,95 \cdot 2} = 26,43 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{\text{всп. о}} = 0,7 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 0,6 \text{ мин}$$

$$t_g = 0,7 + 0,6 = 1,3 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{\text{оп}} = 26,43 + 1,3 = 27,73 \text{ мин}$$

Зубозакругление:

Основное время рассчитаем по формуле:

$$t_o = \frac{t_z}{60} \cdot z_d, \quad (30)$$

где t<sub>z</sub> – время обработки одного зуба;

z<sub>д</sub> – число обрабатываемых зубьев.

$$t_z = 4 \text{ сек/зуб}$$

$$t_{01} = \frac{4}{60} \cdot 46 \cdot 2 = 6,13 \text{ мин}$$

$$t_{02} = \frac{4}{60} \cdot 26 = 1,73 \text{ мин}$$

$$T_{\text{общ.}} = 6,13 + 1,73 = 7,86 \text{ мин}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Вспомогательное время

$$t_{\text{всп. о}} = 0,47 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 0,1 \text{ мин}$$

$$t_{\text{г}} = 0,47 + 0,1 = 0,57 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{\text{оп}} = 7,86 + 0,57 = 8,43 \text{ мин}$$

Расчет штучного времени проведем по формуле:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{о}} + t_{\text{г}} + t_{\text{об}} + t_{\text{от}}, \quad (31)$$

где  $t_{\text{о}}$  – основное время, мин;

$t_{\text{в}}$  – вспомогательное время, мин;

$t_{\text{об}}$  – время на обслуживание рабочего места;

$t_{\text{от}}$  – время перерывов на отдых и естественные надобности.

Время на обслуживание рабочего места рассчитаем по формуле:

$$t_{\text{об}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}, \quad (32)$$

где  $t_{\text{тех}}$  – время на техническое обслуживание, мин;

$t_{\text{орг}}$  – время на организационное обслуживание, мин.

$$t_{\text{тех}} = 0,04 \cdot t_{\text{оп}} = 0,09 \text{ мин}$$

$$t_{\text{орг}} = 0,05 \cdot t_{\text{оп}} = 0,11 \text{ мин}$$

$$t_{\text{об}} = 0,09 + 0,11 = 0,2 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$t_{\text{от}} = 0,25 \cdot t_{\text{оп}} = 0,58 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = 51,72 + 2,88 + 0,2 + 0,58 = 55,38 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время определим по формуле:

$$T_{\text{п.з.}} = t'_{\text{п.з.}} + t''_{\text{п.з.}} + t'''_{\text{п.з.}}, \quad (33)$$

где  $t'_{\text{п.з.}}$  – время на наладку станка, инструмента и приспособлений, мин;

$t''_{\text{п.з.}}$  – время на дополнительные приемы, мин;

$t'''_{\text{п.з.}}$  – получение инструмента и приспособлений исполнителем работы до

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

начала и сдача их после окончания обработки партии.

$$\left. \begin{aligned} t'_{п.з.} &= 15 \text{ мин} \\ t''_{п.з.} &= 7 \text{ мин} \\ t'''_{п.з.} &= 10 \text{ мин} \end{aligned} \right\}$$

$$T_{п.з.} = 15 + 7 + 10 = 32 \text{ мин}$$

Операция 010. Горизонтально-протяжная

Основное время вычислим по формуле:

$$t_o = \frac{l_{р.х.}}{100Vq} K, \quad (34)$$

где  $l_{р.х.}$  – длина рабочего хода, мм;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$q$  – число одновременно обрабатываемых деталей;

$K = 1,4 - 1,5$  – коэффициент учитывающий соотношение между скоростями рабочего и обратного ходов протяжки, мм.

Длина рабочего хода рассчитывается по формуле:

$$l_{р.х.} = l_p + l_{з.н} + l_d + l_{доп},$$

где  $l_p$  – длина рабочей части протяжки, мм;

$l_{з.н}$  – длина задней направляющей, мм;

$l_d$  – длина протягиваемой поверхности, мм;

$l_{доп} = 30-50$  мм – сумма длин перебега на выход и вход протяжки, мм.

$$L_{з.н} = 40 \text{ мм}$$

$$l_{р.х.} = 120 + 40 + 62 + 40 = 262 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{262}{100 \cdot 3 \cdot 1} \cdot 1,4 = 1,22 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{всп.оп} = 0,41 \text{ мин}$$

$$t_{изм} = 0,13 + 0,29 = 0,42 \text{ мин}$$

$$t_{всп} = 0,41 + 0,42 = 0,83 \text{ мин}$$

Оперативное время

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$t_{on} = 1,22 + 0,83 = 2,05 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

$$t_{об} = 0,035 \cdot t_{on} = 0,07 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$t_{от} = 0,25 \cdot 2,05 = 0,45 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 1,22 + 0,83 + 0,07 + 0,45 = 2,57 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время

$$\left. \begin{array}{l} t'_{п.з.} = 12 \text{ мин} \\ t''_{п.з.} = 5 \text{ мин} \end{array} \right\}$$

$$T_{п.з.} = 12 + 5 = 17 \text{ мин}$$

Операция 015. Зубошевингование

Основное время определим по формуле:

$$t_0 = \frac{L \cdot z_k \cdot i}{s \cdot n_{ш} \cdot z_{ш}}, \quad (35)$$

где  $L$  – длина прохода, мм;

$s$  – продольная подача, мм;

$z_k$  и  $z_{ш}$  – число зубьев колеса и шевра;

$n_{ш}$  – число оборотов шевра в минуту, об/мин;

$i$  – общее число рабочих и зачистных проходов.

Дину прохода  $L$  рассчитаем по формуле:

$$L = B - (0,7 \div 0,8) B_{ш} \cdot \cos \varphi, \quad (36)$$

где  $B$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$B_{ш}$  – ширина шевра, мм.

$$B_{ш} = 25 \text{ мм}$$

$$L = 20 - 0,7 \cdot 25 \cdot \cos 10^\circ = 2,77 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{2,77 \cdot 46 \cdot 6}{0,3 \cdot 120 \cdot 61} = 0,35 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

									Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата					

ДП.44.03.04.627 ПЗ

$$t_{\text{всп. о}} = 0,65 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 0,8 \text{ мин}$$

$$t_e = 0,65 + 0,8 = 1,45 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{\text{оп}} = 0,35 + 1,45 = 1,85 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{об}} = 0,04 \cdot 1,8 = 0,07 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$t_{\text{от}} = 0,25 \cdot 1,8 = 0,45 \text{ мин}$$

Штучное время

$$T_{\text{шт}} = 0,35 + 1,45 + 0,07 + 0,45 = 2,95 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время

$$\left. \begin{array}{l} t'_{\text{п.з.}} = 13 \text{ мин} \\ t''_{\text{п.з.}} = 3 \text{ мин} \\ t'''_{\text{п.з.}} = 5 \text{ мин} \end{array} \right\}$$

$$T_{\text{п.з.}} = 13 + 3 + 5 = 21 \text{ мин}$$

Операция 020. Зубошевингование

Основное время

$$L = 18 - 0,7 \cdot 25 \cdot \cos 10^\circ = 0,77 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{0,77 \cdot 26 \cdot 6}{0,3 \cdot 140 \cdot 51} = 0,06 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{\text{всп. о}} = 0,65 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 0,8 \text{ мин}$$

$$t_e = 0,65 + 0,8 = 1,45 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{\text{оп}} = 0,06 + 1,45 = 1,51 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$t_{об} = 0,04 \cdot 1,51 = 0,06 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$t_{от} = 0,25 \cdot 1,51 = 0,38 \text{ мин}$$

Штучное время

$$T_{шт} = 0,06 + 1,45 + 0,06 + 0,38 = 1,95 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время

$$\left. \begin{array}{l} t'_{п.з.} = 13 \text{ мин} \\ t''_{п.з.} = 3 \text{ мин} \\ t'''_{п.з.} = 5 \text{ мин} \end{array} \right\}$$

Операция 025. Зубообкатывание

Основное время

$$t_0 = 6 \text{ сек} = 0,1 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{у.с.} = 0,8 \text{ мин}$$

$$t'_{всп} = 0,18 \text{ мин}$$

$$t_{изм} = 0,2 \text{ мин}$$

$$t_g = 0,8 + 0,18 + 0,2 = 1,18 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{оп} = 0,1 + 1,18 = 1,28 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

$$t_{об} = 0,056 \cdot 1,28 = 0,07 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$t_{от} = 0,25 \cdot 1,28 = 0,32 \text{ мин}$$

Штучное время

$$T_{шт} = 0,16 + 1,18 + 0,07 + 0,32 = 1,67 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$\left. \begin{aligned} t'_{н.з.} &= 13 \text{ мин} \\ t''_{н.з.} &= 1,5 \text{ мин} \end{aligned} \right\}$$

$$T_{н.з.} = 13 + 1,5 = 14,5 \text{ мин}$$

Операция 030. Зубообкатывание

Основное время

$$t_0 = 8 \text{ сек} = 0,13 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{у.с.} = 0,8 \text{ мин}$$

$$t'_{всп} = 0,18 \text{ мин}$$

$$t_{изм} = 0,2 \text{ мин}$$

$$t_g = 0,8 + 0,18 + 0,2 = 1,18 \text{ мин}$$

Оперативное время

$$t_{оп} = 0,13 + 1,18 = 1,31 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

$$t_{об} = 0,056 \cdot 1,31 = 0,07 \text{ мин}$$

Время перерывов на отдых

$$t_{от} = 0,25 \cdot 1,31 = 0,33 \text{ мин}$$

Штучное время

$$T_{шт} = 0,13 + 1,18 + 0,07 + 0,33 = 1,71 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время

$$\left. \begin{aligned} t'_{н.з.} &= 13 \text{ мин} \\ t''_{н.з.} &= 1,5 \text{ мин} \end{aligned} \right\} T_{н.з.} = 13 + 1,5 = 14,5 \text{ мин}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Современное состояние экономики и машиностроения, в частности, инициирует необходимость повышения эффективности производства, конкурентоспособности продукции на основе снижения издержек, применения нового, более совершенного оборудования, использования передовых технологий, внедрения инноваций.

Целью экономических расчетов проекта является:

-расширение, углубление, систематизация и закрепление теоретических знаний, и применение этих знаний для расчета экономической эффективности технологического процесса по изготовлению детали «Шестерня» включая в себя расчет капитальных затрат, материальных затрат, затрат на оплату труда и амортизационные отчисления, а так же прочие материальные ресурсы. Определение технологической себестоимости детали и годовой экономии от изменения техпроцесса;

-развитие и закрепление навыков ведения самостоятельной творческой инженерной работы.

### 2.1. Описание предмета экономического обоснования

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Наименование детали - «Шестерня», изготавливается из стали 40Х ГОСТ4543-71, чистая масса составляет 6,56 кг.

Сутью расчета является оценка экономической эффективности проектируемого варианта. Предметом экономического обоснования является расчет экономической эффективности проектируемого варианта.

### 2.1.2. Исходные данные, необходимые для выполнения экономического обоснования

1. Годовая программа выпуска продукции N = 1000 шт.
2. Нормы времени по операциям занесены в таблицу 8 (из расчетов технологической части).

Таблица 8 – Нормы времени по операциям в технологии

Базовый вариант			Норма времени, мин
005,010 020	токарный полуавтомат	1265ПМ8	12,69
015	Горизонтально-протяжный полуавтомат	7Б55У	2,57
025, 030	Токарный станок	16К20	21,43
035	Вертикально -фрезерный станок	6Р13	17,14
040, 045	Зубодолбежный станок	5140	13,12
050	Зубофрезерный станок	53А33	45,9
055, 060	Зубообрабатывающий станок	5Е580	14,5
065, 070	Полуавтомат зубошевинговальный	ВСН 732 CNC23	4,9
075, 080	Станок зубообкатный	5А725	3,39
085	Круглошлифовальный станок	3В164Б	1,95
Итого			137,59
Проектный вариант			
005	Токарно – фрезерный с ЧПУ	СТХ gamma 2000 TC / linear	55,38
010	Горизонтально-протяжный полуавтомат	7Б55У	2,57
015,020	Полуавтомат зубошевинговальный	ВСН 732 CNC23	4,9

	ный		
025,030	Станок зубообкатный	5A725	3,39
		Итого	66,24

### 3. Режим работы предприятия (участка).

Режим работы для всех станков приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Режим работы оборудования

	Режим работы	продолжительность смены, ч
<b>Базовый вариант</b>		
токарный полуавтомат 1265ПМ8	двухсменный	16
Горизонтально-протяжный полуавтомат 7Б55У	односменный	8
Токарный станок 16К20	двухсменный	16
Вертикально -фрезерный станок 6Р13	двухсменный	16
Зубодолбежный станок 5140	двухсменный	16
Зубофрезерный станок 53А33	двухсменный	16
Зубообрабатывающий станок 5Е580	односменный	8
Полуавтомат зубошевинговальный ВСН 732 CNC23	односменный	8
Станок зубообкатный 5А725	односменный	8
Круглошлифовальный станок 3В164Б	двухсменный	16
<b>Проектный вариант</b>		
Токарно – фрезерный с ЧПУ СТХ gamma 2000 ТС / linear	трехсменный	24
Горизонтально-протяжный полуавтомат 7Б55У	односменный	8
Полуавтомат зубошевинговальный ВСН 732 CNC23	односменный	8
Станок зубообкатный 5А725	односменный	8

### 4. Стоимость оборудования.

### 5. Нормативы отчислений на ремонт оборудования

Процент отчислений в ремонтный фонд  $K_p = 1,5\%$  (по данным предприятия)

### 6. Стоимость электроэнергии и применяемых видов топлива

Стоимость 1 кВт электроэнергии  $C_э = 3,8$  руб. /кВт-ч.

						ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата			

7. Годовой фонд одного рабочего на 2017 год составляет:

1. Календарное время, дни	365
2. Нерабочее время, дни	118
3. Номинальный фонд рабочего времени	247
4. Средняя продолжительность рабочего дня, час	8
5. Действительный годовой фонд рабочего времени, ч	1973

## 2.2. Расчет технико-экономических показателей

### 2.2.1. Определение капитальных вложений

Размер капитальных вложений определяется по формуле

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прз}, \quad (37)$$

где  $K_{об}$  - капитальные вложения в оборудование, р;

$K_{прс}$  – капитальные вложения в приспособления, р.;

$K_{прз}$  – капитальные вложения в программное обеспечение, р.

Определение капитальных вложений в оборудование

Размер капитальных вложений с учетом загрузки оборудования – составляет 4080 тыс. руб.

Определение капитальных вложений в приспособления (инструмент, оснастку)

Размер капитальных вложений в приспособления не рассчитывается, т.к. токарно-фрезерный станок с ЧПУ СТХ gamma 2000 ТС приобретался по бонусной программе и был поставлен, включая оснастку и основной инструмент.

Затраты на программное обеспечение:

Единовременные вложения в программное обеспечение 20,50 тыс. руб.

$$K = 4080 + 20,50 = 4100,50 \text{ тыс.руб.}$$

Количество технологического оборудования проведем по формуле:

$$q = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{зн} \cdot k_z}, \quad (38)$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

где  $t$  – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.;  $N_{год} = 1000$  шт.

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм времени;  $k_{вн} = 1,0$

$k_з$  – коэффициент загрузки оборудования;  $k_з = 0,85$

$F_{об}$  – действительный фонд времени работы единицы оборудования.

Действительный фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается по формуле:

$$F_{об} = F_n \cdot \left(1 - \frac{k_p}{100}\right),$$

(39)

где  $F_n$  – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

$k_p$  – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %;

Номинальный фонд работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год, при односменном режиме работы -  $F_n = 1973$ ч., при двухсменном -  $3946$ ч., при трехсменном –  $5919$ ч.

Рассчитаем количество оборудования для базового технологического процесса.

Операция 005,010, 020. Токарный полуавтомат 1265ПМ8

$$t = 12,69 \text{ч. } k_p = 3,0$$

$$F_{об} = 3946 \left(1 - \frac{3,0}{100}\right) = 3827 \text{ч.}$$

$$q = \frac{12,69 \cdot 1000}{3827 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,06 \text{ ед. обор.}$$

Операция 015. Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У

$$t = 2,57 \text{ч. } k_p = 1,4$$

$$F_{об} = 1973 \left(1 - \frac{1,4}{100}\right) = 1945 \text{ч.}$$

$$q = \frac{2,57 \cdot 1000}{1945 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,03 \text{ ед. обор.}$$

Операция 025, 030. Токарный станок 16К20

$$t = 21,43 \text{ч. } k_p = 1,04$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$F_{об} = 3946 \left(1 - \frac{1,04}{100}\right) = 3905 \text{ч.}$$

$$q = \frac{21,43 \cdot 1000}{3905 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,1 \text{ ед. обор}$$

Операция 035. Вертикально-фрезерный станок 6P13

$$t = 17,14 \text{ч. } k_p = 2,0$$

$$F_{об} = 3946 \left(1 - \frac{2,0}{100}\right) = 3867 \text{ч.}$$

$$q = \frac{17,14 \cdot 1000}{3867 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,09 \text{ ед. обор}$$

Операция 040, 045. Зубодолбежный станок 5140

$$t = 13,12 \text{ч. } k_p = 1,9$$

$$F_{об} = 3946 \left(1 - \frac{1,9}{100}\right) = 3871 \text{ч.}$$

$$q = \frac{13,12 \cdot 1000}{3871 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,07 \text{ ед. обор.}$$

Операция 050. Зубофрезерный станок 53A33

$$t = 45,9 \text{ч. } k_p = 1,9$$

$$F_{об} = 3946 \left(1 - \frac{1,9}{100}\right) = 3871 \text{ч.}$$

$$q = \frac{45,9 \cdot 1000}{3871 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,2 \text{ ед. обор.}$$

Операция 055, 060. Зубообрабатывающий станок 5E580

$$t = 14,5 \text{ч. } k_p = 1,9$$

$$F_{об} = 1973 \left(1 - \frac{1,9}{100}\right) = 1935 \text{ч.}$$

$$q = \frac{14,5 \cdot 1000}{1935 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,1 \text{ ед. обор.}$$

Операция 065, 070. Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23

$$t = 4,9 \text{ч. } k_p = 1,9$$

$$F_{об} = 1973 \left(1 - \frac{1,9}{100}\right) = 1935 \text{ч.}$$

$$q = \frac{4,9 \cdot 1000}{1935 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,05 \text{ ед. обор.}$$

Операция 075, 080. Станок зубообкатный 5A725

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$t = 3,39\text{ч. } k_p = 1,9$$

$$F_{об} = 1973 \left(1 - \frac{1,9}{100}\right) = 1935\text{ч.}$$

$$q = \frac{3,39 \cdot 1000}{1935 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,03 \text{ ед. обор.}$$

Операция 085. Круглошлифовальный станок 3В164Б

$$t = 1,95\text{ч. } k_p = 1,8$$

$$F_{об} = 3946 \left(1 - \frac{1,8}{100}\right) = 3875\text{ч.}$$

$$q = \frac{3,39 \cdot 1000}{3875 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,02 \text{ ед. обор.}$$

Рассчитаем количество оборудования для проектного технологического процесса обработки детали «Шестерня».

Т.к. операции 010,015,020,025,030 остаются без изменений, количество оборудование принимаем как в базовом техпроцессе.

Операция 005. Токарно-фрезерный СТХ gamma 2000 TC / linear

$$t = 55,38\text{ч. } k_p = 8,4$$

$$F_{об} = 5919 \left(1 - \frac{8,4}{100}\right) = 5421\text{ч.}$$

$$q = \frac{55,38 \cdot 1000}{5421 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 60} = 0,2 \text{ ед. обор.}$$

Полученные при расчете данные занесем в таблицу 10.

Таблица 10 -Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Количество оборудования		Суммарная мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р			Стоимость всего оборудования, тыс.р	
	Баз. ТП	Проект. ТП	одного	всех	Цена	Затраты на монтаж	Первоначальная стоимость	Баз. ТП	Проект. ТП
1265ПМ8	0,06	-	30	1,8	12000	360	12600	756	-
16К20	0,1	-	10	1	4700	81	2835	283,5	-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ					Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата						

CTX gamma 2000	-	0,2	36	10,8	20000	-	20400	-	4080
7Б55У	0,03	0,03	17	0,51	1100	33	1155	57,75	57,75
6Р13	0,09	-	14	1,26	6200	186	6510	585,9	-
5140	0,07	-	4,7	0,32	3500	105	3675	257,25	-
53А33	0,2	-	12,5	2,5	4800	144	5040	1008	-
5Е580	0,1	-	1,4	0,14	1000	30	1050	105	-
ВСН-732 CNC23	0,05	0,05	6,7	0,36	1100	33	1155	57,75	57,75
5А725	0,03	0,03	2,2	0,07	950	28,5	997,5	29,93	29,93
3В164Б	0,02	-	22	0,44	5000	150	5250	105	-
<b>Итого</b>	<b>0,75</b>	<b>0,31</b>						<b>3246,08</b>	<b>4225,43</b>

## 2.2.2. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов:

$$C = Z_m + Z_{zp} + Z_{э} + Z_{об} + Z_{осн} + Z_i, \quad (40)$$

где  $Z_m$  – затраты на материалы (заготовки), р.;

$Z_{zp}$  – затраты на заработную плату, р.;

$Z_{э}$  – затраты на технологическую электроэнергию, р.;

$Z_{об}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{осн}$  – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_i$  – затраты на малоценный инструмент, р.

Базовый проект

$$C = 346,37 + 649,64 + 11,04 + 933,97 + 0,42 + 183,98 = 2125,42 \text{ р.}$$

Проектный вариант

$$C = 346,37 + 381,97 + 8,16 + 356,25 + 0,05 + 76,61 = 1546,25 \text{ р.}$$

Затраты на материалы рассчитываются по формуле

$$Z_m = Z_z + Z_p, \quad (41)$$

где  $Z_z$  – затраты на основные материалы для заготовки, р.;

					ДП.44.03.04.627 ПЗ				Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата					

$Z_p$  – затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку, р.

$$Z_z = (M_z \cdot Q_z - M_{отх} \cdot Q_{отх}) \cdot k_{тр} , \quad (42)$$

где  $M_z$  – вес заготовки, кг;  $M_z=8,72$ кг

$Q_z$  – цена за один килограмм материала заготовки, р.;  $Q_z=46,5$ р

$M_{отх}$  – вес отходов, кг;  $M_{отх}=2,16$ кг

$Q_{отх}$  – цена за один килограмм отходов, р.;  $Q_{отх}=35$ р

$k_{тр}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.  $k_{тр}=1,05$

$$Z_z = (8,72 \cdot 46,5 - 2,16 \cdot 35) \cdot 1,05 = 346,37 \text{ р.}$$

Т. к. заготовка приобретается у сторонней организации, то:

$$Z_m = Z_z = 346,37 \text{ р.}$$

Коэффициент использования материала составляет  $K_{им} = 0,75$  (расчет в технологической части проекта).

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих.

Затраты на заработную плату рассчитаем по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_n + Z_{эл} + Z_k + Z_{тр} \quad (42)$$

где  $Z_{пр}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$Z_n$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

$Z_{эл}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

$Z_k$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$Z_{тр}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.;

Базовый вариант

$$Z_{зп} = 602,46 + 33,63 + 8,18 + 5,37 = 649,64 \text{ р.}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Проектный вариант:

$$Z_{\text{зп}} = 351,21 + 27,32 + 2,10 + 1,34 = 381,97 \text{ р.}$$

При сдельной оплате труда используется формула:

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{т}} \cdot t \cdot k_{\text{мн}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{р}} \quad (43)$$

где  $C_{\text{т}}$  – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

$t$  – штучно-калькуляционное время на операцию, ч;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ( $k_{\text{мн}} = 0,49$ ) – не учитывается, т.к один рабочий за одним станком;

$k_{\text{есн}}$  – коэффициент единого социального налога ( $k_{\text{есн}} = 1,3$ );

$k_{\text{р}}$  – уральский коэффициент ( $k_{\text{р}} = 1,15$ );

Базовый вариант:

Операция 005, 010,020. Токарный полуавтомат 1265ПМ8

$$Z_{\text{пр}} = 170,96 \cdot 0,21 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 59,90 \text{ р.}$$

Операция 010. Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У

$$Z_{\text{пр}} = 145,62 \cdot 0,04 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 9,72 \text{ р.}$$

Операция 025, 030. Токарный станок 16К20

$$Z_{\text{пр}} = 162,50 \cdot 0,36 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 97,60 \text{ р.}$$

Операция 035. Вертикально-фрезерный станок 6Р13

$$Z_{\text{пр}} = 162,50 \cdot 0,28 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 75,91 \text{ р.}$$

Операция 040, 045. Зубодолбежный станок 5140

$$Z_{\text{пр}} = 156,25 \cdot 0,22 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 57,35 \text{ р.}$$

Операция 050. Зубофрезерный станок 53А33

$$Z_{\text{пр}} = 156,25 \cdot 0,76 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 198,12 \text{ р.}$$

Операция 055, 060. Зубообрабатывающий станок 5Е580

$$Z_{\text{пр}} = 153,12 \cdot 0,24 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 61,31 \text{ р.}$$

Операция 065, 070. Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23

$$Z_{\text{пр}} = 150,00 \cdot 0,08 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 20,02 \text{ р.}$$

Операция 075, 080. Станок зубообкатный 5А725

$$Z_{\text{пр}} = 150,00 \cdot 0,06 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 15,02 \text{ р.}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Операция 085. Круглошлифовальный станок 3В164Б

$$Z_{\text{пр}} = 150,00 \cdot 0,03 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 7,51 \text{ р.}$$

Проектный вариант

Операция 005. Токарно-фрезерный СТХ gamma 2000 ТС

$$Z_{\text{пр}} = 193,75 \cdot 0,92 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 297,40 \text{ р.}$$

Численность станочников вычисляется по формуле

$$Q_{\text{сн}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_p \cdot 60} \quad (44)$$

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, для односменного режима -1680ч., для двухсменного-3360ч., для трехсменного - 5040ч.;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание (не учитывается, т.к один рабочий за одним станком);

$t$  – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска детали, шт.

Базовый вариант:

Операция 005, 010,020. Токарный полуавтомат 1265ПМ8

$$Q_{\text{сн}} = \frac{12,69 \cdot 1000}{3360 \cdot 60} = 0,06 \text{ чел}$$

Операция 010. Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У

$$Q_{\text{сн}} = \frac{2,57 \cdot 1000}{1680 \cdot 60} = 0,03 \text{ чел}$$

Операция 025, 030. Токарный станок 16К20

$$Q_{\text{сн}} = \frac{21,43 \cdot 1000}{3360 \cdot 60} = 0,11 \text{ чел}$$

Операция 035. Вертикально-фрезерный станок 6Р13

$$Q_{\text{сн}} = \frac{17,14 \cdot 1000}{3360 \cdot 60} = 0,09 \text{ чел.}$$

Операция 040, 045. зубодолбежный станок 5140

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$Q_{cn} = \frac{13,12 \cdot 1000}{3360 \cdot 60} = 0,07 \text{ чел}$$

Операция 050. Зубофрезерный станок 53A33

$$Q_{cn} = \frac{45,9 \cdot 1000}{3360 \cdot 60} = 0,23 \text{ чел}$$

Операция 055, 060. Зубообрабатывающий станок 5E580

$$Q_{cn} = \frac{14,5 \cdot 1000}{1680 \cdot 60} = 0,14 \text{ чел}$$

Операция 065, 070. Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23

$$Q_{cn} = \frac{4,9 \cdot 1000}{1680 \cdot 60} = 0,05 \text{ чел}$$

Операция 075, 080. Станок зубообкатный 5A725

$$Q_{cn} = \frac{3,39 \cdot 1000}{1680 \cdot 60} = 0,03 \text{ чел}$$

Операция 085. Круглошлифовальный станок 3В164Б

$$Q_{cn} = \frac{1,95 \cdot 1000}{3360 \cdot 60} = 0,01 \text{ чел}$$

Проектный вариант

Операция 005. Токарно-фрезерный с ЧПУ СТХ gamma 2000 ТС

$$Q_{cn} = \frac{55,38 \cdot 1000}{5040 \cdot 60} = 0,18 \text{ чел}$$

Принимаемую численность рабочих, а также затраты на заработную плату производственных рабочих базового и проектного вариантов сведем в таблицу 11.

Таблица 11- Затраты на заработную плату станочника

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, мин	Заработная плата	Численность станочников, чел.
1	2	3	4	5
<b>Базовый вариант</b>				

										Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата						

ДП.44.03.04.627 ПЗ

005,010,020 Токарный полуавтомат	170,96	12,69	59,90	0,06
015 Горизонтально-протяжный полуавтомат	145,62	2,57	9,72	0,03
025,030 Токарный станок	162,50	21,43	97,60	0,11
035 Вертикально-фрезерный станок	162,50	17,14	75,91	0,09
040,045 Зубодолбежный станок	156,25	13,12	57,35	0,07

Окончание таблицы 11 - Затраты на заработную плату станочника

1	2	3	4	5
050 Зубофрезерный станок	156,25	45,9	198,12	0,23
050,055 Зубообрабатывающий станок	153,12	14,5	61,31	0,14
065,070 Полуавтомат зубошпинговальный	150,00	4,9	20,02	0,05
080 Станок зубообкатный	150,00	3,39	15,02	0,03
085 Круглошлифовальный станок	150,00	1,95	7,51	0,01
<b>Итого</b>			<b>602,46</b>	<b>0,82</b>
<b>Проектируемый вариант</b>				
005 Токарно – фрезерный с ЧПУ	193,75	55,38	297,40	0,18
010 Горизонтально-протяжный полуавтомат	145,62	2,57	9,72	0,03
015, 020 Полуавтомат зубошпинговальный	150,00	4,9	20,02	0,05
025,030 Станок зубообкатный	150,00	3,39	15,02	0,03
<b>Итого</b>			<b>342,16</b>	<b>0,29</b>

Оплата труда вспомогательных рабочих осуществляется по повременно-премиальной системе. Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, контролеров, стропальщиков) находим по формуле:

$$Z_{\text{всп}} = \frac{C_{\text{Т}}^{\text{всп}} \cdot F_{\text{д}} \cdot \chi_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{р}}}{N_{\text{год}}} \quad (45)$$

где  $C_{\text{Т}}^{\text{всп}}$  – часовая ставка соответствующей специальности и разряда, р;

$\chi_{\text{всп}}$  – численность рабочих соответствующей категории, чел;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент доплат ( $k_{\text{доп}} = 1,116$ )

$k_{\text{р}}$  – уральский коэффициент ( $k_{\text{р}} = 1,15$ )

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.;

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Основную и дополнительную заработную плату вспомогательного рабочего (наладчика) находим по формуле 45.

Базовый вариант предусматривает одного наладчика.

$$Z_{\text{всп}} = \frac{75 \cdot 1680 \cdot 0,16 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1000} = 33,63 \text{руб.}$$

Проектный вариант предусматривает одного наладчика.

$$Z_{\text{всп}} = \frac{775 \cdot 1680 \cdot 0,13 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1000} = 27,32 \text{руб.}$$

Находим основную и дополнительную заработную плату вспомогательного рабочего (контролера)

Базовый вариант

$$Z_{\text{всп}} = \frac{48,66 \cdot 1680 \cdot 0,06 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1000} = 8,18 \text{руб.}$$

Проектный вариант

$$Z_{\text{всп}} = \frac{48,66 \cdot 1680 \cdot 0,02 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1000} = 2,10 \text{руб.}$$

Находим основную и дополнительную заработную плату вспомогательного рабочего (транспортного рабочего)

Базовый вариант

$$Z_{\text{всп}} = \frac{47,93 \cdot 1680 \cdot 0,04 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1000} = 5,37 \text{руб.}$$

Проектный вариант

$$Z_{\text{всп}} = \frac{47,93 \cdot 1680 \cdot 0,01 \cdot 1,116 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1000} = 1,34 \text{руб.}$$

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности определяется по формуле:

$$Ч_{\text{всп}} = \frac{q_p \cdot n}{H}$$

(46)

где  $q_p$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$n$  – число смен работы оборудования;

$H$  – число станков, обслуживаемых одним вспомогательным рабочим.

Определим численность наладчиков:

Базовый вариант:

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$Ч_{всп} = \frac{0,82 \cdot 2}{10} = 0,16 \text{ чел.}$$

Проектный вариант:

$$Ч_{всп} = \frac{0,31 \cdot 3}{7} = 0,13 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников.

Базовый вариант:

$$Ч_T = 0,82 \cdot 5\% = 0,04 \text{ чел.}$$

$$Ч_K = 0,82 \cdot 7\% = 0,06 \text{ чел.}$$

Проектный вариант:

$$Ч_T = 0,29 \cdot 5\% = 0,01 \text{ чел.}$$

$$Ч_K = 0,29 \cdot 7\% = 0,02 \text{ чел.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящейся на одну деталь по каждому из вариантов, сводим в таблицу 12.

Таблица 12- Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел	Затраты на изготовление детали, р
<b>Базовый вариант</b>			
Наладчик	75,00	0,16	78,48
Контролер	48,66	0,06	25,00
Стропальщик	47,93	0,07	16,58
<b>Итого</b>		<b>0,29</b>	<b>120,06</b>
<b>Проектный вариант</b>			
Наладчик	75,00	0,13	63,76
Контролер	48,66	0,02	8,33
Стропальщик	47,93	0,01	4,15
<b>Итого</b>		<b>0,16</b>	<b>76,24</b>

Затраты на электроэнергию.

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали-операции, рассчитываем по формуле:





6P13	14	17,14	1,53
5140	4,7	13,12	0,39
53A33	12,5	45,9	3,92
5E580	1,4	14,5	0,14
ВСН-732CNC23	6,7	4,9	0,19
5A725	2,2	3,39	0,04
3B164Б	22	1,95	0,27
<b>Итого</b>			<b>11,04</b>

Таблица 14 – Затраты на электроэнергию по проектному варианту технологического процесса.

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, р.
СТХ gamma 2000 ТС / linear	36	55,38	7,65
7Б55У	17	2,57	0,28
ВСН-732CNC23	6,7	4,9	0,19
5A725	2,2	3,39	0,04
<b>Итого</b>			<b>8,16</b>

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем} , \quad (48)$$

где  $C_{рем}$  – затраты на ремонт технологического оборудования, р.;

$C_{ам}$  – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р.

Для базового варианта составят:

$$Z_{об} = 319,72 + 614,25 = 833,97 \text{ р.}$$

Для проектного варианта составят:

$$Z_{об} = 376,84 + 356,25 = 733,09 \text{ р.}$$

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{вн} \cdot 60},$$

(49)

где  $Ц_{об}$  – цена единицы оборудования, р.;

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений;  $H_{ам} = 10\%$

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$  – годовой действительный фонд работы оборудования;

$k_з$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $k_з = 0,85$ ;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,1$ .

Рассчитаем амортизационные отчисления для базового варианта:

Токарный полуавтомат 1265ПМ8

$$C_{ам} = \frac{12000000 \cdot 0,1 \cdot 12,69}{3827 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,93р.$$

Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У

$$C_{ам} = \frac{2000000 \cdot 0,1 \cdot 2,57}{1945 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 4,71р.$$

Токарный станок 16К20

$$C_{ам} = \frac{4700000 \cdot 0,1 \cdot 21,43}{3905 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 45,98р.$$

Вертикально-фрезерный станок 6Р13

$$C_{ам} = \frac{6200000 \cdot 0,1 \cdot 17,4}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 49,73р.$$

Зубодолбежный станок 5140

$$C_{ам} = \frac{3500000 \cdot 0,1 \cdot 13,12}{3871 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 21,15р.$$

Зубофрезерный станок 53А33

$$C_{ам} = \frac{4800000 \cdot 0,1 \cdot 45,69}{3871 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 101,45р.$$

Зубообрабатывающий станок 5Е580

$$C_{ам} = \frac{1000000 \cdot 0,1 \cdot 14,5}{1935 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 13,36р.$$

Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$C_{ам} = \frac{1100000 \cdot 0,1 \cdot 4,9}{1935 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 4,96 \text{ р.}$$

Станок зубообкатный 5A725

$$C_{ам} = \frac{950000 \cdot 0,1 \cdot 3,39}{1935 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 2,97 \text{ р.}$$

Круглошлифовальный станок 3В164Б

$$C_{ам} = \frac{5000000 \cdot 0,1 \cdot 61,95}{3875 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 4,48 \text{ р.}$$

Определим амортизационные отчисления для проектного варианта.

Токарно-фрезерный СТХ gamma 2000 ТС

$$C_{ам} = \frac{20000000 \cdot 0,1 \cdot 55,38}{5412 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 60} = 364,20 \text{ р.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования определим путем укрупненно-го расчета по примерным нормам затрат на ремонт которые составляют 1-1,5% от стоимости оборудования, по базовому варианту:

Токарный полуавтомат 1265ПМ8

$$C_{рем} = 12000000 \cdot 0,015 / 1000 = 180 \text{ р.}$$

Горизонтально - протяжной полуавтомат мод. 7Б55У

$$C_{рем} = 1700000 \cdot 0,015 / 1000 = 25,5 \text{ р.}$$

Токарный станок 16К20

$$C_{рем} = 4700000 \cdot 0,015 / 1000 = 70,5 \text{ р.}$$

Вертикально-фрезерный станок 6Р13

$$C_{рем} = 6200000 \cdot 0,05 / 1000 = 93,00 \text{ р.}$$

Зубодолбежный станок 5140

$$C_{рем} = 3500000 \cdot 0,015 / 1000 = 52,50 \text{ р.}$$

Зубофрезерный станок 53А33

$$C_{рем} = 4800000 \cdot 0,015 / 1000 = 72,00 \text{ р.}$$

Зубообрабатывающий станок 5Е580

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

$$C_{\text{рем}} = 1000000 \cdot 0,015 / 1000 = 15,00 \text{ р.}$$

Полуавтомат зубошевинговальный ВСН-732 CNC23

$$C_{\text{рем}} = 1100000 \cdot 0,015 / 1000 = 16,50 \text{ р.}$$

Станок зубообкатный 5A725

$$C_{\text{рем}} = 950000 \cdot 0,015 / 1000 = 14,25 \text{ р.}$$

Круглошлифовальный станок 3В164Б

$$C_{\text{рем}} = 5000000 \cdot 0,015 / 1000 = 75,00 \text{ р.}$$

По проектному варианту:

Токарно-фрезерный СТХ gamma 2000 ТС

$$C_{\text{рем}} = 20000000 \cdot 0,015 / 1000 = 300,00 \text{ р.}$$

Полученные при расчете данные сведем в таблицы 15 и 16.

Таблица 15 – затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту

Модель станка	Стоимость, тыс.р.	Количество, шт	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
1265ПМ8	12000	1	10	12,69	70,93	180,00
7Б55У	2000	1	10	2,57	4,71	28,50
16К20	1700	1	10	21,43	45,98	70,50
6Р13	6200	1	10	17,14	49,73	93,00
5140	2000	1	10	13,12	21,15	52,50
53А33	3800	1	10	45,9	101,45	72,00
5Е580	1000	1	10	14,5	13,36	15,00
ВСН-732СNC23	1100	1	10	4,9	4,96	16,50
5А725	950	1	10	3,39	2,97	14,25
3В164Б	5000	1	10	1,95	4,48	75,00
<b>Итого</b>					<b>319,72</b>	<b>614,25</b>

Таблица 16 – затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектному варианту

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Модель станка	Стоимость, тыс.р.	Количество, шт	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
CTX gamma 2000 TC	20000	1	10	55,38	364,20	300,00
7Б55У	2000	1	10	2,57	4,71	25,50
ВСН-732СNC23	1100	1	10	4,9	4,96	16,50
5А725	950	1	10	3,39	2,97	14,25
<b>Итого</b>					<b>367,84</b>	<b>356,25</b>

Затраты на эксплуатацию инструмента.

Затраты на эксплуатацию инструмента вычисляются по формуле

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_{п} + C_{п}}{T_{ст} \cdot (\beta_{п} + 1)} \cdot T_{м} \cdot \eta_{и}, \quad (50)$$

где  $C_{и}$  – цена единицы инструмента, р.;

$\beta_{п}$  – число переточек,

$C_{п}$  – стоимость одной переточки, р.;

$T_{ст}$  – период стойкости инструмента, мин;

$T_{м}$  – машинное время, мин;

$\eta_{и}$  – коэффициент случайной убыли инструмента, мин.

В качестве примера приведем расчет затрат на резец проходной пластина Т5К10

$$Z_{и} = \frac{298 + 3 + 15,50}{60 \cdot 60 \cdot (3 + 1)} \cdot 0,92 \cdot 0,98 = 0,02 \text{ р.}$$

Расчеты затрат на эксплуатацию инструмента для базового и проектного вариантов занесем в таблицу 17 и 18.

Таблица 17 – Затраты на эксплуатацию инструмента базовый вариант

Наименование инструмента	$C_{и}$ , руб.	$\beta_{п}$	$C_{п}$ , руб.	$T_{ст}$ , мин.	$T_{м}$ , мин	$\eta_{и}$ , мин	$Z_{и}$ , руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
Резец проходной	298,00	3	15,50	60	0,92	0,98	0,02

Пластина Т5К10							
Резец проходной Пластина Т15К6	311,00	3	15,50	60	1,4	0,98	0,03
Резец подрезной Пластина Т5К10	290,00	3	15,50	60	0,92	0,98	0,02
Резец подрезной Пластина Т15К6	472,00	3	15,50	60	1,4	0,98	0,05
Резец специальный Пластина Т15К6	510,00	3	15,50	60	0,92	0,98	0,03
Резец расточной Пластина Т15К6	403,00	3	15,50	60	0,92	0,98	0,03
Резец проходной отогнутый Пластина Т15К6	794,00	3	15,50	60	1,98	0,98	0,11
Резец канавочный Пластина Т15К6	230,10	3	15,50	60	1,98	0,98	0,03

Окончание таблицы 17 – затраты на эксплуатацию инструмента

1	2	3	4	5	6	7	8
Резей отрезной Пластина Т5К10	294,00	3	15,50	60	1,36	0,98	0,03
Резец отрезной Пластина Т15К6	490,00	3	15,50	60	1,36	0,98	0,05
Фреза дисковая Ст Р6М5	950,00	0	0	40	12,36	0,98	4,79
Фреза червячная Ст Р6М5	8995,14	0	0	40	39,04	0,98	143,39
Фреза затылованная стР6М5	727,00	0	0	40	7,87	0,98	2,34
Долбяк Ст Р6М5	6400,00	0	0	40	8,66	0,98	22,63
Шевер дисковый Ст Р6М5	6969,00	0	0	40	3,1	0,98	8,82
Круг шлифовальный 25А	248,00	0	0	10	0,95	0,98	0,38
Протяжка шлицевая Р18	12299,00	3	72,90	50	1,22	0,98	1,23
<b>Итого</b>							<b>183,98</b>

Таблица 18 – Затраты на эксплуатацию инструмента проектный вариант

Наименование инструмента	Ц <sub>н</sub> , руб.	β <sub>п</sub>	Ц <sub>п</sub> , руб.	Т <sub>ст</sub> , мин.	Т <sub>м</sub> , мин	η <sub>и</sub> , мин	З <sub>и</sub> , руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
Пластина WWLNR2525-M08	1778,72	0	0	120	2,02	0,98	0,48
Пластина А20Q- SDUNR11	2356,00	0	0	120	1,15	0,98	0,37

Пластина TGIR 40C-6	2185,00	0	0	120	2,02	0,98	0,6
Пластина CFOL2525M04	1510,28	0	0	120	1,15	0,98	0,23
Фреза пазовая	-	-	-	-	-	-	-
Фреза червячная 2510-4088	8995,14	0	0	40	17,21	0,98	63,21
Фреза затылованная	727,00	0	0	40	5,63	0,98	1,67
Фреза модульная	-	-	-	-	-	-	-
Протяжка шлицевая P18	12299,00	3	72,90	50	1,22	0,98	1,23
Шевер дисковый Ст P6M5	6969,00	0	0	40	3,1	0,98	8,82
<b>Итого</b>							<b>76,61</b>

Затраты на эксплуатацию оснастки.

Эти затраты определим по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{q_p \cdot H_{\text{прс}} \cdot C_{\text{прс}} \cdot N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} \cdot 100} \quad (51)$$

где  $q_p$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$H_{\text{прс}}$  – количество приспособлений на единицу оборудования, шт.;

$C_{\text{прс}}$  – стоимость приспособлений, р.;

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}}$  – норма амортизационных отчислений на приспособления, %;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, шт;

Базовый вариант  $Z_{\text{осн}}=0,42$  р.

Токарный полуавтомат 1265МП8

$$Z_{\text{осн}} = \frac{0,06 \cdot 1 \cdot 42000 \cdot 2,78}{1000 \cdot 100} = 0,07 \text{ р.}$$

Горизонтально-протяжной полуавтомат 7Б55У

$$Z_{\text{осн}} = \frac{0,03 \cdot 1 \cdot 20000 \cdot 2,78}{1000 \cdot 100} = 0,02 \text{ р.}$$

Токарный станок 16К20

$$Z_{\text{осн}} = \frac{0,1 \cdot 1 \cdot 42000 \cdot 2,78}{1000 \cdot 100} = 0,12 \text{ р.}$$

					ДП.44.03.04.627 ПЗ		Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата			

Т.к. для обработки детали на остальном оборудовании требуется одна универсальная шлицевая оправка, то суммируем расчетное количество оборудования:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{0,56 \cdot 1 \cdot 13800 \cdot 2,78}{1000 \cdot 100} = 0,21 \text{ р.}$$

Проектный вариант  $Z_{\text{осн}} = 0,05 \text{ р.}$

Горизонтально-протяжной полуавтомат 7Б55У

$$Z_{\text{осн}} = \frac{0,03 \cdot 1 \cdot 20000 \cdot 2,78}{1000 \cdot 100} = 0,02 \text{ р.}$$

Зубошевинговальный станок ВСН-732СNC23 и зубообкатный станок 5А7256

$$Z_{\text{осн}} = \frac{0,08 \cdot 1 \cdot 13800 \cdot 2,78}{1000 \cdot 100} = 0,03 \text{ р.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости выпуска детали по базовому и проектному вариантам сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статья затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на материалы	346,37	346,37
Заработная плата с начислениями	649,64	381,97
Затраты на технологическую электроэнергию	11,04	8,16
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	933,97	733,09
Затраты на эксплуатацию оснастки	0,42	0,05
Затраты на малоценный инструмент	183,98	76,61
<b>Итого</b>	<b>2125,42</b>	<b>1546,25</b>

### 2.2.3. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

Одним из основных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия, полученная в результате снижения себестоимости:

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		



### 3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Вводная часть

В настоящей выпускной квалификационной работе совершенствуется технологический процесс изготовления детали «Шестерня». Совершенствование технологического процесса изготовления детали ведется в направлении изменения типа и формы заготовки, применения современного оборудования с числовым программным управлением, применения современного металлорежущего инструмента зарубежных фирм.

Результатом совершенствования технологического процесса изготовления детали «Шестерня», помимо роста производительности обработки, стало изменение характера труда производственных рабочих – в частности уменьшилось количество операций, выполняемых на универсальном оборудовании, поэтому уменьшилось количество основных рабочих токарей, фрезеровщиков. В то же время потребовались операторы и наладчики станков с ЧПУ.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Следовательно, в методической части выпускной квалификационной работы рассмотрим особенности и структуру переподготовки рабочих по профессии «токарь» 4 разряда на профессию «Оператор станков с ЧПУ» третьего разряда. Переподготовка ведется на базе негосударственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ».

Цель разработки методической части: разработать учебную программу для переподготовки токарей по профессии «Оператор станков с ЧПУ» третьего разряда и разработать занятие теоретического обучения для данной переподготовки.

Цель разработки определяет ее следующие задачи:

1. Описать условия организации и поведения учебного процесса на базе негосударственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ».

2. Провести сравнительный анализ профессиональных стандартов, ориентированных на подготовку по профессии «Оператор станков с ЧПУ» на уровне третьего разряда.

3. Разработать учебно-тематический план переподготовки токарей четвертого разряда по профессии «Оператор станков с ЧПУ» на уровне третьего разряда.

4. Выбрать тему и разработать по теме перспективно-тематический план.

5. Выбрать занятие и разработать план занятия, план-конспект и методическое обеспечение к учебному занятию – «Системы ЧПУ Sinumerik».

3.2. Описание условий обучения в негосударственном образовательном учреждении дополнительного профессионального образования «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ»

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

По согласованию с кадровой службой предприятия переподготовка по профессии «Оператор станков с ЧПУ» ведется на базе негосударственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ, НОУ МИТИ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ» обладает необходимой материальной базой и преподавательским составом, позволяющим вести обучение по профессии: «Оператор станков с ЧПУ». Образовательная деятельность лицензирована – лицензия Министерства общего и профессионального образования Свердловской области Серия 66 № 001321 рег. № 3744 от 28 июля 2011 г.

В НОУ МИТИ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ» ведется подготовка последующим профессиям, связанных с механообработкой:

Токарь

Фрезеровщик

Оператор станков с программным управлением.

В ходе подготовки по профессии «Оператор станков с ЧПУ» в НОУ МИТИ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ» предполагается, что оператор производит наладку станка и запускает его в работу.

Обычно машина обрабатывает одну деталь длительное время, поэтому оператор может обслуживать несколько станков или выполнять другие функции с различными инструментами. Это делает работу более интересной, но вместе с тем требует умений планирования работы.

Оператор станков с ПУ должен знать:

- устройство, принципиальные схемы оборудования и взаимодействие механизмов станков с программным управлением, правила их подналадки;
- корректировку режимов резания по результатам работы станка;

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

- основы электротехники, электроники, механики, гидравлики, автоматики в пределах выполняемой работы;
- организацию работ при многостаночном обслуживании станков с программным управлением;
- устройство и правила пользования контрольно-измерительными инструментами и приборами;
- основные способы подготовки программы;
- определение неисправности в станках и системе управления;
- способы установки инструмента в инструментальные блоки;
- способы установки приспособлений и их регулировки;
- приемы, обеспечивающие заданную точность изготовления деталей;
- качества и параметры шероховатости;
- правила чтения чертежей обрабатываемых деталей.

Срок обучения оп профессии «Оператор станков с ЧПУ» в НОУ МИТИ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ» составляет три месяца, а учебный график – 6 дней в неделю. Рабочие дни – по 4 часа в неделю, а суббота – по 8 часов в неделю. При этом на теоретическое обучения отводится 6 недель и 7 недель на производственное обучение, после чего следуют квалификационные испытания.

Производственное обучения ведется на предприятии с использованием имеющегося на предприятии оборудования. При этом, к обучаемым прикрепляется наставник из опытных работников предприятия.

Обучение по программированию ведется непосредственно на базе учебного центра, который имеет учебные рабочие места для подготовки по профессии «Оператор станков с ЧПУ», оснащенные учебными имитационными стойками Сименс с системой ЧПУ Sinumerik 840Di. Стоимость обучения составляет 28000руб, возможен наличный и безналичный платеж, рассрочка.

К дополнительной образовательной программе, программа:

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		





1.1	Назначение и устройство токарно-фрезерного станка для 6-сторонней комплексной обработки CTX gamma 2000 TC	2	2	-	-
1.2	Устройство программируемой стойки Siemens 840D и её функции.	2	2	-	-
1.3	Алгоритм запуска станка и его наладка. Программная диагностика узлов станка. Работа с измерительным щупом.	4	2	2	Зачет
1.4	Интерпретация управляющих программ. Ошибки системы и методы их устранения.	4	2	2	Зачет
1.5	Инструментальный магазин и манипулятор.	4	4	-	
1.6	Виды и назначение режущего инструмента для CTX gamma 2000 TC. Выбор инструмента и режимов резания по каталогам. Лазерное измерение инструмента.	4	2	2	Зачет

Окончание таблицы 20 – Учебный план переподготовки рабочих

1	2	3	4	5	6
1.7	Устройство противощпинделя. Особенности применения противощпинделя.	4	2	2	Зачет
2	Практическое обучение:	44			
2.1	Подготовка и запуск станка. Ручное управление осевых перемещений.	4	-	4	Зачет
2.2	Работа со стойкой: смена инструмента, установка нулевой точки.	4	-	4	Зачет
2.3	Работа с щупом и лазерным измерителем инструмента.	4	-	4	Зачет
2.4	Сборка инструмента и установка его в магазин.	4	-	4	Зачет
2.5	Интерпретация программы. Обработка плоских поверхностей.	4	-	4	Зачет
2.6	Подрезка торца и обработка по контуру	4	-	4	Зачет
2.7	Фрезерование наружных внутренних и расточка цилиндрических поверхностей.	4	-	4	Зачет
2.8	Сверление отверстий и нарезание резьбы.	4	-	4	Зачет
2.9	Установка противощпинделя.	4	-	4	Зачет

Изм	лист	№ докум	подпись	дата

ДП.44.03.04.627 ПЗ

Лист



ТС, его принцип работы и характеристики. Принцип работы и устройство манипулятора. Правила работы с магазином.

1.5 Виды и назначение режущего инструмента для СТХ gamma 2000 ТС. Выбор инструмента и режимов резания по каталогам. Лазерное измерение инструмента. Обзор режущего инструмента. Выбор составляющих инструмента и режимов резания. Лазерное измерение инструмента с помощью TL Micro.

1.6 Устройство противощпинделя. Особенности применения. Назначение противощпинделя. Принцип работы.

## 2. Практическое обучение:

2.1 Подготовка и запуск станка. Ручное управление осевых перемещений. Внешний осмотр станка. Проверка знаний порядка включения станка. Формирование умений ручного управления осевых перемещений с помощью управляющих органов стойки и «маховичка».

2.2 Работа со стойкой: смена инструмента, установка нулевой точки. Формирование умений вызова инструмента и установки нулевой точки.

2.3 Работа со щупом и лазерным измерителем инструмента. Формирование умений параметризации заготовки с помощью беспроводного трехмерного щупа. Коррекция инструмента с помощью лазерного измерителя TLmicro. Сборка инструмента и установка его в магазин. Формирование умений сборки современного инструмента вручную и с помощью специальных приспособлений. Правильная установка инструмента в магазин.

2.4 Интерпретация программы. Обработка плоских поверхностей. Формирование умений читать программу, пользоваться ею. Установка нулевой точки, обработка плоских поверхностей по программе.

2.5 Точение наружных цилиндрических поверхностей. Формирование умений пользоваться программой. Обработка наружных цилиндрических поверхностей

2.6 Фрезерование и расточка внутренних цилиндрических поверхностей. Формирование умений использования программных циклов погружного фрезе-

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

рования и расточки отверстий. Коррекция раздвижной расточной головки на нужный размер с помощью лазерного измерителя TLmicro.

2.7 Сверление отверстий и нарезание резьбы. Формирование умений сверления отверстий, снятия фасок и нарезание резьбы односторонними резьбофрезами по программе.

2.8 Установка противопинделя. Установка и подключение к системе ЧПУ противопинделя.

2.9 Точение цилиндрических и конических поверхностей. Точение наружных и внутренних цилиндрических поверхностей. Точение конических поверхностей.

2.10 Изготовление по программе детали «Втулка». Формирование умений пуска станка, установки заготовки, определения положения нулевой точки и обработки детали «Втулка» по программе.

2.11 Изготовление по программе детали «Зубчатое колесо». Формирование умений пуска станка, программной диагностики его узлов, лазерной коррекции инструмента, измерений параметров заготовки с помощью трехмерного щупа и обработки детали «Зубчатое колесо» по программе с применением противопинделя.

Содержание практикума теоретического обучения образовательной программы.

Переподготовка токарей 4-го разряда для работы на токарно-фрезерном станке для 6-ти сторонней комплексной обработки СТХ gamma 2000 TC с системой ЧПУ Siemens 840D.

Для закрепления теоретических знаний слушателей и формирования практических умений выбраны наиболее важные разделы теоретического обучения дополнительной рабочей программы (таблица 21).

Таблица 21-Содержание теоретического обучения дополнительной рабочей программы

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

Наименование раздела дополнительной рабочей программы	Наименование практических занятий теоретического обучения
Алгоритм запуска станка и его наладка. Программная диагностика узлов станка. Работа с измерительным щупом.	Последовательность действий включения станка и программируемой стойки. Последовательность проведения программной диагностики узлов станка. Последовательность действий измерений с помощью беспроводного трехмерного щупа.
Интерпретация управляющих программ. Ошибки системы и методы их устранения.	Расшифровка блоков и циклов управляющей программы. Расшифровка ошибок и действия по их устранению.
Виды и назначение режущего инструмента для СТХ gamma 2000 TC. Выбор инструмента и режимов резания по каталогам. Лазерное измерение инструмента.	Сопоставление видов инструмента и метода обработки обрабатываемой поверхности. Проверка умений пользоваться каталогом.
Устройство противощпинделя. Особенности применения противощпинделя.	Порядок установки и подключения противощпинделя.

Учебно-методический комплект образовательной программы.

Переподготовка токарей 4-го разряда для работы на токарно-фрезерном станке для 6-ти сторонней комплексной обработки СТХ gamma 2000 TC с системой ЧПУ Siemens 840D

Средства обеспечения освоения программы:

1. Раздаточный материал, руководство по программированию.
2. Компьютерные презентации.

Материально-техническое обеспечение программы:

1. Токарно-фрезерный обрабатывающий центр СТХ gamma 2000 TC.
2. Инструменты для расточной и фрезерной обработки фирмы VARDEX.
4. Персональные компьютеры.
5. Проектор.
6. Экран.

### 3.3. Анализ профессионального стандарта

Однозначно близким профессиональным стандартом для переподготовки по профессии «Оператор станков с ЧПУ» является профессиональный стандарт «Оператор-наладчик станков с ЧПУ» № 530н от 4 августа 2014.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		



			вании	
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме станков с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	3

Окончание таблицы 22 - Описание трудовых функций оператора-наладчика станков с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

1		2		
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	4
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	4

Деталь, рассматриваемая в дипломном проекте, может быть отнесена к деталям невысокой степени сложности, поэтому далее проанализируем первую обобщенную трудовую функцию – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей». Анализ приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка и подналадка станков с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей»

										Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата	ДП.44.03.04.627 ПЗ					

Наименование	Наладка и подналадка станков с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	Код	А	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации				
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)				

Окончание таблицы 23 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка и подналадка станков с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей»

Требования к опыту практической работы	-		
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке		
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте		
Дополнительные характеристики			
Наименование классификатора	код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности	
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования	
ЕТКС	§44	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 4-й разряд	
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением	

В дипломном проекте рассматривается деталь высокой степени сложности, требующая высокого уровня сформированности умений программирования обработки, поэтому остановимся на первой трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на втором уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 22.

				ДП.44.03.04.627 ПЗ		Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		



Другие характеристики	Выполнение работ под руководством наладчика более высокой квалификации
	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности

Рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования тематического плана переподготовки токарей по профессии оператор-наладчик станков с ЧПУ на базе НОУ МИТИ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ».

### 3.4. Разработка плана учебного занятия по теме «Системы ЧПУ Sinumerik»

Тема занятия «Системы ЧПУ Sinumerik»

Тип занятия – лекция (изучение новых знаний).

Цели учебного занятия:

Дидактические:

сформировать знание основных типов систем ЧПУ;  
особенностей системы ЧПУ Sinumerik,  
знания элементной базы системы ЧПУ Sinumerik.

Воспитательные:

воспитывать бережное отношение к оборудованию.

Развивающие:

развивать внимание,  
память,  
способность систематизировать факты.

Методы обучения, используемые на учебном занятии:

Информационно-рецептивные методы: рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений.

Средства обучения, используемые на учебном занятии:

компьютерная презентация,

											Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата	ДП.44.03.04.627 ПЗ						

рабочая тетрадь,

тест.

Главной особенностью восприятия информации является фактор необратимости ее потока. Каждый обучающийся может в любое время отвлечься от восприятия учебной информации, но проблема необратимости информационного потока неразрывно связана с проблемой обратной связи. В данном случае проблема обратной связи решается как входе беседы, так и в тестировании по окончании учебного занятия.

Общий план учебного занятия приведен в таблице 23.

Таблица 23 – План учебного занятия по теме «Системы ЧПУ Sinumerik»

Этап урока	Деятельность преподавателя	Деятельность учащихся
1. Организационный этап (5 минут);	Приветствие, проверка присутствующих, объявление темы и целей урока	Записывают тему, участвуют в переключке
2. Мотивационный этап (5 минут);	Мотивация обучаемых, сообщение им о рейтинге и рейтинговой системе, сообщение о важности данной темы	Слушают преподавателя, сверяются с собственным рейтингом.
3. Актуализация опорных понятий (15 минут);	Беседа с обучаемыми по вопросам, задаваемым на основании содержания предыдущих занятий. Задаёт 10 вопросов, выслушивает ответы обучаемых, поправляет, комментирует.	Отвечают на вопросы преподавателя, слушают его комментарии, вспоминают материал предыдущего урока.
4. Изучение нового материала (50 минут);	Излагает новый материал, выдает рабочие тетради, использует презентацию для иллюстрации учебного материала, задает иногда вопросы в ходе рассказа.	Слушают преподавателя, ведут конспект урока, заполняют листы рабочей тетради по презентации и рассказу преподавателя
5. Заключительный этап (15 минут).	В краткой беседе и с помощью небольшого теста контролирует первичный уровень понимания учебного материала, разъясняет непонятные вопросы, выдает домашнее задание.	Задают вопросы преподавателю, слушают его ответы и делают поправки в конспектах. отвечают на вопросы теста, записывают домашнее задание.

Основываясь на разработанном плане учебного занятия, разработаем сценарий учебного занятия по данной теме (таблица 24).

Таблица 24 – Сценарий учебного занятия по теме «Системы ЧПУ Sinumerik»

											Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата	ДП.44.03.04.627 ПЗ						

Этап урока	Деятельность преподавателя	Описание методики осуществления учебных действий
1	2	3
1. Организационный этап (5 минут);	«Здравствуйте, дорогие друзья; заняли свои места; прекратили разговоры; поприветствовали преподавателя; присаживайтесь. Сделаем переключку; в это время не разговаривать, чтобы я слышал ответы учащихся, уберите со столов лишнее, приготовьте тетради, ручки».	Взаимное приветствие педагога и учащихся, проверка отсутствующих, (воспитание дисциплины; строгий голос, но в то же время доброжелательный настрой педагога и учащихся). Дать учащимся почувствовать, что педагог намерен работать продуктивно, без раскочки и соблюдение дисциплины обязательное условие для всех.

Продолжение таблицы 24 - – Сценарий учебного занятия по теме «Системы ЧПУ Sinumerik»

1	2	3
2. Мотивационный этап (5 минут);	«Напоминаю, что у нас действует система, когда каждый учащийся может набирать баллы в течение урока и получить итоговую оценку. Старайтесь использовать любую возможность, чтобы опередить других».	Объяснить требования к работе на уроке (методика создания рабочего настроения, дисциплины, добросовестного отношения к учебе).
3. Актуализация опорных понятий (15 минут);	Сегодня мы займемся изучением системы ЧПУ Sinumerik, но сначала мы вспомним материал предыдущего урока: Вопрос 1 для чего используется программное управление? Ответ: Обеспечения точных перемещений по УП Вопрос 2. Как по марке определить группу и тип станка? Ответ. Первая цифра в марке – группа, вторая цифра – тип. Вопрос 3. Какие основные виды систем ЧПУ Вы можете назвать? Ответ. Системы ЧПУ CNS, DNC, PNC. Вопрос 4. Приведите примеры деталей типа тел вращения Ответ. Валы, втулки, колеса, катки, валики. Вопрос 5. Какие инструменты используют на станках с ЧПУ? Ответ. Токарные резцы, осевые инструменты для обработки отверстий, резьбонарезные инструменты. Иногда специальный инструмент – накатники, шариковые оправ-	Перейти к актуализации опорных знаний. Проводить устный фронтальный опрос. Вопрос задавать 2 раза, добиться, чтобы все учащиеся включились в работу. Выйти на середину аудитории, активизировать учащихся на последних столах. После каждого вопроса выходить в центр аудитории, ответы повторяют и дополняют с помощью учащихся. Наблюдать и фиксировать кто и как отвечает на вопросы. Оценить самостоятельность, подсказывание, подглядывание, активность и пассивность. Вовремя опроса прохо-

Изм	лист	№ докум	подпись	дата
-----	------	---------	---------	------

ДП.44.03.04.627 ПЗ

Лист



	<p>справа, непосредственно у модуля питания-рекуперации.</p> <p>Варианты процессоров NCU и системное программное обеспечение дает возможность оптимальной адаптации к станку и к задаче обработки. Такой модульный принцип позволяет оснастить целый ряд станков различного типа.</p> <p>При помощи SINUMERIK 840D можно управлять максимум 31 осями/шпинделями. При максимальном использовании поддерживается до 10 каналов на каждую группу режимов работы и максимум 12 осей/шпинделей на каждый канал. Каждый канал может иметь свою собственную группу режимов работы.</p>	<p>Слайд 5. Система ЧПУ SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Продолжение таблицы 24 – Сценарий учебного занятия по теме «Системы

ЧПУ Sinumerik»

1	2	3
	<p>SINUMERIK 840D позволяет просто и экономично обеспечить высокоэффективную защиту обслуживающего персонала и станков благодаря встроенным сертифицированным функциям защиты.</p> <p>Все NCU изначально имеют встроенное подключение 4 быстрых цифровых входов/выходов ЧПУ.</p> <p>Возможно объединение нескольких систем управления в одну.</p> <p>К SINUMERIK 840D можно подключить следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>панель оператора с PCU или модулем MMC и станочный пульт SIMATIC OP7/OP17</li> <li>кнопочный пульт PP 031-MC</li> <li>ручной пульт управления BHG, тип B-MPI</li> <li>ручной терминал SINUMERIK HT 6</li> <li>ручное программирующее устройство PHG, тип MPI</li> <li>ручной мини-пульт</li> <li>периферия SIMATIC S7-300</li> <li>простой периферийный модуль EFP</li> <li>периферийный модуль PP 72/48</li> <li>терминальный блок NCU с компактными модулями DMP</li> </ul> <p>2 маховика, 2 измерительных щупа и по 4 быстрых входа/выхода ЧПУ посредством распределителя кабелей</p> <p>децентрализованная периферия ПЛК, подключенная через PROFIBUS-DP</p>	<p>Слайд 6. Контроллеры системы ЧПУ SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p> <p>Слайд 7. Контроллеры системы ЧПУ SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p>

	<p>модуль оцифровки цифровой привод SIMODRIVE 611D программатор, например, FieldPG двигатели 1FK6, 1FT6, 1FN, 1PH, 1FE1 и 1LA.</p> <p>УЧПУ SINUMERIK 840D объединяет на одном модуле NCU задачи ЧПУ (геометрическая и технологическая), PLC (управление электроавтоматикой станка, т.е. логическая задача) и коммуникации (диагностика и терминальная задача).</p>	<p>Слайд 8. Структура аппаратных средств системы ЧПУ SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Продолжение таблицы 24 – Сценарий учебного занятия по теме «Системы ЧПУ Sinumerik»

1	2	3
	<p>Высокопроизводительный многопроцессорный модуль NCU после установки в NCU-Box напрямую интегрируется в цифровую линейку приводов SIMODRIVE 611. Все NCU имеют подключение 4-х быстрых цифровых входов/выходов ЧПУ. Другие скоростные входы/выходы могут быть подключены через терминальные блоки NCU на приводной шине. В объем поставки всех NCU включен кабель приборной шины и конечный штекер приводной шины.</p> <p>Панель оператора SINUMERIK OP 010C с цветным дисплеем TFT 10,4” и размером графического экрана 640 x 480 пикселей (VGA) имеет оптимизированную для программирования программ обработки деталей пленочную клавиатуру с 62 клавишами и 8 + 4 горизонтальными и 8 вертикальными программными клавишами.</p> <p>Цифровые приводы. В системах ЧПУ SINUMERIK 810D, 840D используются приводы (D — digital), в которых сигнал от ЧПУ передается по специальной цифровой шине. В каждом модуле привода имеется процессор, который выполняет задачи по управлению приводом и разгружает центральный процессор ЧПУ для других целей. Основными достоинствами цифровых приводов являются: • минимальное приводное время (время, через которое производится контроль положения) - 0,125 мс; • высокая разрешающая способность — 4,2 млн. импульсов на один оборот двигателя; • большой диапазон регулиро-</p>	<p>Слайд 9. Функции и возможности SINUMERIK 840D sl Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p> <p>Слайды 10,11,12. Графический интерфейс управления SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь</p> <p>Слайд 13. Приводы SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p>

Изм	лист	№ докум	подпись	дата

ДП.44.03.04.627 ПЗ

Лист

	<p>вания скорости (примерно в 50 раз больше по сравнению с аналоговыми приводами); • высокие динамические характеристики.</p> <p>Цифровое управление приводами позволяет повысить производительность станка и улучшить качество детали. Кроме того, улучшаются сервисные возможности: • настройка привода через параметры, вводимые через ММС-процессор (без традиционных вольтметров и осциллографов, необходимых для настройки аналоговых приводов); • автоматическая оптимизация приводов, позволяющая более точно и быстро адаптировать приводы к механике станка; • представление информации о состоянии привода (температура, нагрузка и связь осей в системе координат станка MCS.</p>	<p>Слайд 14. Двигатели SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

Окончание таблицы 24 – Сценарий учебного занятия по теме «Системы

ЧПУ Sinumerik»

1	2	3
	<p>Эта опция необходима, чтобы соединения осей, которые реализуются в базовой системе координат, могли использоваться также для трансформаций. В системе координат станка связь выполняется 1:1.</p> <p>Задействованные оси после сброса могут конфигурироваться заново.</p> <p>Для станков с обрабатывающими головками, движущимися отдельно друг от друга, при которых должна активироваться одна трансформация, оси ориентирования не могут связываться стандартными способами соединения (COUPON, TRAILON).</p> <p>Задействованные в соединении оси определяются через осевой машинный параметр, который актуализируется клавишей RESET. Тем самым, существует возможность заново определять осевые пары во время режима работы и включать/ выключать через языковую команду ЧПУ.</p> <p>Чтобы защитить обрабатывающие головки от столкновения, можно установить защиту от столкновения и активировать ее, на выбор, через параметр станка или интерфейс VDI.</p> <p>SINUMERIK это надежная, комплексная система, предлагающая стандартизированные решения, надежно защищающие Ваши инвестиции. Непрерывный диалог с пользователем при программировании и управлении, а также высокая безопасность для персонала и оборудования имеет первостепенное значение. Интеллектуаль-</p>	<p>Слайд 15. Сенсорные модули SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p> <p>Слайд 16. Пусконаладка в системе SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p> <p>Слайд 17. Пусконаладка в системе SINUMERIK 840D sl. Комментарии слайда. Учащиеся заполняют рабочую тетрадь.</p>

Изм	лист	№ докум	подпись	дата

ДП.44.03.04.627 ПЗ

Лист

	ные функции в программировании и управлении обеспечивают наивысшую компетенцию в технологии.	
5. Заключительный этап (15 минут).	Есть ли вопросы ко мне. Давайте я отвечу на ваши вопросы. Выдача кратких тестов для проверки уровня первичного усвоения материала. Пятиминутная проверка усвоения материала. Выдача домашнего задания. Повторить по рабочей тетради и учебнику соответствующую главу.	Осведомляется о наличии вопросов и отвечает на вопросы учащихся с привлечением слайдов презентации. Учащиеся работают с краткими тестами.

### 3.5. Разработка методического обеспечения

Также разработаем учебную презентацию, которая используется как средство интерактивной технологии обучения операторов станков с ЧПУ.

Мультимедийные презентации используются для того, чтобы выступающий смог на большом экране или мониторе наглядно продемонстрировать дополнительные материалы к своему сообщению: видеозапись химических и физических опытов, снимки полевых изысканий, чертежи, графики и др. Эти материалы могут также быть подкреплены соответствующими звукозаписями.

Учебная компьютерная презентация – программное средство, которое приоритетно используется для сопровождения объяснения нового материала, педагогически целесообразно представляет содержание учебного материала в наглядном виде и обеспечивает реализацию методической системы учителя.

Учебная компьютерная презентация является эффективным средством повышения качества обучения в школе за счет своего дидактического потенциала, заключающегося в следующих возможностях:

- образное оснащение сложных и абстрактных понятий на основе мультимедийности;
- интерактивность обучения, обеспечивающая управление учебным процессом и создающая условия для осуществления различных видов учебной дея-

тельности при объяснении нового материала за счет динамики предъявления информационных объектов на слайдах и навигации;

- мобильность и упрощение организации переходов от одного вида наглядности к другому при объяснении нового материала посредством интеграции в презентации различных видов информации;

- централизация управления процессом обучения;

- оперативность обновления и изменения содержания обучения в соответствии с быстрыми темпами развития науки, представленной в школьном курсе.

Рекомендации по созданию презентации. Общие требования к презентации: презентация не должна быть меньше 10 слайдов.

Первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название проекта; название выпускающей организации; фамилия, имя, отчество автора; учреждение, где работает автор проекта и его должность.

Следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) урока-презентации. Желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание.

Дизайн - эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет текста.

В презентации необходимы импортированные объекты из существующих цифровых образовательных ресурсов. К данному ресурсу имеются учебно-методические рекомендации для педагогов. Последними слайдами урока-презентации должны быть глоссарий и список литературы.

Чтобы презентация хорошо воспринималась слушателями и не вызывала отрицательных эмоций, необходимо соблюдать правила ее оформления.

Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Поэтому необходимо учитывать специфику комбинирования

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

фрагментов информации различных типов. Кроме того, оформление и демонстрация каждого из перечисленных типов информации также подчиняется определенным правилам. После создания презентации и ее оформления, необходимо отрепетировать ее показ и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом, насколько скоро и адекватно она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей выпускной квалификационной работе совершенствуется технологический процесс изготовления детали «Шестерня». Совершенствование технологического процесса изготовления детали ведется в направлении применения современного оборудования с числовым программным управлением, применения современного металлорежущего инструмента зарубежных фирм, поэтому в методической части проведен анализ Профессионального стандарта № 530н «Оператор-наладчик станков с ЧПУ» и проведено педагогическое проектирование учебного процесса по теме «Основы программного управления станками с ЧПУ». Занятия ведутся на базе НОУ МИТИ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ»).

В выпускной квалификационной работе разработан перспективно-тематический план, выделено учебное занятие по теме «Система ЧПУ Sinumerik», разработан план учебного занятия.

Таким образом, в методической части решены все задания педагогического проектирования, предусмотренные во введении.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев Г.А., Аршинов В.А., Смольников Е.А. Расчет и конструирование режущего инструмента. - М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1950 . – 620 ст.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. - М: Машиностроение, 1966. – 650 ст.
3. Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего-машиностроителя . – М.: Машиностроение, 1985. – 320 ст.
4. Гладилин А.Н., Малевский Н.П. Справочник молодого инструментальщика по режущему инструменту. – М.: Высшая школа,1965. – 368 ст.
5. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. Вузов. – 4-е изд., перераб. и доп.– Мн.: Высшая школа,1983. – 256 ст.
6. Горбунов Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки. Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 ст.
7. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов/ Под общей редакцией В.В. Бабука. – Мн.: Высшая школа, 1979. – 464 ст.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		

8. Долматовский Г.А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. – М.: : Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы,1962. – 1235 ст.
9. Жигалко Н.И., Кисилев В.В. Проектирование и производство режущих инструментов. – Мн.: Высшая школа, 1975. – 400 ст.
10. Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Справочник – 4-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1992. – 480 ст.
11. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та,2001. – 169 ст.
12. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов.- 5-изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 ст.
13. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 ст.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: В 2 ч. – М.: Машиностроение, 1974. – 406 ст.
15. Овумян Г.Г., Адам Я.И. Справочник зубореза. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение,1983. – 223 ст.
16. Поковки, получаемые горячей объемной штамповкой ГОСТ 7505-89
17. Режимы резания металлов. Справочник . Изд. 3-е, перераб. и доп./ Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 ст.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Том 1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп.. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 ст.

					ДП.44.03.04.627 ПЗ	Лист
Изм	лист	№ докум	подпись	дата		



