

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ВЕНТИЛЯТОРА»

Выпускная квалификационная работа  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
профилю подготовки «Машиностроение и металлообработка»  
специализации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР:

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Российский государственный профессионально – педагогический  
университет  
Институт инженерно – педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики про-  
фессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ТМС

\_\_\_\_\_ Н.В.Бородина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Совершенствование технологического процесса механической обработки  
детали «Корпус вентилятора»

Исполнитель:

студент группы ТО – 402

\_\_\_\_\_

Н. Ю. Калинин

(подпись)

Руководитель:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

В. П. Суриков

(подпись)

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

В. П. Суриков

(подпись)

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 87 листов машинописного текста, 27 таблиц, 30 использованных источников, приложения на 11 листах, графическую часть на 6 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

В дипломном проекте усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Корпус вентилятора» с задействованием возможностей обрабатывающего центра с ЧПУ OKUMA Multus B300W. Используются режущие инструменты фирм Seco, СКИФ-М и Osawa, а также выбраны рекомендуемые режимы резания. Для одной операции разработан фрагмент управляющей программы.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности после совершенствования базового технологического процесса.

В методической части дипломного проекта проанализирован профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров» и представлена разработка занятия для переподготовки фрезеровщиков 4го разряда на операторов обрабатывающих центров с ЧПУ 3 разряда.

					<i>ДП 44.03.04.015 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Калинин Н.Ю</i>			<i>Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус вентилятора»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Суриков В.П.</i>					3	
<i>Реценз</i>						<i>ФГАОУ ВО, ИИПО, каф.ТМС Гр. ТО 402</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Суриков В.П.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Бородин Н.В</i>						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	7
1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	7
1.3. Определение типа производства.....	10
1.4. Анализ рабочего чертежа детали.....	14
1.5. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	15
1.6. Выбор исходной заготовки и метода ее получения .....	17
1.7. Выбор технологических баз.....	21
1.8. Разработка технологического маршрута обработки детали.....	23
1.9. Выбор и описание металлорежущих инструментов.....	27
1.10. Расчет припусков на механическую обработку.....	29
1.11. Расчет режимов резания.....	33
1.12. Расчет технических норм времени.....	36
2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	39
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	44
3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	44
3.2. Определение капитальных вложений.....	44
3.3. Расчет технологической себестоимости детали.....	48
3.4. Анализ уровня технологии производства.....	61
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	64
4.1. Вводная часть.....	64
4.2. Анализ профессионального стандарта.....	65
4.3. Разработка учебно-тематического плана переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ».....	70
4.4. ЧУДПО «Учебный центр «УРАЛМАШЗАВОД».....	75
4.5. Разработка плана учебного занятия по теме «Устройство станков с ЧПУ».....	76

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	86
Приложение А – Перечень графических материалов.....	89
Приложение Б – Презентация нового материала.....	90
Приложение В – Комплект технической документации.....	95

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение – это одна из самых главных и самых мощных отраслей народного хозяйства страны. Машиностроение напрямую влияет на экономику государства, поэтому сейчас наблюдается процветание отрасли. Современные технологии машиностроения базируются на основе наукоемких технологий. Появление современных технологий привело к их широкому использованию в производстве нового поколения высокоэффективной техники, из-за чего главной тенденцией стал перенос механического труда в интеллектуальный.

Развитие машиностроительной промышленности возможно только при интенсивном производстве на основе широкого использования достижений науки и техники, применения современных технологий. Применение в производственных процессах обрабатывающих центров – прогрессивное направление для автоматизации металлообработки на предприятиях, повышающее производительность в несколько раз, сокращающее материальные и трудовые затраты, и облегчающее монотонный труд рабочих.

Целью дипломного проекта является совершенствование технологического процесса изготовления детали «Корпус вентилятора» в условиях среднесерийного производства.

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

1. Провести анализ базового технологического процесса и исходных данных о детали.
2. Предложить вариант технологического процесса механической обработки детали.
3. Разработать технологические операции предложенного технологического процесса.
4. Разработать управляющую программу обработки детали.
5. Выполнить экономические расчеты для технологического процесса.
6. Разработать методическую часть проекта.

## 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Данная деталь используется в устройстве бензопилы, и служит для надежной фиксации вентилятора, который в свою очередь необходим для охлаждения двигателя и остальных составляющих устройства. Четыре отверстия Ø12Н10 на фланце детали предназначены для ее закрепления на корпусе бензопилы. В отверстие Ø147Н8 устанавливается вентилятор, из-за чего к данному отверстию предъявляются наибольшие требования точности и качества обработки.

Деталь «Корпус вентилятора» выполняется из конструкционной углеродистой стали 20 ГОСТ 1050-88. В таблице 1 один представлен химический состав этой стали.

Таблица 1 - Химический состав стали 20

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu
0.17-0.24	0.17-0.37	0.35-0.65	до 0.25	до 0.25	до 0.25

Таблица 2 - Механические свойства стали при T=20<sup>0</sup> С материала сталь 20

Сортамент	Размер	Напр.	Б <sub>В</sub>	δ <sub>5</sub>	ψ	КСУ	Термообработка
-	мм	-	МПа	%	%	кДж/см <sup>3</sup>	-
ГОСТ 1050-88, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006	от 20 до 100		491	25	55	64	Закалка 790-820 <sup>0</sup> С, отпуск 160-200 <sup>0</sup> С

### 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции детали выполняют с целью выявления сильных и слабых сторон в ее устройстве, повышения производительности труда и построения качественного технологического

процесса.

Для определения технологичности конструкции детали необходимо выполнить качественную и количественную оценку.

*Качественная оценка конструкции детали*

1. Материал детали это конструкционная углеродистая сталь 20, заготовку получают штамповкой. Деталь несимметрична (-) и в ее конструкции имеется малое количество скосов (+).
2. Труднодоступных элементов для обработки у детали нет (+).
3. Существует возможность совмещения конструкторских и технологических баз (+).
4. Обеспечена достаточная жесткость детали (+).
5. Технологические возможности оборудования соответствуют требованиям (+).
6. Поверхности используемые в качестве технологических баз соответствуют требованиям предъявляемым к ним и не нуждаются в корректировке (+).

*Количественная оценка конструкции детали*

Количественная оценка технологичности конструкции детали производится по следующим показателям:

*1. Коэффициент точности обработки детали:*

$$K_T = \frac{T_H}{T_O} = \frac{4}{6} = 0,66 \quad (1)$$

где  $T_H$  – число размеров необоснованной степени точности обработки;

$T_O$  – общее число размеров, подлежащих обработке;

*2. Коэффициент шероховатости поверхностей детали:*

$$K_{Ш} = \frac{Ш_H}{Ш_O} = \frac{5}{6} = 0,83 \quad (2)$$

где  $Ш_H$  - число поверхностей детали необоснованной шероховатости, шт.;

$Ш_O$  - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке шт.

Поскольку в ходе количественной оценки было выявлено, что некоторые размеры не соответствуют заявленной точности, то следует увеличить квалитет точности и шероховатость поверхности.

Таблица 3 - Методы обработки поверхности заготовок

Размер, мм.	Тип пов-ти	Квалитет точности	Шероховатость, Ra, мкм	МОП в МК	МОП экономической точности	Примечание
Ø147	цилиндрическая	12	Ra6,3	расточивание	однократное растачивание	Соотв.
42±1	плоскость	14	Ra12.5	фрезерование черновое	фрезерование черновое	Соотв.
Ø153	плоскость	14		расточивание	однократное растачивание	Соотв.
Ø141	плоскость	11		расточивание	однократное растачивание	Соотв.
Ø12	цилиндрическая	14		сверление	сверление	Не соотв.
160±1	плоскость	14		фрезерование черновое	фрезерование черновое	Соотв.
R2	плоскость	14		фрезерование черновое	фрезерование черновое	Не соотв.

Выполнив анализ методов обработки поверхностей можно сделать заключение, о том, что большинство размеров соответствуют методам обработки поверхности экономической точности и не нуждаются в корректировке, однако у всех размеров, имеющих 14 квалитет точности, необходимо увеличить его до 10-ого, а у размеров 12 квалитета до 8-ого, с целью повышения точности и качества обработки.

### 1.3. Определение типа производства

Годовая программа выпуска деталей равна 1500 штук.

Тип производства можно определить с помощью технологических характеристик:

1. Повторяемость – периодическая.
2. Технологическое оборудование – универсальное.
3. Приспособления – специальные, переналаживаемые.
4. Режущий инструмент – универсальный.
5. Измерительный инструмент – универсальный.
6. Настройка станка – станки настроенные.
7. Размещение технологического оборудования – по ходу технологического процесса.
8. Вид заготовок – поковки
9. Применение разметки – ограниченное, лишь для крупных и сложных деталей.
10. Метод достижения точности – метод полной и не полной взаимозаменяемости.
11. Степень детализации технологических процессов – более детальные технологические разработки (маршрутно-операционные и операционные техпроцессы)
12. Виды нормирования работ – техническое нормирование серийного производства.
13. Квалификация рабочих – различная.
14. Себестоимость продукции – средняя.

Таблица 4 - Зависимость типа производства от объема выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
< 1,0	< 10	10 – 2000	1500 – 100000	75000 – 200000	200000
1,0 – 2,5	< 10	10 – 1000	1000 – 50000	50000 – 100000	100000
2,5 – 5,0	< 10	10 – 500	500 – 35000	35000 – 75000	75000
5,0 – 10,0	< 10	10 – 300	300 – 25000	25000 – 50000	50000
>10	< 10	10 – 200	200 - 10000	10000 – 25000	25000

При массе детали  $m=1,8$  кг и  $N_B=1500$  шт, ориентировочно принимаем тип производства – среднесерийное.

Среднесерийное производство можно описать постоянством выпуска большого количества изделий различной номенклатуры. При этом годовая номенклатура выпускаемых изделий шире, чем номенклатура каждого месяца.

Это позволяет стабилизировать выпуск различной продукции. Выпуск изделий в больших количествах позволяет проводить значительную унификацию производимых деталей и технологических процессов, производить стандартные или нормализованные детали, входящие в конструктивные ряды, большими партиями, что уменьшает их стоимость.

В среднесерийном типе производства используется универсальное, специализированное и частично специальное оборудование. Широко применяются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, а также находят свое применение и гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ.

Одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций. (ГОСТ 3.1121-84):

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3)$$

где  $\sum O$  - суммарное число различных операций, закрепленных за каждым рабочим местом;

$\sum P$  - суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Располагая данными о штучно-калькуляционном времени, затраченном на каждую операцию, можно определить количество станков:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}} \quad (4)$$

где  $N$  - годовая программа выпуска деталей, 1500 шт.;

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляционное время, мин.;

$F_{\partial}$  - действительный годовой фонд времени,  $F_{\partial} = 6096$  ч. (при трехсменной работе);

$\eta_{з.н.}$  - нормативный коэффициент загрузки оборудования, для среднесерийного производства –  $0,75 \div 0,85$ , примем  $= 0,75$

После расчета для всех операций  $m_p$  устанавливаем принятое число рабочих мест  $P$ , округляя его до большего ближайшего целого числа полученное значение  $m_p$ .

$$m_p = \frac{N * T_{шт-к}}{60 * F_{\partial} * \eta_{з.н.}} = \frac{1500 * 13,07}{60 * 6096 * 0,75} = 0,526$$

Для остальных операций, расчет выполняется аналогично, после все полученные результаты заносятся в таблицу 5.

Таблица 5 - Данные для расчета  $K_{з.о.}$

Операции	$T_{шт-к}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф.}$	$O$
Токарная	13,07	0,07	1	0,07	10,714
Токарная	17,23	0,09	1	0,09	8,333
Сверлильная	24,402	0,13	1	0,13	5,769
Фрезерная	73,296	0,4	1	0,4	1,875
	$\sum T_{шт-к}$ =127,9		$\sum P = 4$		$\sum O = 26,69$

Для каждой операции вычислить значение фактического коэффициента загрузки рабочего места по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} \quad (5)$$

$$\eta_{з.н.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,07}{1} = 0,07;$$

Для остальных операций расчет выполняется аналогично, после все полученные результаты заносят в таблицу 5.

Количество операций, выполняемых на одном рабочем месте ( $O$ ), можно определить по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} \quad (6)$$

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,75}{0,07} = 10,714;$$

Для остальных операций расчет выполняется аналогично, после все полученные результаты заносят в таблицу 5.

Подсчитаем суммарное значение  $\sum O$ ,  $\sum P$  и определим  $K_{з.о.}$  и тип производства.

$$K_{3.0.} = \frac{O}{P} = \frac{26,69}{4} = 6,67;$$

Поскольку значение коэффициента  $K_{3.0.}$  лежит в интервале от  $1 \leq K_{3.0.} \leq 10$ , что соответствует крупносерийному типу производства.

После установления типа производства необходимо определить его организационно-технологическую характеристику. При этом требуется:

- определить форму организации производственного процесса;
- рассчитать такт выпуска изделий или величины партий их запуска в производство.

Согласно ГОСТ 14.312-74, форма организации может быть поточной и групповой.

В нашем случае мы имеем дело с групповой организацией производства. Количество деталей в партии ( $n$ , шт.) для одновременного выпуска определяется упрощенным способом по формуле:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1500 \cdot 6}{254} = 36; \quad (7)$$

где  $a$  - периодичность запуска, в днях (6 дней);

254 – количество рабочих дней в году.

Таким образом произведя расчет количества деталей в партии для одновременного выпуска принимается равным 36 шт., с периодичностью запуска в 6 дней, при количестве рабочих дней в году =254.

#### 1.4. Анализ рабочего чертежа детали

На основе анализа технических требований сформулированы технологические задачи:

- 1). Обеспечить точность ответственного размера:  $\varnothing 147H12^{+0,4}$
- 2). Обеспечить точность размеров, указанных в таблице 6

Таблица 6 - Точность размеров

Квалитет	Размеры
12 квалитет точности	Ø141
14 квалитет точности	Ø153, Ø12, 160 ± 1, 42 ± 1, R2

3). Обеспечить допуск перпендикулярности отверстия Ø147 в пределах 0,04 мм относительно базы Д.

4). Обеспечить выполнения других технологических требований, указанных на чертеже:

1. Поковка ГрI ГОСТ 8479-70.
2. Штамповочные уклоны 7 градусов.
3. Предельные отклонения на штамповочные размеры по ГОСТ 7505-89, класс точности Т5.
4. На поверхностях В, Г допускается шероховатость в состоянии поставки.

Таким образом, проведя анализ исходных технических данных для разработки технологического процесса получения детали «Корпус вентилятора» можно сделать следующий вывод:

К данной детали предъявляются высокие требования к обработке ответственных поверхностей и размеров, так же при изготовлении данной детали, так же необходимо учесть и технические требования, указанные на чертеже.

### 1.5. Анализ заводского технологического процесса

#### *Характеристика технического процесса*

По признакам технического процесса относят:

по числу охватываемых изделий – среднесерийный;

по назначению – рабочий;

по документации – маршрутный.

*Анализ маршрута обработки детали*

В данном технологическом процессе последовательность механической обработки соответствует стандартным этапам построения технологического процесса. Заводской технологический процесс приведён в таблице 7.

Таблица 7 – Базовый технологический процесс

№ операции	Наименование операции	Оборудование
300	Контрольная	Стол контроля
305	Токарная	163
310	Слесарная	Верстак
315	Токарная	163
320	Сверлильная	2А55
325	Слесарная	Верстак
330	Фрезерная	6М13ГН-1
335	Слесарная	Верстак
340	Маркировка	Верстак
345	Промывка	
350	Контрольная	Стол контроля

*Недостатки технологического процесса*

В базовом технологическом процессе механической обработки детали «Корпус вентилятора» используется универсальное оборудование и стандартные инструменты (режущие и мерительные).

Для условий среднесерийного производства необходимо применять наиболее современные методы обработки. Это достигается путем использования высокопроизводительных станков (станки с ЧПУ, обрабатывающие центры) и прогрессивных режущих инструментов.

В технологии производства необходимо соблюдать принцип постоянства баз, так как это на прямую влияет на точность обработки. В базовом технологическом процессе применялись несколько различных технологических баз, что объясняется большим набором различных станков и приспособлений, на которых, для осуществления процесса обработки, базирование осуществлялось на разные поверхности.

### 1.6. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали.

На выбор заготовки влияют следующие факторы:

1. Материал - Сталь 20 ГОСТ1050-88
2. Объем и тип производства - годовая программа выпуска-1500 штук; производство - среднесерийное.
3. Тип детали – корпус.
4. Размеры детали и оборудования, на котором она изготавливается.
5. Экономичность изготовления заготовки.

В базовом технологическом процессе заготовку получают штамповкой.

Расчетная масса поковки определяется исходя из ее номинальных размеров.

Точность штамповочных размеров Т5 по ГОСТ 7505-89.

Определение размера поковки:

$$M_{п.р.} = M_d * K_p \quad (8)$$

$$M_{п.р.} = (1,8 * 1,5)=2,7 \text{ кг}$$

Расчетная масса поковки - 2,7 кг.

Штамповка – это процесс пластической деформации металлических заготовок путем их давления с изменением формы и размеров. При штамповке изменение формы детали производится в специальном устройстве, позволяющем осуществлять механическое воздействие на материал.

Для осуществления штамповки применяются различные механизмы: молоты, кривошипные и гидравлические прессы, горизонтально-ковочные машины, кузнечно-штамповочные автоматы.

В зависимости от вида заготовки можно осуществлять листовую и объемную штамповку. С помощью листовой штамповки получают плоские детали, чья толщина намного меньше остальных размеров, в ином случае применяют объемную штамповку.

Краткие характеристики способов штамповки:

- Холодная листовая штамповка — смысл способа заключается в процессе, где заготовкой является полученные прокаткой лист, полоса или лента, свёрнутая в рулон. Листовой штамповкой изготавливают различные плоские и пространственные детали массой от долей грамма и размерами, исчисляемыми долями миллиметра, и детали массой в десятки килограммов и размерами, составляющими несколько метров. Для деталей, получаемых листовой штамповкой, характерно то, что толщина стенок минимально отличается от толщины исходной заготовки. При изготовлении листовой штамповкой пространственных деталей заготовка обычно испытывает значительные пластические деформации. Это обстоятельство вынуждает предъявлять к материалу заготовки достаточно высокие требования по пластичности.

- Горячая объёмная штамповка — это вид обработки металлов давлением, при которой формообразование поковки из нагретой до ковочной температуры заготовки осуществляют с помощью специального инструмента — штампа. Течение металла ограничивается поверхностями полостей (а также выступов), изготовленных в отдельных частях штампа, так что в конечный момент штамповки они образуют единую замкнутую полость (ручей) по

конфигурации поковки. В качестве заготовок для горячей штамповки применяют прокат круглого, квадратного, прямоугольного профилей, а также периодический. При этом прутки разрезают на отдельные (мерные) заготовки, хотя иногда штампуют из прутка с последующим отделением поковки непосредственно на штамповочной машине.

Использование объёмной штамповки оправдано при серийном и массовом производстве. Применение этого метода заметно повышает производительность труда, снижают отходы металла, обеспечивают высокую точность формы изделия и качество поверхности. Штамповкой можно получать самые сложные по форме изделия, которые невозможно получить с помощью свободной ковки.

- Холодная объёмная штамповка — при холодной объёмной штамповке температура исходной заготовки ниже ковочной. Это разрешает высокие значения сопротивления металла штамповочному давлению и существенно меньшую текучесть, что ограничивает возможность получения изделий сложной формы. Но сравнивая с ГОШ металл не подвергается термическим изменениям, не наблюдается усадка при охлаждении и нет риска образования горячих трещин. Точность выполнения поверхностей при ХОШ можно сравнить с таковой при обработке металлов резанием, однако после ХОШ на поверхности металла, отсутствуют концентраторы напряжений.

Обоснование оптимальности выбора, способа получения заготовки:

1. Коэффициент использования металла  $K_M = 0,7$  – что в свою очередь удовлетворяет требованиям крупносерийного производства.
2. Масса поковки  $M_3 = 2,7$  кг; масса готовой детали  $M_d = 1,8$  кг;
3. Так как стоимость заготовки не меняется, то она не учитывается при расчете технологической себестоимости.

Стоимость заготовки:

$$C_3 = M \cdot C_M - M_o \cdot C_c + C_{з.ч} \cdot T_{шт} \left( 1 + \frac{C_u}{100} \right) \quad (9)$$

где  $M$  – масса исходного материала на одну заготовку, кг;

$C_M$  – оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки;

$M_o$  – масса отходов материала, кг;

$C_c$  – цена 1 кг отходов, р.;

$C_{з.ч}$  – средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, р./чел. - ч;

$T_{шт(ш-к)}$  – штучное или штучно-калькуляционное время черновой обработки заготовки, ч.;

$C_u$  – цеховые накладные расходы (для механического цеха могут быть приняты в пределах (80-100%).

Данные:  $M_o=0,9$ ;  $C_c=29,8$  руб/т.  $C_{з.ч}=0,638$  руб/чел.  $M= 2,7$  кг;  $C_M=350$  руб/т;

$$C_3 = 2,7 \cdot 0,35 - 0,9 \cdot 0,03 + 0,638 \cdot 0,13 \cdot \left( 1 + \frac{80}{100} \right) = 4,7 - 0,02 + 0,638 \cdot 0,14 \cdot 1,8 = 1,07 \text{ руб};$$

$$T_{шт-к} = (0,17 \text{dl} + 0,17 \text{dl} + 0,52 \text{dl} + 6 \text{l}) \cdot 10^{-3} =$$

$$= (0,17 \cdot (147 \cdot 35) + 0,17 \cdot (144 \cdot 5) + 0,52 \cdot (12 \cdot 7 \cdot 4) + 6 \cdot (30 \cdot 35 \cdot 4)) \cdot 10^{-3} =$$

$$= (874,65 + 122,4 + 174,72 + 6860) \cdot 10^{-3} = 8,03 \text{ мин};$$

$T_{шт-к} = 8,03$  мин = 0,13ч; - время, затраченное на черновую обработку детали;

Таблица 8 - Данные для расчета стоимости заготовки по вариантам

Общие исходные данные	Наименования показателей	1-ый вариант	2-ой вариант
Материал детали – Сталь углеродистая 20	Вид заготовки	штамповка	протяжка
Масса детали -1,8 кг	Класс точности	5	5
Годовая программа – 15000шт	Масса заготовки, кг	2,7	3,5
Тип производства – крупносерийное	Стоимость 1 т заготовок	350	440
	Стоимость 1 т стружки	29,8	29,8
	Коэффициент использования металла	0,7	0,5

В результате произведенного расчета можно сделать заключение, что данный метод получения заготовки (штамповка) является рациональным и может быть использован в качестве метода получения заготовки в проектируемом технологическом процессе.

### 1.7. Выбор технологических баз

Базирование решает задачи взаимоположения деталей при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используются для определения положения изделия во время обработки. Исходными данными для выбора технологических баз обычно являются чертеж заготовки со всеми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы в устройстве.

К черновым базам относят поверхности, используемые на первых операциях, в тот момент, когда еще нет обработанных поверхностей. Для данной детали и нового технологического процесса целесообразно, в качестве черновых баз, использовать торец А (лишает деталь трех степеней свободы) и внутреннюю цилиндрическую поверхность Б (лишает деталь двух степеней свободы). Схема чернового базирования представлена на рисунке 1а.

В качестве чистовой базы принимают ранее обработанную поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. В данном случае чистовыми базами являются торец В (лишает деталь трех степеней свободы) и наружная поверхность Г (лишает деталь двух степеней свободы). Схема чистового базирования представлена на рисунке 1б.

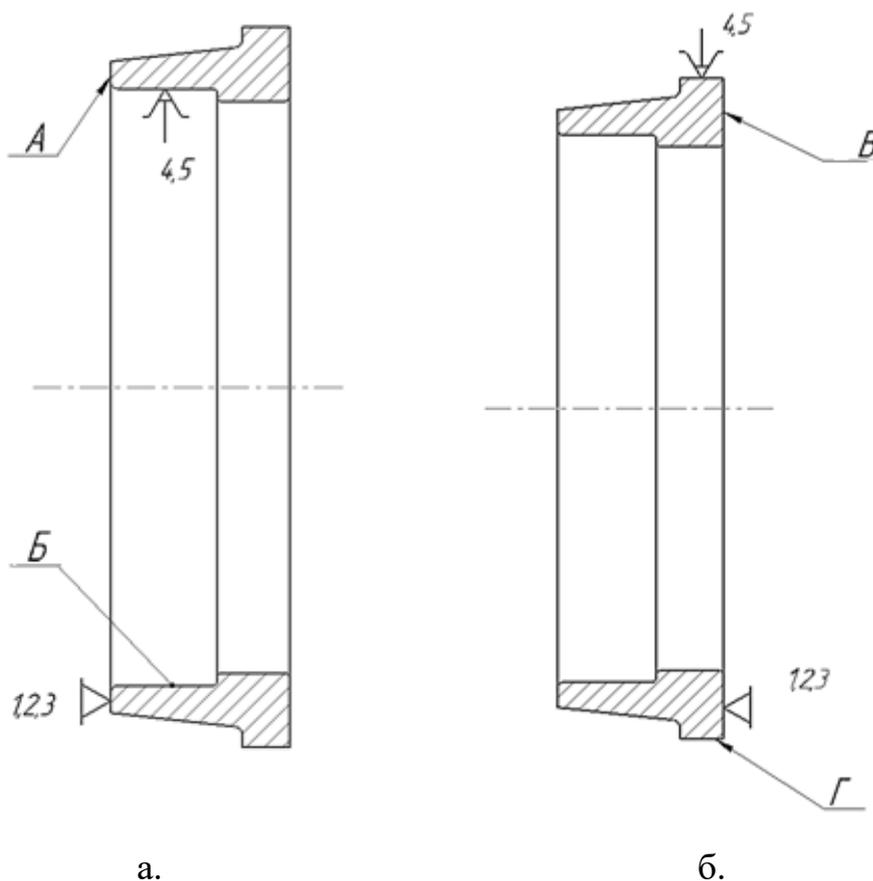


Рисунок 1 – Базирование детали «Корпус вентилятора»:

а - черновые базы; б - чистовые базы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

22

## 1.8. Разработка технологического маршрута обработки детали

Основными задачами обработки резанием является изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных конструкторами материалов при минимально возможных производственных затратах. Выбор методов обработки поверхностей зависит от конфигурации детали, ее габаритов, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида принятой заготовки.

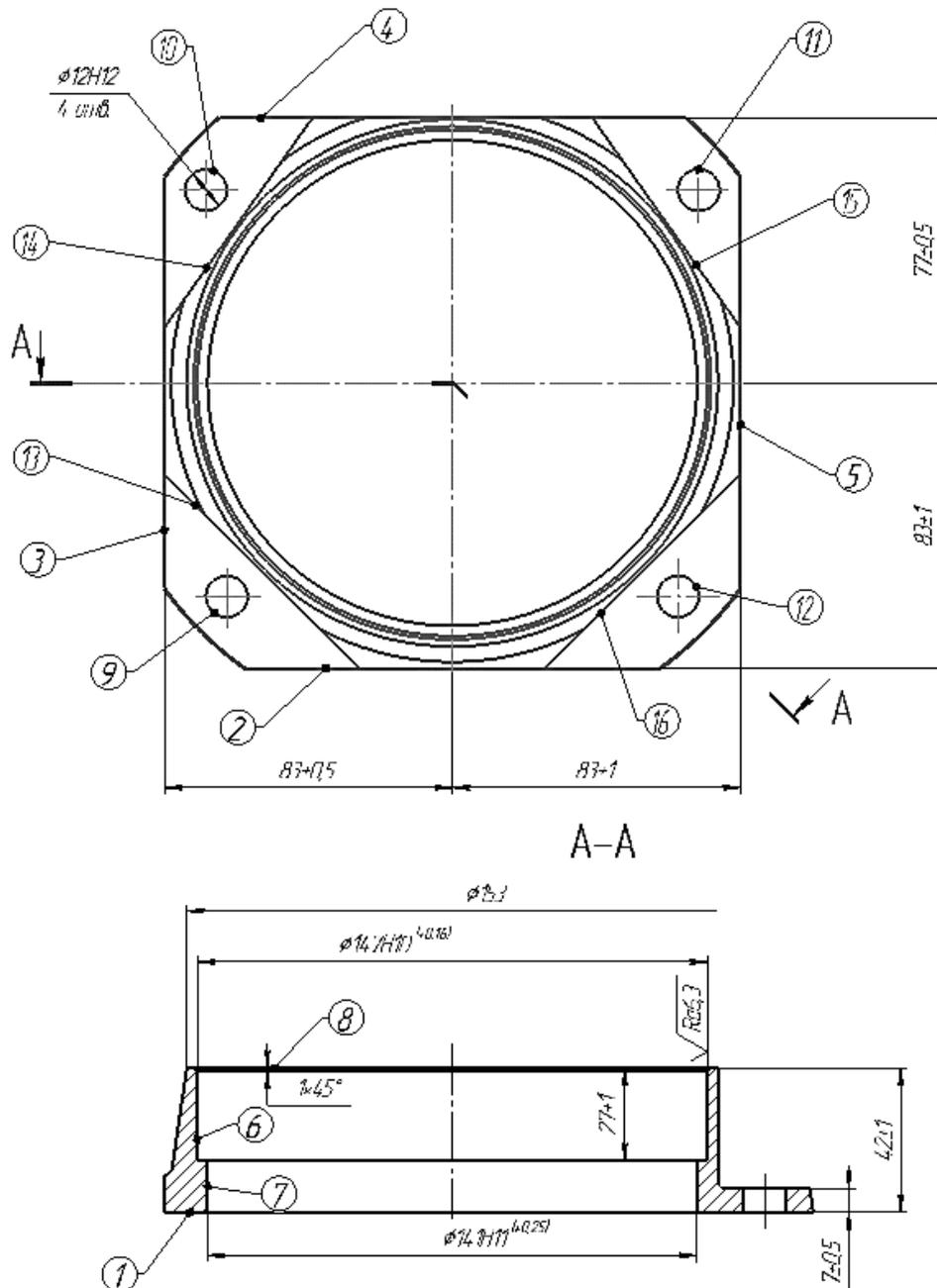


Рисунок 2 – Эскиз детали «Корпус вентилятора»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

23

Точение и растачивание отверстий: 6, 7, 8

Сверление отверстий: 9, 10, 11, 12

Фрезерование поверхностей: 1, 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16

Таблица 9 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус вентилятора»

Номер операции	Наименование и краткое содержание операции	Режущий инструмент
005	Комплексная  Фрезеровать поверхность 1 Фрезеровать поверхность 2 Фрезеровать поверхность 3 Фрезеровать поверхность 4 Фрезеровать поверхность 5	Фреза концевая монолитная 7-мизубая BK8 MT190V-025Z25R07-75-L160-r20-T
010	Комплексная  Расточить отверстие 6 Расточить отверстие 7 Расточить фаску 8 Сверлить отверстие 9 Сверлить отверстие 10 Сверлить отверстие 11 Сверлить отверстие 12 Фрезеровать поверхность 13 Фрезеровать поверхность 14 Фрезеровать поверхность 15 Фрезеровать поверхность 16	Расточной резец с державкой 12 мм и твердосплавной пластиной TCMТ-16Т304F3  Спиральное сверло 12 мм 343ТА1200  Фреза концевая монолитная 7-мизубая BK8 MT190V-025Z25R07-75-L160-r20-T

Описание выбранного технологического процесса:

Операция 005 – подготавливаются чистовые базовые поверхности, используемые на следующей операции.

Операция 010 – чистовая обработка ответственных поверхностей, с наибольшим квалитетами и низким классом шероховатости.

В дипломном проекте предлагается использовать обрабатывающий центр OKUMA Multus B300W.



Рисунок 3 – Обрабатывающий центр Multus B300W фирмы OKUMA

Многофункциональный горизонтальный обрабатывающий центр Multus сочетает в себе преимущества токарных и фрезерно-сверлильных станков с ЧПУ. Оборудование данной серии обеспечивает возможность комплексной обработки детали, что существенно сокращает количество необходимого оборудования и оснастки, а также снижает трудоемкость изготовления деталей. Обрабатывающий центр MULTUS сочетает в себе высокую гибкость при переналадке и высокую производительность. Наличие противошпинделя позволяет производить обработку инструментами (как токарными, так и вращающимися) в любом из двух шпинделей станка или с перехватом детали.

Таблица 10 – Техническая характеристика Multus B300W

1	2
Максимальный диаметр обработки, мм	630
Расстояние между центрами, мм	900
Величина осевых перемещений:	
по оси X, мм	580 (+560-20)
по оси Z, мм	935

## Окончание таблицы 10

1	2
по оси Y, мм	160 (+80-80)
Ход по оси W, мм	1000
Частота вращения главного шпинделя, об/мин	45~5000
Диапазон частоты вращения шпинделя L/R, об/мин	38~5000
Соединительный конец шпинделя L/R, тип	JIS A2-6
Диаметр сквозного шпинделя L/R, мм	60 (80)
Наружный диаметр шпинделя L/R, мм	100 (120)
Оппозиционная инструментальная голова для токарного и фрезерного инструментов	H1
Время смены инструмента от стружки до стружки, сек	3,2
Присоединительный конус вспомогательного инструмента	HSK-A63
Емкость инструментального магазина	20 (40,60)
Максимальный диаметр инструмента, мм	90/130
Максимальная длина/вес инструмента, мм/кг	300/8
Присоединительные размеры токарного инструмента:	
Сечение державки резца, мм	25*25
Присоединительный диаметр борштанги, мм	40
Мощность главного мотор-шпинделя L/R, кВт	VAC 15/11 (20 мин/пост.)
Система ЧПУ	OSP-P300S
Габариты станка:	
Высота, мм	2587
Общая площадь, мм	4340*2257
Вес, мм	10300

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

26

## 1.9. Выбор и описание металлорежущих инструментов

Правильный и осознанный выбор режущего инструмента является важным фактором эффективности производства. Поэтому оптимальный путь повышения производительности – выбор современного инструмента и разумное его использование.

При проектировании данного технологического процесса выбор современного и качественного режущего инструмента производился при помощи каталогов фирм «Seco» и «Скиф-М».

Операция 005 Комплексная

Фрезеровать торцы, фрезеровать основание детали

Фреза концевая монолитная 7-мизубая BK8 MT190V-030Z30R07-38-L104-r20-T



Рисунок 4 – Фреза концевая монолитная

Характеристики фрезы:  $D = 30$  мм,  $d = 30$  мм,  $a = 38$  мм,  $L = 104$  мм,  $r = 2$  мм,  $Z = 7$

Фреза торцевая с 4 сменными пластинами MT290-040A16R04WN06-ИК

Характеристики фрезы:  $D = 40$  мм,  $a = 3,5$  мм,  $L = 19$  мм,  $H = 40$  мм,  $d = 16$  мм,  $Z = 4$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

27

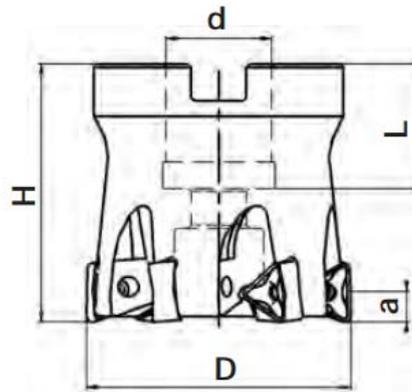


Рисунок 5 – Фреза торцевая

Твердосплавная пластина WNMU06T3PNEN

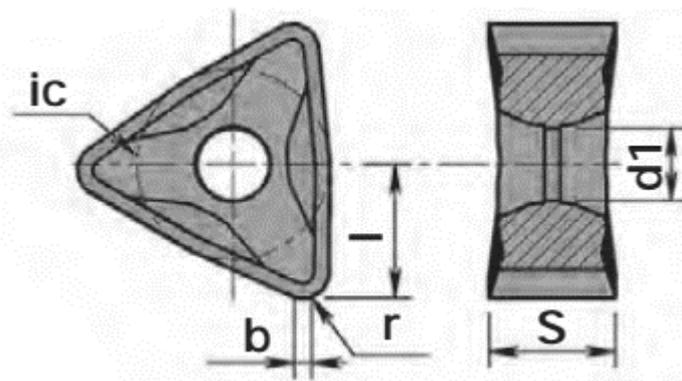


Рисунок 6 – Твердосплавная пластина

Характеристики пластины:  $ic = 6.3$  мм,  $I = 4.5$  мм,  $S = 4.14$  мм,  $d1 = 2.5$  мм,  $r = 0.8$  мм,  $b = 0.45$  мм

Операция 010 Комплексная

Расточить отверстия, точить фаску, рассверлить отверстия, фрезеровать торцы

Расточной резец со сменной твердосплавной пластиной A10L-SCLCL06-R

Характеристики резца:  $d_m = 10$  мм,  $l_1 = 140$  мм,  $f_1 = 7$  мм,  $l_3 = 18$  мм,  $\gamma_0 = 0^\circ$ ,  $\gamma_s = -11^\circ$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

28

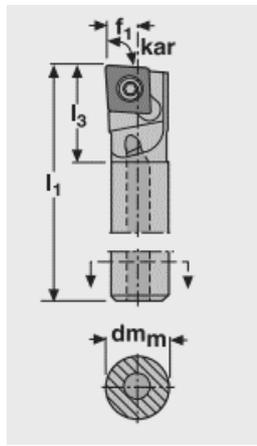


Рисунок 7 – Расточной резец

Спиральное сверло 12 мм 343ТА1200

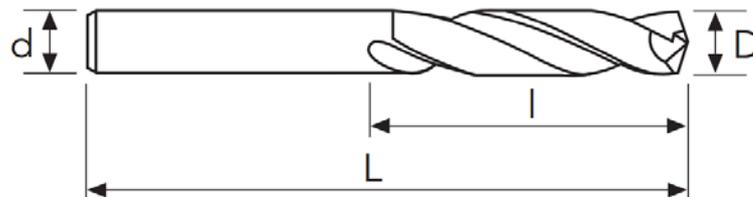


Рисунок 8 – Спиральное сверло

Характеристики сверла:  $D = 12$  мм,  $d = 12,2$  мм,  $l = 51$  мм,  $L = 102$  мм

### 1.10. Расчет припусков на механическую обработку

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей, и экономию материальных ресурсов.

Есть два основных метода определения припусков на механическую обработки поверхности: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный).

*Расчетно-аналитический метод определения припусков*

Для проведения расчета припусков выбирается наиболее ответственный размер, в нашем случае это отверстие  $\varnothing 147^{+0,4}$  изготовленное по 8 ква-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

29

литету точности.

Таблица 11 - Припуски и предельные размеров по технологическим переходам на обработку отверстия Ø147H8

Технологические переходы обработки поверхности отверстия	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер Др, мм	Допуск Т, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	$R_z$	h	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\text{пр}}^{\text{mi}}$	$2Z_{\text{пр}}^{\text{ма}}$
Заготовка	200	250	1840	0		139,92	2,8	139,9	137,1		
Черновое растачивание	100	100	846	0	5010	144,92	0,35	144,92	144,57	5,02	7,47
Чистовое растачивание	50	50	340	0	2474	147,4	0,14	147,4	147,26	2,48	2,69

Суммарное значение пространственного отклонения:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{эксц}}^2}; \quad (10)$$

$$\rho = \sqrt{1,2^2 + 1,4^2} = 1,84 \text{ мм} = 1840 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{см}} = 1,2 \text{ мм};$$

$$\rho_{\text{кор}} = 1,4 \text{ мм};$$

Остаточное пространственное отклонение:

$$\rho_1 = 1840 * 0,46 = 846 - \text{черновое растачивание};$$

$$\rho_2 = 1840 * 0,185 = 340 - \text{чистовое растачивание};$$

Погрешность установки детали:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}; \quad (11)$$

$$\varepsilon_{\sigma} = 0; \varepsilon_3 = 0 \text{ мкм}; \varepsilon_{\text{пр}} = 0 \text{ мм};$$

Расчетные минимальные значения припуска;

$$2Z_{\min} = \left( R_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right); \quad (12)$$

$$2Z_{\min 1} = 2(200 + 250 + \sqrt{1840^2 + 0}) = 4580 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(100 + 100 + \sqrt{846^2 + 0}) = 2092 \text{ мкм};$$

*Расчетный размер  $D_p$ :*

$$D_{p2} = 147,4 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = 147,4 - 2,474 = 144,92 \text{ мм};$$

$$D_{p\text{зар}} = 144,92 - 5,010 = 139,92 \text{ мм};$$

*Наименьший предельный размер  $D_{\min}$ :*

$$D_{\min\text{зар}} = 139,9 \text{ мм};$$

$$D_{\min 1} = 144,9 \text{ мм};$$

$$D_{\min 2} = 147,4 \text{ мм};$$

*Наибольший предельный размер  $D_{\max}$ :*

$$D_{\max 2} = 147,4 - 0,14 = 147,26 \text{ мм};$$

$$D_{\min 1} = 144,9 - 0,35 = 144,57 \text{ мм};$$

$$D_{\max 3} = 139,9 - 2,8 = 137,1 \text{ мм};$$

*Предельные значения припусков  $2Z_{\min}^{\text{пр}}$ :*

$$2Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 147,4 - 144,9 = 2,5 \text{ мм};$$

$$02Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 144,9 - 139,9 = 5 \text{ мм};$$

*Предельное значение припусков  $2Z_{\max}^{\text{пр}}$ :*

$$2Z_{\max 2}^{\text{пр}} = 147,26 - 144,57 = 2,69 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 1}^{\text{пр}} = 144,57 - 137,1 = 7,47 \text{ мм};$$

*Проверка правильности произведенных расчетов*

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = T - T_{i-1}; \quad (13)$$

					<i>ДП 44.03.04.015 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

$$147,4 - 147,26 = 2,69 - 2,48 = 0,14$$

$$144,92 - 144,57 = 7,47 - 5,02 = 0,35$$

Расчет общего номинального припуска

Для внутренней поверхности вращения:

$$2Z_{\text{оном}} = 2Z_{\text{оmin}} + \text{ESD}_{\text{заг}} - \text{ESD}_{\text{д}}; \quad (14)$$

$$2Z_{\text{оmin}} = 147,26 + 0 - 0 = 147,26 \text{ мм}$$

Опытно-статистический (табличный) метод расчета припусков

На остальные обрабатываемые поверхности детали припуски, допуски и предельные отклонения на операционные расчеты определяются по ГОСТ 7505-89.

Таблица 12 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Поверхность	Размер, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Предельное отклонение, мм	
				верхнее	нижнее
Растачивание отверстия 7	d141	2,5	2	+1,3	-0,7
Фрезерование поверхности 1	d153	2,3	2,2	+1,4	-0,8
Фрезерование поверхности 13	51	1,5	1,4	+0,9	-0,5
Фрезерование поверхности 14	51	1,5	1,4	+0,9	-0,5
Фрезерование поверхности 15	51	1,5	1,4	+0,9	-0,5
Фрезерование поверхности 16	51	1,5	1,4	+0,9	-0,5
Фрезерование поверхности 2	160	2,7	2,2	+1,4	-0,8
Фрезерование поверхности 3	160	2,7	2,2	+1,4	-0,8
Фрезерование поверхности 4	160	2,7	2,2	+1,4	-0,8
Фрезерование поверхности 5	160	2,7	2,2	+1,4	-0,8

В результате произведенного расчета были определены припуски на обработку ответственного отверстия и назначены общие припуски на обработку остальных поверхностей.

## 1.11. Расчет режимов резания

Режимы резания определяются глубиной резания, подачей на оборот и скоростью резания.

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

Исходными данными при выборе режимов резания являются:

1. сведения о заготовке (вид, материал, величина припусков, состояние поверхностного слоя);
2. характеристика обрабатываемой детали (форма, размеры, допуски на обработку, требования к состоянию поверхностного слоя, к шероховатости);
3. Параметры режущего инструмента (типоразмер, материал режущей части, геометрические параметры);
4. Паспортные данные станков.

Расчет режимов резания будет произведен для токарной операции-расточивание отверстия  $d147,4$  мм

*Определение глубины резания  $t$  мм:*

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{147,4-141,8}{2} = 2,8 \text{ мм};$$

*Определение величины подачи  $S_0$  мм/об:*

Подачу  $S_0$  принимаем = 0,18 по каталогу;

*Определение скорости резания  $V$  м/мин:*

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * Kv; \quad (15)$$

где  $C_v = 340$ ,  $x = 0,15$ ,  $m = 0,2$ ,  $y = 0,45$

$T$  - период стойкости инструмента, назначается по справочнику Косиловой;

$S$  – значение подачи;

$$V = \frac{340 \cdot 10^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 2,8^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,4 = 144 \text{ м/мин};$$

Определение частоты вращения шпинделя  $n$  об/мин:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 144}{3,14 \cdot 147,4} = 311 \text{ об/мин}; \quad (16)$$

Определение эффективной мощности резания  $N_e$ ;

$$N_e = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750}; \quad (17)$$

где  $M_{KP}$  – крутящий момент;

$n$  – частота вращения шпинделя.

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (18)$$

где  $C_M, q, y, K_p$  – коэффициенты, назначаемые по справочнику;

$D$  – диаметр отверстия, которое необходимо просверлить;

$S$  – подача.

$$K_p = K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (19)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{491}{750} \right)^{0,75} = 0,73;$$

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 147,4^1 \cdot 0,2^{0,8} = 0,345 \cdot 147,4 \cdot 0,92 = 42,8;$$

$$N_e = \frac{42,8 \cdot 400}{9750} = 1,75 \text{ кВт};$$

Определение осевой силы  $P_o$ :

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (20)$$

где  $C_M, x, y, n, K_p$  – коэффициенты, назначаемые по справочнику Косиловой;

$D$  – диаметр отверстия, которое необходимо просверлить;

$S$  – подача.

$$P_o = 10 \cdot 408 \cdot 2,8^{0,72} \cdot 0,9^{0,8} \cdot 144^{-0,15} \cdot 1,07 = 4080 \cdot 2,098 \cdot 0,92 \cdot 0,47 = 3700 \text{ Н};$$



Определение нормы штучно-калькуляционного времени  $T_{ш-к}$

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}; T_{шт} = t_o + t_v + t_{об} + t_{от} \quad (21)$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно – заключительное время на партию деталей, мин;

$N$  – количество деталей в настроечной партии, шт;

$t_o$  – основное время, мин;

$t_v$  – вспомогательное время, мин.

$t_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин.;

$t_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.;

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_v = t_{у.с.} + t_{пер} + \sum t_{пер} + t_{из} \quad (22)$$

где  $t_{у.с.}$  – время на установку и снятие детали, мин.;

$t_{пер}$  – время связанное с переходом, мин.;

$\sum t_{пер}$  – время не вошедшее в комплекс, мин.;

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

Определим время на установку детали:

$$t_{у.с.} = 0,3 \text{ мин.}$$

Определим время связанное с переходами:

$$t_{пер} = 0,4 + 0,2 * 4 = 1,2 \text{ мин}$$

Время на измерение детали равно

$$t_{изм} = 0,4 \text{ мин.}$$

Определим вспомогательное время:

$$t_v = 0,3 + 1,2 + 0,7 + 0,4 = 2,6 \text{ мин}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Время на обслуживание рабочего места в массовом и серийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание  $t_{орг}$  и времени на техническое обслуживание  $t_{тех}$  рабочего места:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг} \quad (23)$$

$$t_{об} = 1,5 \text{ мин}$$

Основное время  $t_o$  рассчитывается по всем переходам обработки с учетом совмещения переходов по формуле:

$$t_o = \frac{l \cdot i}{S_m} \quad (24)$$

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

$i$  – число ходов;

$S_m$  – минутная подача.

В общем случае расчетная длина обрабатываемой поверхности:

$$l = l_o + l_{вр} + l_n + l_{сх} \quad (25)$$

где  $l_o$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм.;

$l_{вр}$  – длина врезания инструмента, мм.;

$l_n$  – длина подвода инструмента к заготовке, мм.;

$l_{сх}$  – длина перебега (схода) инструмента, мм.

Определим длину обрабатываемой поверхности в направлении подачи:

$$l_o = 89 * 2 * 3,14 = 559 \text{ мм}$$

Длина подвода инструмента к заготовке и длина перебега (схода) инструмента равны:

$$l_n = l_{сх} = 3 \text{ мм}$$

Длина врезания инструмента  $l_{вр} = 3 \text{ мм}$

Определим расчетную длину обрабатываемой поверхности:

$$l = 676 + 3 + 3 + 3 = 568 \text{ мм}$$

Определим основное время:

$$t_o = \frac{568 * 1}{150} = 3,7 \text{ мин}$$

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$t_{оп} = t_o + t_в = 7,4 + 2,6 = 10 \text{ мин.} \quad (26)$$

Трудоемкость операции определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = \sum_{i=1}^n t_{оп} \quad (27)$$

где  $n$  – количество операций.

Таблица 14 - Технические нормы времени

Номер и наименование операции	$t_o$	$t_в$			$t_{об}$		$t_{от}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	$n$ , шт.	$t_{шт-к}$
		$t_{ус}$	$t_{пе}$ р	$t_{из}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$					
005 Ком-плексная	7,4	0,3	1,2	0,4	0,5	1	0,04	11,54	415,4	36	23,07
010 Ком-плексная	8,6	0,3	2,3	0,6	0,5	1	0,2	17,2	619,2	36	34,4

В результате произведенного расчета были определены технические нормы времени для комплексной операции 005, а также установлены технические нормы времени для остальных операций механической обработки.

## 2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Характеристика проектирования технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ имеет много отличий от проектирования, проводимого при использовании обычного универсального и специального оборудования. Во-первых, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для формирования процесса обработки на станках с ЧПУ необходим продуманный и тщательно разработанный технологический процесс, построенный по переходам. Для универсальных станков такая детализация не имеет смысла, так как рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и может сам определить необходимое число переходов и проходов, сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства. Во-вторых, немаловажной особенностью технологического проектирования для станков с ЧПУ является обязательность точной привязки траектории автоматического движения режущего инструмента с системой координат станка, положением заготовки и исходной точкой.

Результатом изменения универсального неавтоматизированного оборудования станками с числовым программным управлением является возможность уменьшения трудоемкости изготовления деталей в несколько раз, за счет применения программы, исполняющей все по заданному маршруту на больших скоростях, с использованием прогрессивного инструмента и минимальным вмешательством человека.

Разработка управляющей программы сводится к определению технологической последовательности стандартных блоков обработки. Блок обработки – это фрагмент управляющей программы, выполняемый одним инструментом на одной или нескольких поверхностях.

Каждый блок содержит: координаты точки смены инструмента, подход к контрольной точке, обработку, отход в точку смены инструмента.

Структурную единицу управляющей программы составляет кадр. Кадр является последовательностью символов языка программирования (G - кода). Элементом кадра является слово, которое состоит из адреса и числового значения или переменной, глобальной переменной.

Обрабатывающий центр с ЧПУ OKUMA Multus B300W оснащён системой ЧПУ OSP-P300. При создании стойки нового поколения OSP-P300 корпорация OKUMA действовала исходя из принципа «Простого управления». Он заключается в том, что большинство операций, которые на стойке предыдущего поколения можно было выполнять только в режиме ручного ввода данных, на стойке OSP-P300 можно осуществлять нажатием одной кнопки или переключением режима. Кроме того, появился новый рабочий дисплей, на котором можно увидеть совмещенные дисплеи с информацией о текущем положении осей станка, управляющей программой обработки, изображением процесса обработки с помощью системы предотвращения столкновений - Collision Avoidance System. Дисплей очень удобен при работе, так как содержит много полезной информации, которая может быть необходима при наладке обработки на станке. Важно отметить, что значительно упростилась процедура работы с инструментом. На новой стойке вся информация об используемом инструменте находится в единой базе, а процедура подготовки и смены сводится к набору единой команды. Таким образом, основываясь на принципе «Простого управления», новая стойка OSP-P300 позволяет управлять любыми современными станками, даже самыми сложными.

Спецификация системы ЧПУ типа OSP-P300:

- пакет мат. обеспечения LAP4 (возможность использования токарных циклов);
- объем программной памяти 2 Гб;
- объем буферной памяти 2 Мб;

- функция 3D изображения/моделирования;
- функция проверки времени цикла;
- мониторинг ЧПУ операций;
- счетчик ЧПУ операций;
- функция контроля износа инструмента;
- DNC-T1 возможность подключения к внутренней сети;
- функция сокращения времени цикла.

*Разработка фрагмента управляющей программы обработки для операции 010*

Контур обрабатываемой детали, траектория движения инструмента, таблицы с опорными точками приведен на плакатах к операциям комплексным с ЧПУ 005 и 010. Фрагмент управляющей программы на операцию 010 представлен в таблице 15.

Таблица 15 - Фрагменты управляющей программы на операцию 010

Операция 010. Расточить отверстия	
1	2
T02 D1 M06	Выбор инструмента T01 D1 – корректор инструмента M06 – смена инструмента
G90 G54 G18 G0	G90 – программирование в абсолютных размерах G54 – активизация смещения нулевой точки детали (X0Y0 – нулевая точка) G18 – выбор плоскости программирования XY G00 - ускоренное перемещение инструмента (холостой ход)

Продолжение таблицы 15

1	2
G95 S180 M03 M08	G95 – активизация подачи в мм/об S - частота вращения шпинделя, об/мин M03 – вращение шпинделя по часовой стрелке M08 – включение СОЖ
CYCLE95("cent.otv",2,1,0.16,0.2,0.18,0.1,0.08,211,2,5,2)	CYCLE95 – цикл контурного точения, по контуру описывающему центральные отверстия
G0 X-71 Z80	Быстрое перемещение инструмента в точку с координатами X-71 Z80
Операция 010. Сверлить отверстия	
T03 D1 M06	Выбор инструмента T03 D1 – корректор инструмента M06 – смена инструмента
G90 G54 G18	G90 – программирование в абсолютных размерах G54 – активизация смещения нулевой точки детали (X0Y0 – нулевая точка) G18 – выбор плоскости программирования XY
SPOS=0	Позиционирование шпинделя до 0°
SETMS(2)	Шпиндель (вращающий инструмент) становится “мастер-шпинделем”
S2=1000 M2=3	Число оборотов и направление вращения второго шпинделя
TRANSMIT	Трансформация осей для обработки сверлением на торце
DIAMOF	Отключение диаметральных размеров

Окончание таблицы 15

1	2
G17	G17 – выбор рабочей плоскости X-Y
G0 X55 Z10	G00 - ускоренное перемещение инструмента (холостой ход) в точку с координатами X55 Z10
MCALL CYCLE83(10,0,1,-43,-12,,10,4,,1,0,3,2,1,5,)	MCALL – включение функции модальности цикла сверления CYCLE83 – цикл сверления с заданными параметрами
отв: G17 G0 X = AC(-71) Y = AC(56) X = AC(-56) Y = AC(71) X = AC(-65) Y = AC(-62) X = AC(-62) Y = AC(65)	G17 – выбор рабочей плоскости X-Y G00 - ускоренное перемещение инструмента (холостой ход) Описание расположения четырех отверстий с помощью координат XY
MCALL	MCALL – отключение функции модальности цикла сверления
G0 X-71 Y80	Быстрое перемещение инструмента в точку с координатами X-71 Y80

### 3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

					ДП 44.03.04.015 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

### 3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В дипломном проекте осуществляется совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус вентилятора» в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1500 штук в год.

Спроектированный технологический процесс позволяет выпускать продукцию высокого качества и в больших объемах, с использованием современного оборудования и современного инструмента.

При разработке проекты были учтены такие факторы, как тип производства – среднесерийное, свойства обрабатываемого материала, сфера использования детали, кроме того была разработана управляющая программа.

В экономической части дипломного проекта будет произведен расчет капитальных затрат и определена экономическая эффективность технологического процесса.

### 3.2. Определение капитальных вложений

Размер капитальных вложений определяется по формуле

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прг} \quad (28)$$

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

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

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

*Определение количества технологического оборудования*

Количество технологического оборудования рассчитывают по формуле

$$q = \frac{t * N_{год}}{F_{об} * k_{вн} * k_з * 60}; \quad (29)$$

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

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ				

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

$F_{\text{об}}$  – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$k_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм времени (по данным предприятия

$$k_{\text{вн}} = 1,0 \div 1,2);$$

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования (по данным предприятия).

Если  $t = 13,4$  мин.,  $N_{\text{год}} = 1500$  шт. (проектируемый вариант),  $N_{\text{год}} = 1000$  шт. (базовый вариант),  $F_{\text{об}} = 5913$  ч.,  $k_{\text{вн}} = 1,1$  и  $k_3 = 0,4$

Тогда  $q = 0,13$  шт.

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается следующим образом:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \left(1 - \frac{k_{\text{р}}}{100}\right); \quad (30)$$

где  $F_{\text{н}}$  – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

$k_{\text{р}}$  – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на год (365 дней в году за исключением праздничных и выходных дней) с учетом установленного режима работы. Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2,0% рабочего времени универсального оборудования и 9,0% для станка с ЧПУ.

$F_{\text{н}} = 254 \cdot 16 = 4064$  ч. - при двусменной работе (базовый вариант)

$F_{\text{н}} = 254 \cdot 24 = 6096$  ч. – при трёхсменной работе (проектируемый вариант)

Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, составляет:

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ				

$F_{об} = 3982$  ч. – базовый вариант,  $F_{об} = 5547$  ч. – проектируемый вариант

Определяем количество станков, данные по расчетам сводим в таблицу.

$$q_{163} = \frac{30,3 \cdot 1000}{60 \cdot 3982 \cdot 1,1 \cdot 0,85} = 0,13; q_{2A55} = \frac{24,402 \cdot 1000}{60 \cdot 3982 \cdot 1,1 \cdot 0,85} = 0,11;$$

$$q_{6M13GH-1} = \frac{73,296 \cdot 1000}{60 \cdot 3982 \cdot 1,1 \cdot 0,85} = 0,33; q_{Multus B300W} = \frac{28,74 \cdot 1000}{60 \cdot 5547 \cdot 1,1 \cdot 0,85} = 0,13.$$

Таблица 16 - Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Количество оборудования		Суммарная мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р.			Стоимость оборудования, тыс. р.	
	Базовый Вариант	Проектируемый вариант	одного станка	всех станков	Цена	Затраты на монтаж	Первоначальная стоим.	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Токарно-винторезный станок 163	1	0	15	15	360,1	30,3	329,8	17	0
Радиально-сверлильный станок 2A55	1	0	4,5	4,5	285,3	37,3	248	13	0
Вертикально-фрезерный станок 6M13GH-1	1	0	10	10	457,8	33,8	424	19	0
OKUMA Multus B300W	0	1	15	15	15816	86	15730	0	7.8

Так как обработка рассматриваемой детали занимает только 13% времени работы нового обрабатывающего центра Multus B300W, а в остальное время на станке обрабатывают другие детали, будем считать, что величина капитальных вложений в оборудование составляет 13% от стоимости станка.

$$K_{об} = 15730000 * 0,13 = 2044,9 \text{ тыс. р.}$$

*Определение капитальных вложений в приспособления (инструмент, оснастку)*

Размер капитальных вложений в приспособления определяют по формуле

$$K_{прс} = \sum q_p \cdot N_{прс} \cdot C_{прс} \cdot k_{осн};$$

(31)

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

$N_{прс}$  – количество приспособлений на единицу оборудования, шт.;

$C_{прс}$  – стоимость приспособления, р.;

$k_{осн}$  – коэффициент занятости технологической оснастки при выполнении каждой операции обработки детали (отражает возможное отвлечение этой оснастки на обработку других деталей).

В нашем случае, приспособление является частью станка и входит в его стоимость, поэтому  $K_{прс} = 0$  р.

### *Затраты на программное обеспечение*

Предприятие располагает оборудованием, которое осуществляет программирование станков с ЧПУ, поэтому будем считать, что затрат на программное обеспечение нет.

Исходя из этого, можем определить размер капитальных вложений:

$$K = 2044,9 \text{ тыс. р.}$$

### 3.3. Расчет технологической себестоимости детали

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов:

$$C = Z_M + Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_и \quad (32)$$

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

$Z_{зп}$  – 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.;

$Z_и$  – затраты на малоценный инструмент, р.

#### *Затраты на материалы*

Так как в нашем случае заготовка приобретается, то считаем, что  $Z_M = 0$ .

Стоимость заготовки = 16,58 р.

*Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали*

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_н + Z_{эл} + Z_к + Z_{тр} \quad (33)$$

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

$Z_{н}$  – 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.;

$Z_{к}$  – 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.

При сдельной оплате труда

$$Z_{пр} = Cт \cdot t \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p \quad (34)$$

где  $Cт$  – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

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

$k_{мн}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ( $k_{мн} = 0,49$ ).

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле

$$N_{оп} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p \cdot 60}, \quad (35)$$

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч;

$k_{мн}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание;

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

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

Таблица 17 – Затраты на заработную плату станочников

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р.	Численность станочников, чел.
Базовый вариант					
Токарная	4	130,5	0,505	85,67	1
Сверлильная	3	120,4	0,406	63,55	1
Фрезерная	3	120,4	1,22	190,95	1
Итого				340,17	3
Проектируемый вариант					
Комплексная	3	128,7	0,479	36,24	1
Итого				36,24	1

Оплата труда вспомогательных рабочих, как правило, осуществляется по повременной либо повременно-премиальной системе. Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, электронщиков) находится по формуле

$$Z_{эл} = \frac{C_T^{всп} * F_p * Ч_{всп}}{N_{год}}; \quad (36)$$

где  $C_T$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности

и разряда, р.;

$F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч;

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

$Ч_{всп}$  – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, чел.

$F_p = 2032$  ч.,  $N_{год} = 1500$  шт.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности определяется следующим образом:

$$Ч_{всп} = \frac{q_p * n}{H} \quad (37)$$

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

$n$  – число смен работы оборудования;

$H$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком и электронщиком.

Если  $q_p = 0,7$  шт.,  $n = 3$ ,  $H = 6$ .

Тогда  $Ч_{всп} = 0,35$

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

$Ч_{трансп.} = 0,35 * 0,05 = 0,02$  чел.;

$Ч_{контр.} = 0,35 * 0,07 = 0,02$  чел.

Таблица 18 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

					<i>ДП 44.03.04.015 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52



код – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка (при одном двигателе код = 1);

$k_w$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия ( $k_w = 1,04 \div 1,08$ );

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту оборудования);

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

Цэ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, р.

Производим расчеты для каждого станка:

$$З_э(163) = \frac{15 * 0,3 * 0,5 * 1 * 1,04 * 0,505}{0,9 * 1,02} * 3,07 = 3,9 \text{ р.}$$

$$З_э(2A55) = \frac{4,5 * 0,3 * 0,5 * 1 * 1,04 * 0,406}{0,9 * 1,02} * 3,07 = 0,95 \text{ р.}$$

$$З_э(6M13ГН - 1) = \frac{10 * 0,3 * 0,5 * 1 * 1,04 * 1,22}{0,9 * 1,02} * 3,07 = 6,36 \text{ р.}$$

$$З_э(Multus B300W) = \frac{15 * 0,3 * 0,5 * 1 * 1,04 * 0,479}{0,9 * 1,02} * 3,07 = 3,74 \text{ р.}$$

Таблица 19 – Затраты на электроэнергию

Модель станка	Установленная	Штучно-калькуля-	Затраты на элек-
---------------	---------------	------------------	------------------

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ					54

	мощность, кВт	ционное время, ч	троэнергию, р.
<b>Базовый вариант</b>			
163	15	0,505	3,9
2А55	4,5	0,406	0,95
6М13ГН-1	10	1,22	6,36
Итого			11,21
<b>Проектируемый вариант</b>			
OKUMA Multus B300W	15	0,479	3,74
Итого			3,74

*Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования*

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем} \quad (39)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} * N_{ам} * t}{F_{об} * k_3 * k_{вн}} \quad (40)$$

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

Нам – норма амортизационных отчислений;

Гоб – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

кз – нормативный коэффициент загрузки оборудования;

квн – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, ч.

$N_{амБ} = 12\%$  для базового оборудования,  $N_{амН} = 8\%$  - для нового оборудования

Производим расчеты для каждого станка:

$$C_{ам}(163) = \frac{329800 * 1 * 0,505}{3982 * 1,02 * 0,85} = 57,46 \text{ р.}$$

$$C_{ам}(2A55) = \frac{248000 * 1 * 0,406}{3982 * 1,02 * 0,85} = 29,17 \text{ р.}$$

$$C_{ам}(6M13ГН - 1) = \frac{424000 * 1 * 1,22}{3982 * 1,02 * 0,85} = 149,85 \text{ р.}$$

$$C_{ам}(Multus B300W) = \frac{2044900 * 0,4 * 0,479}{5547 * 1,02 * 0,85} = 81,4 \text{ р.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования определяем путем укрупненного расчета по примерным нормам затрат на ремонт от стоимости оборудования:

$$C_{рем}(163) = \frac{329800 * 0,15 * 0,505}{3982 * 1,02 * 0,85} = 7,23 \text{ р.}$$

$$C_{рем}(2A55) = \frac{248000 * 0,15 * 0,406}{3982 * 1,02 * 0,85} = 4,38 \text{ р.}$$

$$C_{рем}(6M13ГН - 1) = \frac{424000 * 0,15 * 1,22}{3982 * 1,02 * 0,85} = 22,48 \text{ р.}$$

$$C_{\text{рем}}(\text{Multus B300W}) = \frac{2044900 * 0,15 * 0,479}{5547 * 1,02 * 0,85} = 30,55 \text{ р.}$$

Таблица 20 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Модель станка	Стоимость, р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
Базовый вариант						
163	329800	1	12	0,505	57,46	7,23
2А55	248000	1	12	0,406	29,17	4,38
6М13ГН-1	424000	1	12	1,22	149,85	22,48
Итого					236,48	34,09
Проектируемый вариант						
OKUMA Multus B300W	15730000 (2044900)	1	8	0,664	81,4	30,55
Итого					81,4	30,55

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

$$Z_{\text{обБ}} = 236,48 + 34,09 = 270,57 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{обП}} = 81,4 + 30,55 = 111,95 \text{ р.}$$

### *Затраты на эксплуатацию инструмента*

Затраты на эксплуатацию инструмента вычисляют по формуле

$$Z_{\text{и}} = \frac{C_{\text{и}} + \beta_{\text{п}} * C_{\text{п}}}{T_{\text{ст}} * (\beta_{\text{п}} + 1)} * T_{\text{м}} * \eta_{\text{и}} \quad (41)$$

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

$\beta_{\text{п}}$  – число переточек;

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

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

$T_{\text{м}}$  – машинное время, мин;

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

Укажем инструменты, используемые в базовом технологическом процессе и время работы инструментов:

#### *Операция 305*

Резец проходной 32x20 2102-0009 ГОСТ 18877-73  $T_{\text{м}} = 6,2$  мин.

Резец упорный проходной 32x20 2103-0009 ГОСТ 1887973  $T_{\text{м}} = 9,5$  мин.

#### *Операция 315*

Резец упорный проходной 32x20 2103-0009 ГОСТ 1887973  $T_{\text{м}} = 1,2$  мин.

Резец расточной 25x25 2141-0010 ГОСТ 18883-73  $T_{\text{м}} = 9,8$  мин.

#### *Операция 320*

Сверло d12 2301-0043 ГОСТ 10903-77  $T_{\text{м}} = 16,7$  мин.

#### *Операция 330*

Фреза d25 6153-0126-02 P18 T<sub>м</sub> = 64,3 мин.

Расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому технологическому процессу:

$$Z_{\text{иРП}} = \frac{392 + 7 * 75}{60 * 8} * 6,2 * 0,98 = 11,6 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иРУП}} = \frac{250 + 7 * 75}{60 * 8} * 9,5 * 0,98 = 15,03 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иРУП}} = \frac{250 + 7 * 75}{60 * 8} * 1,2 * 0,98 = 1,98 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иР}} = \frac{486 + 7 * 75}{60 * 8} * 9,8 * 0,98 = 20,65 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иС}} = \frac{356 + 10 * 60}{50 * 11} * 16,7 * 0,98 = 28,45 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иФ}} = \frac{560 + 7 * 120}{45 * 8} * 64,3 * 0,98 = 245,05 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{и}} = 11,6 + 15,03 + 1,98 + 20,56 + 28,45 + 245,05 = 322,67 \text{ р.}$$

Укажем инструменты, используемые в проектируемом технологическом процессе и время работы инструментов:

#### *Операция 005*

Фреза концевая монолитная 7-мизубая BK8 MT190V-020Z20R07-38-L104-r20-T T<sub>м</sub> = 8,5 мин.

Фреза торцевая с 4 сменными пластинами MT290-040A16R04WN06-IK T<sub>м</sub> = 5,7 мин.

#### *Операция 010*

					<i>ДП 44.03.04.015 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

Расточной резец со сменной твердосплавной пластиной A10L-SCLCL06-R T<sub>м</sub> = 6,4 мин.

Спиральное сверло 12 мм 343ТА1200 T<sub>м</sub> = 3,1 мин.

Фреза концевая монолитная 7-мизубая BK8 MT190V-025Z25R07-75-L160-r20-T T<sub>м</sub> = 11,6 мин.

Расчет затрат на эксплуатацию инструмента по проектируемому технологическому процессу:

$$Z_{\text{иФК}} = \frac{2750 + 9 * 120}{180 * 10} * 7,2 * 0,98 = 15,02 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иФТ}} = \frac{5730 + 8 * 100}{195 * 10} * 3,7 * 0,98 = 12,14 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иСС}} = \frac{1116 + 12 * 90}{200 * 13} * 0,7 * 0,98 = 0,58 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{иРР}} = \frac{2144,1 + 8 * 100}{195 * 9} * 7,4 * 0,98 = 12,93 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{и}} = 15,02 + 12,14 + 0,58 + 12,93 = 40,67 \text{ р.}$$

#### *Затраты на эксплуатацию оснастки*

Эти затраты определяются по формуле

$$Z_{\text{осн}} = \frac{q_p * N_{\text{прс}} * Ц_{\text{прс}} * N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} * 100} \quad (42)$$

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

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

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

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

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

Расчет затраты на оснастку:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{3 * 1 * (15680 + 8760 + 14080) * 66}{1000 * 100} = 76,27 \text{ р.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 21.

Таблица 21 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб.	
	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	411,87	83,94
Затраты на технологическую электроэнергию	11,21	3,74
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	270,57	111,95
Затраты на эксплуатацию оснастки	76,27	0
Затраты на инструмент	322,67	40,67
Итого	1092,59	240,3

#### *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:

$$Э_{\text{год}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{пр}}) \cdot N_{\text{год}} \quad (43)$$

где  $C_{\text{б}}$ ;  $C_{\text{пр}}$  – технологическая себестоимость одной детали по базовому

и проектируемому вариантам соответственно, р.;

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (1092,59 - 240,3) * 1500 = 1278,4 \text{ тыс. р.}$$

### 3.4. Анализ уровня технологии производства

Анализ уровня технологии производства является составной частью анализа организационно-технического уровня производства. Он может проводиться в дипломных проектах по совершенствованию технологического процесса обработки детали в полном объеме либо по отдельным показателям в соответствии с поставленными руководителем задачами.

К показателям уровня технологии производства относятся:

- структура технологического оборудования;
- доля прогрессивного оборудования;
- средний возраст технологического оборудования;
- уровень оснащенности технологического процесса и др.

*Структура технологического оборудования*

Удельный вес каждой операции может быть определен следующим образом:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} * 100\% \quad (44)$$

где  $T^t$  – штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

$T$  – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Расчеты удельного веса операции по базовому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(163) = \frac{0,505}{2,131} * 100\% = 23,7 \%$$

$$Y_{\text{оп}}(2A55) = \frac{0,406}{2,131} * 100\% = 19,1 \%$$

$$Y_{\text{оп}}(6M13ГН - 1) = \frac{1,22}{2,131} * 100\% = 57,2 \%$$

Расчет удельного веса операции по проектируемому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(\text{Multus B300W}) = \frac{0,644}{0,644} * 100\% = 100 \%$$

### Доля прогрессивного оборудования

Доля прогрессивного оборудования может быть определена по его стоимости в общей стоимости используемого оборудования и по количеству. По количеству удельный вес прогрессивного оборудования определяется по формуле

$$Y_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{пр}}}{q_{\Sigma}} * 100\% \quad (45)$$

где  $q_{\text{пр}}$  – количество единиц прогрессивного оборудования;

$q_{\Sigma}$  – общее количество использованного оборудования.

Расчет доли прогрессивного оборудования:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{1} * 100\% = 100\%$$

Производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p * k_{\text{вн}} * 60}{t} \quad (46)$$

где  $F_p$  – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч;

$k_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм;

Расчет производительности труда в базовом технологическом процессе:

$$B = \frac{1991 * 1,2 * 60}{127,99} = 1120 \text{ шт/чел. год}$$

Расчет производительности труда в проектируемом технологическом процессе:

$$B = \frac{1991 * 1,2 * 60}{39,84} = 4988 \text{ шт/чел. год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} * 100\% \quad (47)$$

где  $B_{\text{пр}}$ ,  $B_{\text{б}}$  – производительность труда, соответственно проектируемого и базового вариантов.

					<i>ДП 44.03.04.015 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Расчет роста производительности труда:

$$\Delta B = \frac{4988 - 1120}{1120} * 100\% = 315,6\%$$

Срок окупаемости это частное суммы инвестиций от произведения годового выпуска деталей и себестоимости детали:

$$\text{Срок окупаемости} = \frac{2044900}{1500 * 852,29} = 1,6 \text{ года};$$

Таблица 22 - Техничко-экономические показатели проекта

Показатель	Единицы изм.	Значения показателей		Изм. показателей
		Базовый вар.	Проектируемый вар.	
Годовой выпуск деталей	шт.	1000	1500	+500
Количество оборудования	шт.	3	1	-2
Количество рабочих	чел.	3	1	-2
Сумма инвестиций	тыс. руб.	-	2044,9	+2044,9
Себестоимость детали	руб.	1092,59	240,3	-852,29
Производительность труда	шт/чел.год	1120	4988	+3868
Рост производительности	%	100	415,6	+315,6
Сменность		2	3	+1
Коэф. загрузки оборудования		0,57	0,13	-0,44
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	-	1278,4	+1278,4
Срок окупаемости	год	-	1,6	

## 4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Вводная часть

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

**ДП 44.03.04.015 ПЗ**

Лист

64

В данном дипломном проекте совершенствуется технологический процесс изготовления детали «Корпус вентилятора». Совершенствование технологического процесса заключается в изменении формы заготовки, использовании современного оборудования и металлорежущего инструмента.

Одним из результатов совершенствования технологического процесса стало изменения характера труда производственных рабочих, так как все операции, выполняемые на универсальном оборудовании, были заменены на операции, выполняемые с помощью обрабатывающих центров с ЧПУ. Из-за этого пропала необходимость в услугах токарей, фрезеровщиков и слесарей, но в то же время возникла потребность в операторах и наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ.

Исходя из данной потребности, в методической части выпускной квалификационной работы будут рассмотрены нюансы и структура переподготовки рабочих по профессии «Фрезеровщик» 4го разряда на профессию «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» 3го разряда на базе ЧУДПО «Учебный центр «УРАЛМАШЗАВОД»

Цель разработки методической части: разработать учебную программу для переподготовки фрезеровщиков по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» третьего разряда, разработать занятие теоретического обучения для данной переподготовки.

Задачи разработки методической части:

1. Проанализировать профессиональный стандарт, ориентированный на подготовку операторов обрабатывающих центров с ЧПУ.
2. Разработать учебно-тематический план переподготовки фрезеровщиков по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»
3. Разработать перспективно-тематический план по одной из тем.
4. Разработать план-конспект и методическое обеспечение к учебному занятию.

#### **4.2. Анализ профессионального стандарта**

Для анализа будем использовать профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» № 530н от 4 августа 2014, который наиболее близок к необходимому нам стандарту по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ».

Основная цель вида профессиональной деятельности: наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением, обработка деталей.

Вид трудовой деятельности: (7223) Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования.

Отнесение к видам экономической деятельности:

25 Производство резиновых и пластмассовых изделий

27 Металлургическое производство

29 Производство машин и оборудования

34 Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов

35 Производство судов, летательных и космических аппаратов и прочих транспортных средств

36.1 Производство мебели

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

Рассмотрим обобщенные трудовые функции, представленные в данном

Обобщенные трудовые функции оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ представлены в таблице.

Таблица 23 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ				

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции	
Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Уровень (подуровень) квалификации
1	2	3	4	5
А	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	3
			Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений	3
			Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	3
			Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	3
			Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	3
			Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	3

Окончание таблицы 23

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.015 ПЗ

Лист

67

В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров 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
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

Рассматриваемая в дипломном проекте деталь может быть отнесена к деталям средней степени сложности, поэтому 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».

Таблица 24 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров 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)				
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			

Так как в дипломном проекте рассматривается деталь средней степени сложности, некоторые поверхности которой требуют обработки по 8му ква-

литету, остановимся трудовой функции – «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам», которая должна быть сформирована на втором уровне квалификаций, приведем ее анализ в таблице.

Таблица 25 – Анализ трудовой функции

Наименование	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам	Код	В/04.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
1	2				
Трудовые действия	Трудовые действия по трудовой функции код В/01.3 "Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам"				
	Обработка отверстий в деталях по 7 - 8 квалитетам				
	Обработка поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам				
Необходимые умения	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке				
	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции				
	Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам				
Необходимые знания	Система допусков и посадок, степеней точности; квалитеты и параметры шероховатости				
	Параметры и установки системы ЧПУ станка				
	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов				
	Способы и правила механической и электромеханической наладки, устройство обслуживаемых одностипных станков				
	Системы управления и структура управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ				
	Правила проверки станков на точность, на работоспособность и точность позиционирования				
	Устройство, правила проверки на точность одностипных обрабатывающих центров с ЧПУ				
	Устройство и правила применения универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей				
	Правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов				
	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента				

Окончание таблицы 25

1	2				
	Основы электротехники, электроники, гидравлики и				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					70

ДП 44.03.04.015 ПЗ

	программирования в пределах выполняемой работы
	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности
	Правила пользования средствами индивидуальной защиты
	Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
	Виды брака и способы его предупреждения и устранения
	Требования по рациональной организации труда на рабочем месте
Другие характеристики	-

В результате анализа рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования тематического плана переподготовки фрезеровщиков по профессии оператор обрабатывающих центров с ЧПУ.

#### **4.3. Разработка учебно-тематического плана переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»**

Программа переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» является важнейшим документом по профессиональной подготовке.

Программа переподготовки включает в себя теоретическую часть и производственное обучение, по 72 академических часа на блок. Всего на переподготовку отводится 144 часа по учебно-тематическому плану.

За время теоретического обучения учащиеся осваивают основы технического черчения, основы материаловедения, допуски и посадки, основы электротехники, программирование обработки деталей и устройство обрабатывающих центров. Практическое обучение заложит умения настраивать и налаживать обрабатывающий центр Multus B300W.

Учебный график рассчитан на 4 часа в день, для возможности совмещения учебного процесса с производственным. Полный срок переобучения составляет 8 недель, с учетом подготовки и сдачи экзамена.

В завершении прохождения курса сдаётся экзамен, состоящий из теоретической (контрольный тест) и практической (обработка детали) частей. В

						Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ	

случае успешной сдачи экзамена, присваивается 4-й разряд по профессии Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ.

Учебно-тематический план повышения квалификации по профессии Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ приведен в таблице.

Таблица 26 – Учебно-тематический план

Наименование темы	Количество часов			Форма контроля
	Общее	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
1	2	3	4	5
<i>Теоретическое обучение</i>	72	44	28	
1. Техника безопасности и пожарная безопасность на предприятии	2	2	-	Тест
2. Техническое черчение	12	4	8	Чертеж
3. Допуски и посадки, контроль точности	6	4	2	Задание
4. Современные металлорежущие инструменты	10	8	2	Выбор инструмента
5. Устройство станков с ЧПУ	14	10	4	Тест
6. Настройка станков с ЧПУ	6	4	2	Задание
7. Технологии обработки деталей на станках с ЧПУ	10	6	4	Разработка технологии
8. Основы программирования обработки деталей	12	6	6	Разработка УП

Окончание таблицы 26

1	2	3	4	5
<i>Практическое обучение</i>	72	14	58	

1. Наладка обрабатывающего центра Multus B300W	14	4	10	Наладка станка
2. Работа с управляющими программами токарной обработки деталей	32	4	28	Отработка УП
3. Работа с управляющими программами фрезерования деталей	18	4	14	Отработка УП
4. Работа с управляющими программами сверления деталей	8	2	6	Отработка УП
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>58</b>	<b>86</b>	

Соотнесем элементы структуры учебно-тематического плана с требованиями, указанными в профессиональном стандарте в таблице.

Таблица 27 – Соотношение требований профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана

Темы учебно-методического плана	Требования профессионального стандарта
1	2
Теоретическое обучение	
1. Техника безопасности и пожарная безопасность на предприятии	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности Правила пользования средствами индивидуальной защиты

Продолжение таблицы 27

1	2
2. Техническое черчение	Система допусков и посадок, степеней точно-

	сти; квалитеты и параметры шероховатости Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
3. Допуски и посадки, контроль точности	Система допусков и посадок, степеней точности; квалитеты и параметры шероховатости Правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов
4. Современные металлорежущие инструменты	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента
5. Устройство станков с ЧПУ	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
6. Настройка станков с ЧПУ	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
7. Технологии обработки деталей на станках с ЧПУ	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
8. Основы программирования обработки деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам

Окончание таблицы 27

1	2
---	---

Практическое обучение	
1. Наладка обрабатывающего центра Multus B300W	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке
2. Работа с управляющими программами токарной обработки деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам
3. Работа с управляющими программами фрезерования деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам
4. Работа с управляющими программами сверления деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам

Для разработки теоретического занятия длительностью 2 академических часа выберем тему «Устройство станков с ЧПУ». На эту тему отводится 14 часов, из которых 10 часов теоретического обучения и 4 часа практического обучения.

#### 4.4. ЧУДПО «Учебный центр «УРАЛМАШЗАВОД»

Учебный Центр Уралмашзавода – это корпоративный образовательный центр, созданный на базе Отдела технического обучения и учебно-производственного цеха ОАО «Уралмашзавод» в 2002 году решением Совета директоров ОАО «Уралмашзавод».

Учебный центр выполняет профессиональную подготовку и повышение квалификации по профессиям машиностроительного комплекса и профессиональное обучение персонала предприятия в области охраны труда, эксплуатации опасных производственных объектов.

Цель работы – подготовка новых рабочих, повышение квалификации рабочих и специалистов ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий города.

В Учебном центре работают квалифицированные и опытные преподаватели, имеющие большой практический стаж работы. Также в процесс обучения включено общение со специалистами-практиками ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий, преподавательский состав ВУЗов.

Для обеспечения качества учебного процесса в Учебном центре имеется учебно-практическая база, позволяющая не только проводить теоретическое обучения, но и лабораторно-практические занятия по отработке первичным трудовых навыков и прохождения производственного обучения на учебно-производственном участке подготовки кадров сварочных производств. Весь аудиторный фонд Учебного центра оснащен мультимедийным оборудованием, созданы комфортные условия для обучающихся.

Основные принципы Учебного центра:

- Комплексность – интеграция работ, проводимых в рамках образовательных программ, позволяющих решать цели системы обучения: приобретение необходимых знаний и умений; эффективное применение

знаний на высоком технологическом уровне

- Практическая направленность – реализация уже имеющихся ресурсов с целью их качественного улучшения, учет экономической заинтересованности всех участников производственно-образовательного комплекса
- Реальность – использование программ обучения уже апробированных и доказавших свою практическую состоятельность, основанных на реальных условиях производства
- Демократичность – организационная самостоятельность каждого участника производственно-образовательного комплекса

#### **4.5. Разработка плана учебного занятия по теме «Устройство станков с ЧПУ»**

*Тема:* Устройство станков с ЧПУ

*Вид занятия:* Урок изучения нового материала

*Тип занятия:* Лекция с элементами беседы

*Цели занятия:*

образовательные:

- познакомить с понятием автоматическое управление;

- дать представления о особенностях устройства и конструкции станка

с ЧПУ;

- рассмотреть функциональные составляющие ЧПУ.

воспитательные:

- воспитать интерес к новой профессии;

- воспитать культуру умственного труда.

развивающие:

- развить внимание, память и умение правильно излагать свои мысли.

*Методы обучения, используемые на учебном занятии:*

информационно-рецептивные методы: рассказ, беседа, демонстрация

компьютерной презентации.

*Используемые средства обучения:* компьютерная презентация, рабочая тетрадь.

*Ход занятия*

I. Организационная часть (5 минут)

Приветствие и проверка присутствующих по журналу. Сообщение темы и постановка целей занятия.

II. Мотивационная часть (3 минуты)

Мотивация обучаемых путем сообщения важности изучаемой темы и возможности получить дополнительные баллы.

III. Объяснение нового материала (60 минут)

Изложение нового материала, с использованием презентации иллюстрирующей элементы учебного материала. Активизация обучающихся ответами на задаваемые преподавателем вопросы.

IV. Систематизация знаний по усвоению нового материала (18 минут)

Ответы на вопросы, связанные с изученным на этом занятии материалом.

V. Подведение итогов занятия (2 минуты)

VI. Домашнее задание (2 минуты)

Закрепить изученный материал по учебнику или написанному на занятии конспекту.

*Конспект изложения нового материала*

Тема занятия «Устройство станков с ЧПУ»

1. Автоматическое управление.

Сегодня большинство предприятий, занимающихся механической обработкой, используют станки с числовым программным управлением. Станки с ЧПУ выполняют аналогичные обычным станкам с ручным управлением функции, но перемещаются исполнительные органы этих станков с помощью

электроники. Тогда в чем заключается главное преимущество станков с ЧПУ и из-за чего все большее и больше заводов выбирают вкладывать деньги в современное оборудование с автоматическим управлением?

Первым, и скорее всего самым главным преимуществом от использования станков с ЧПУ является значительное повышение уровня автоматизации производства. Вмешательство оператора станка в процесс изготовления детали сводится к минимуму, так как станки с ЧПУ могут работать автономно в течении долгого времени, выпуская продукцию с неизменно высоким качеством. При этом основной заботой оператора являются в основном подготовительно-заключительные операции: установка и снятие детали, наладка инструмента и т. д. А так как на эти процессы не времязатратны, то один работник в состоянии обслуживать одновременно несколько станков.

Вторым плюсом можно обозначить производственную гибкость. Производственная гибкость является показателем того, что для обработки различных деталей нужно просто заменить программу. А уже проверенная и отработанная программа может быть использована в любой момент и любое число раз.

Третьим достоинством можно выделить высокую точность и повторяемость обработки. Изготовление ведется по одной и той же программе с требуемым качеством обработки, и в результате создаются практически идентичные детали. Кроме того, ЧПУ позволяет обрабатывать детали сложной конструкции, с которыми не справится обычное оборудование.

Так же стоит акцентировать внимание на том, что методика работы по программе позволяет точно определить затрачиваемое на изготовление партии деталей время, а значит обрабатывающее оборудование будет загружено наиболее полно.

Большая стоимость станков с ЧПУ, дорогая установка и обслуживание, по сравнению с универсальными станками, могли бы отпугнуть производи

телей, но не смотря на это, их высокая производительность может перекрыть все эти затраты при разумном использовании станка и грамотно построенным

планам производства.

Ознакомимся с понятием ЧПУ. Числовое программное управление – это автоматическое управление станком при помощи компьютера (который находится внутри станка) и программы обработки (управляющей программы).

Осевыми перемещениями станка с ЧПУ руководит компьютер, который, анализируя управляющую программу, выдает команды соответствующим двигателям. Двигатели приводят в движение исполнительные органы станка – рабочий стол или колонну со шпинделем. И в итоге осуществляется механическая обработка заготовки. Датчики, встроенные в направляющих, считывают информацию о фактическом положении исполнительного органа и посылают ее обратно на компьютер. Это называется обратной связью. Компьютер, узнав о том, что исполнительный орган станка находится в требуемой позиции, выполняет те перемещения, которые следующими прописаны в программе. Этот процесс продолжается до тех пор, пока программа не будет прочитана до самого конца.

## 2. Особенности устройства и конструкции станка с ЧПУ.

Станки с ЧПУ имеют расширенный набор технологических возможностей при сохранении надежной и стабильной работы. Конструкция станков с ЧПУ обязательно должна обеспечить совмещение различных видов обработки (точение — фрезерование, фрезерование — шлифование), а также быструю и удобную загрузку заготовок, выгрузку деталей, автоматическое управление сменой инструмента.

Повысить точность обработки возможно за счет высокой точности изготовления и жесткости станка, превышающей жесткость обычного станка того же назначения, для чего прибегают к уменьшению длины его кинемати-

									Лист
									79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ				

ческих цепей: используют автономные приводы, и стараются сократить количество механических передач. Приводы станков с ЧПУ должны также обеспечивать высокое быстродействие.

Кроме того, повысить точность возможно через устранение зазоров в передаточных механизмах приводов подач, уменьшению потерь на трение в направляющих и других механизмах, росту виброустойчивости и стремление к спаданию количества тепловых деформаций, применение в станках датчиков обратной связи.

Базовые детали выполняют более жесткими, чем на универсальных станках, за счет использования вспомогательных ребер жесткости. Повышенную жесткость имеют и подвижные несущие элементы. Например, столы конструируют в форме коробки с продольными и поперечными ребрами. Большинство базовых деталей стараются изготовить литыми или сварными.

Направляющие станков с ЧПУ крайне износостойки и имеют малую силу трения, это позволяет уменьшить требуемую мощность следящего привода, увеличить точность перемещений, снизить рассогласование в следящей системе.

Направляющие скольжения станины и суппорта для уменьшения коэффициента трения создают в виде пары скольжения «сталь (или высококачественный чугун) — пластиковое покрытие (фторопласт и др.)».

Направляющие качения имеют высокую долговечность, характеризуются небольшим трением, причем коэффициент трения практически не зависит от скорости движения. В качестве тел качения используют ролики. Предварительный натяг повышает жесткость направляющих в 2 - 3 раза, для создания натяга используют регулирующие устройства.

В ЧПУ вместо привода используют двигатели, которые представляющие собой управляемые от цифровых преобразователей синхронные или асинхронные машины. Бесколлекторные синхронные (вентильные) двигатели

для станков с ЧПУ изготавливают с постоянным магнитом на основе редкоземельных элементов и оснащают датчиками обратной связи и тормозами.

Привод движения подач характеризуется минимальными зазорами, сокращенным временем торможения и разгона, стремящимися к нулю силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим интервалом регулирования.

Приводами главного движения для станков с ЧПУ обычно являются двигатели переменного тока — для больших мощностей и постоянного тока — для малых мощностей. Приводами могут служить трехфазные четырехполюсные асинхронные двигатели, которые принимают большие перегрузки и работают при наличии в воздухе металлической пыли, стружки, масла.

Шпиндели станков с ЧПУ изготавливают жесткими и точными, с увеличенной износостойкостью шеек, посадочных и базирующих поверхностей. Устройство шпинделя заметно усложняется из-за встроенных в него средств автоматического разжима и зажима инструмента, датчиков при адаптивном управлении и автоматической диагностике.

Устройства автоматической смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки) должны обеспечивать минимальные затраты времени на смену инструмента, высокую надежность в работе, стабильность положения инструмента, т.е. постоянство размера вылета и положения оси при повторных сменах инструмента, иметь необходимую вместимость магазина или револьверной головки.

### 3. Функциональные составляющие (подсистемы) ЧПУ

Создать из обычного станка с ручным управлением станок с ЧПУ возможно, необходимо только включить в его конструкцию определенные компоненты. Просто подключить станок к компьютеру недостаточно, необходимо чтобы он работал по программе, а значит следует модернизировать электронную и механическую составляющую станка. Рассмотрим устройство системы ЧПУ (СЧПУ) на большинстве современных станков.

СЧПУ можно разделить на три подсистемы:

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.015 ПЗ				

- *подсистему управления;*
- *подсистему приводов;*
- *подсистему обратной связи.*

Далее мы подробно рассмотрим каждую из этих подсистем.

#### *Подсистема управления*

Подсистема управления является центральной частью всей СЧПУ. Прочитав управляющую программу, она передает команды различным агрегатам станка на выполнение различных последовательных операций, а также взаимодействует с человеком, давая возможность оператору станка следить за продвижением процесса обработки.

Основой подсистемы управления является контроллер, расположенный в корпусе стойки ЧПУ. Стойка имеет кнопочную панель и экран (что вместе называется пользовательским интерфейсом) для ввода и вывода всей требуемой информации.

Самые современные СЧПУ могут быть оснащены САМ-системой, дающей возможность автоматизировать процесс написания УП прямо на станке.

#### *Подсистема приводов*

Подсистема приводов состоит из различных двигателей и винтовых передач для окончательного выполнения команд подсистемы управления. Эта подсистема реализует перемещения исполнительных органов станка.

Ответственными компонентами подсистемы приводов являются высокоточные ходовые винты. Вы, наверное, знаете, что на станке с ручным управлением рабочий, вращая рукоятку, соединенную с ходовым винтом, перемещает рабочий стол. На дне стола укреплен гайка таким образом, что при повороте винта происходит линейное перемещение стола.

Улучшенный ходовой винт станка с ЧПУ осуществляет перемещение исполнительного органа практически без люфтов, что минимизирует трение.

Устранение люфта очень важно по двум причинам. Во-первых, это необхо-

димо для обеспечения сверхточного позиционирования. Во-вторых, только при соблюдении этого условия возможно нормальное попутное фрезерование.

Второй составляющей подсистемы является несколько двигателей. Вращение вала двигателя приводит к повороту ходового винта повышенной точности и линейному перемещению рабочего стола. В конструкции станков используются шаговые электродвигатели и серводвигатели.

Современные станки с ЧПУ не оснащаются шаговыми двигателями. Их сменили серводвигатели, имеющие наиболее сложную конструкцию. Серводвигатели, в отличие от шаговых двигателей, работают стабильно, имеют улучшенные характеристики, но они более сложны в управлении.

Для работы с серводвигателем необходимо наличие специальных контроллеров и устройств обратной связи, что приводит к увеличению стоимости станка.

#### *Подсистема обратной связи*

Главным образом подсистема обратной связи призвана предоставлять подсистеме управления информацию о реальной позиции исполнительного органа станка и о скорости двигателей в данный момент. Подсистема обратной связи может быть открытого или замкнутого типа.

Системы открытого типа регистрируют наличие или отсутствие сигнала из подсистемы управления. Но минус их в том, что они не могут дать информации о реальной позиции исполнительного органа и скорости двигателей, поэтому в современных станках с ЧПУ практически не используются.

Системы замкнутого типа используют внешние датчики для проверки необходимых параметров.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

*ДП 44.03.04.015 ПЗ*

*Вопросы для закрепления изученного материала:*

1. Назовите как минимум три преимущества, которыми обладают станки с ЧПУ.

*Возможный ответ:* Станки с ЧПУ обладают следующими преимуществами по сравнению с универсальными станками: значительное повышение уровня автоматизации производства, производственная гибкость, высокая точность и повторяемость обработки.

2. За счет чего достигается повышение точности обработки?

*Возможный ответ:* Повышение точности обработки достигается за счет высокой точности изготовления и жесткости станка.

3. Дайте определение термина «числовое программное управление».

*Возможный ответ:* Числовое программное управление – это автоматическое управление станком при помощи компьютера и программы обработки.

4. Назовите приводы главного движения станков с ЧПУ.

*Возможный ответ:* Приводами главного движения для станков с ЧПУ обычно являются двигатели переменного тока — для больших мощностей и постоянного тока — для малых мощностей.

5. Назовите подсистемы, на которые можно разделить систему числового программного управления.

*Возможный ответ:* Систему числового программного управления можно разделить на три подсистемы: подсистему управления, подсистему приводов, подсистему обратной связи.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей выпускной квалификационной работе совершенствуется технологический процесс изготовления детали «Корпус вентилятора». Совершенствование технологического процесса изготовления детали ведется с применением современного обрабатывающего центра с числовым программным управлением OKUMA Multus B300W, а также с применением современного металлорежущего инструмента фирм Seco, СКИФ-М, Osawa и выбраны рекомендуемые режимы резания. Так же был разработан фрагмент управляющей программы.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет экономической эффективности после совершенствования базового технологического процесса.

В методической части дипломного проекта проанализирован профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров» и представлена разработка занятия для переподготовки фрезеровщиков 4го разряда на операторов обрабатывающих центров с ЧПУ 3 разряда. Предложенная форма переподготовки способствует обеспечению полного единства педагогической теории и практики.

Таким образом, в ходе дипломного проектирования был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Корпус вентилятора», что является достижением поставленной цели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т.Т. 1.6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение,1982. 736с.
2. Малов А. Н. Справочник технолога машиностроителя [Текст]. Т. 1 / Под ред. А.Н. Малова. В 2т. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972 – 568 с
3. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных спец. Вузов. Минск.: Вышэйш. шк., 1979. 464 с.
4. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова М.: Машиностроение. 1988.- 736с.: ил.
5. Егоров М. Е., Дементьев В. И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения: Учеб. для втузов. Изд. 2-е, доп. М.: Высш. школа, 1976. 534с.
6. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. – пед. ун-та, 2001. – 169 с.
7. Ковка и штамповка: Справочник / т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / Е.И. Семенов [и др.]. - М.: Машиностроение, 1985. - 568 с.
8. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски
9. Гусев А. А. Технология машиностроения: Спец. часть: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / А.А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. М.: Машиностроение,1986. 480 с.
10. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учеб. для студентов машиностр. специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1987.320 с
11. Косилова А. Г. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 1т- 656с.

12. Косилова А. Г. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 2т- 496с.

13. Мирошин Д.Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ [Текст]: Учеб. пособие. / Д.Г. Мирошин, Т.В. Шестакова, О.В. Костина, Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2009. 96 с.

14. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с.:ил.

15. Марков Н.Н. и др. Нормирование точности в машиностроении: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Высш. шк., Издат. Центр «Академия», 2001. 335с.

16. Батышев С.Я., Новиков А.М. (ред.) Профессиональная педагогика: Учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям. Издание 3-е, переработанное. М.: Из-во ЭГВЕС, 2010. - 456 с.

17. Профессиональный стандарт "Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением": [Электронный ресурс]//Документ предоставлен «Консультант Плюс», 2015

18. Сенченко И. Т. Повышение квалификации рабочих на производстве: педагогический аспект [] : [монография] / И. Т.Сенченко. -Москва : Педагогика, 1989. - 112 с

19. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения: Учебное пособие. – 4-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2005. 155 с

20. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах) [Текст]: учеб. Пособие /Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 66 с.

21. Великанов К. М. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник. Под ред. д-ра экон. наук проф. К.М. Великанова. Л.:«Машиностроение», 1975.432 с

22. Мягков В. Д. Допуски и посадки: Справочник [Текст] Ч. 1 / Под ред. В.Д. Мягкова. В 2-х ч. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 – 544 с.

23. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] / П.А Руденко. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985.- 255с.

24. Справочные по холодной штамповке. – 6-е изд. перераб. и доп. – Л.: Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с., ил.

25. Электронный каталог «Skif-M» - Монолитные твердосплавные фрезы, 2015

26. Электронный каталог «Skif-M» - Торцевые фрезы, 2015

27. Электронный каталог «Seco» - Токарная обработка, 2015

28. Электронный каталог «Osawa» - Сверла и фрезы, 2014

29. Электронный каталог «OKUMA» - Интеллектуальные многофункциональные станки Multus B series, 2011

30. Многофункциональные горизонтальные обрабатывающие центры MULTUS: [Электронный ресурс]//Официальный сайт «OKUMA», 2015.

URL:<http://16k20.ru/catalog/vertikalnye-obrabatyvajushhiecentry/v300/>

**Приложение А**

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов
1. Чертеж заготовки	ДП 44.03.04.015.02	A2	1
2. Чертеж детали корпуса вентилятора	ДП 44.03.04.015.01	A2	1
3. Технологический эскиз оп. 005	ДП 44.03.04.015	A1	1
4. Технологический эскиз оп. 010	ДП 44.03.04.015	A1	1
5. Управляющая программа	ДП 44.03.04.015	A1	1
6. Технико-экономические показатели	ДП 44.03.04.015	A1	1

Презентация к занятию на тему: «Устройство станков с ЧПУ»

Слайд 1.

*Устройство станков  
с ЧПУ*

---

5 ТЕМА БЛОКА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ  
ОПЕРАТОРОВ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ С ЧПУ

Слайд 2.

Цели занятия

---

- познакомить с понятием автоматическое управление;
- дать представления о особенностях устройства и конструкции стан-ка с ЧПУ;
- рассмотреть функциональные составляющие ЧПУ.

Слайд 3.

## Станки с ЧПУ - Некоторые модели



Слайд 4.

## Достоинства станков с ЧПУ

- значительное повышение уровня автоматизации производства - вмешательство оператора станка в процесс изготовления детали сводится к минимуму, так как станки с ЧПУ могут работать автономно в течении долгого времени, выпуская продукцию с неизменно высоким качеством;
- производственная гибкость, как показатель того, что для обработки различных деталей нужно просто заменить программу;
- высокая точность и повторяемость обработки - изготовление ведется по одной и той же программе с требуемым качеством обработки, и в результате создаются практически идентичные детали.

Слайд 5.

## Понятие ЧПУ

Числовое программное управление – это автоматическое управление станком при помощи компьютера (который находится внутри станка) и программы обработки (управляющей программы).



Слайд 6.

## Особенности устройства и конструкции станка с ЧПУ

Станки с ЧПУ имеют расширенный набор технологических возможностей при сохранении надежной и стабильной работы. Конструкция станков с ЧПУ обязательно должна обеспечить совмещение различных видов обработки (точение — фрезерование, фрезерование — шлифование), а также быструю и удобную загрузку заготовок, выгрузку деталей, автоматическое управление сменой инструмента.



Слайд 7.

## Шпиндели станков с ЧПУ

Шпиндели станков с ЧПУ изготавливают жесткими и точными, с увеличенной износостойкостью шеек, посадочных и базирующих поверхностей. Устройство шпинделя заметно усложняется из-за встроенных в него средств автоматического разжима и зажима инструмента, датчиков при адаптивном управлении и автоматической диагностике.



Слайд 8.

## Подсистема управления СЧПУ

Подсистема управления является центральной частью всей СЧПУ. Прочитав управляющую программу, она передает команды различным агрегатам станка на выполнение различных последовательных операций, а также взаимодействует с человеком, давая возможность оператору станка следить за продвижением процесса обработки.

Основой подсистемы управления является контроллер, расположенный в корпусе стойки ЧПУ. Стойка имеет кнопочную панель и экран (что вместе называется пользовательским интерфейсом) для ввода и вывода всей требуемой информации.

Слайд 9.

## Подсистема привода СЧПУ

---

Подсистема приводов состоит из различных двигателей и винтовых передач для окончательного выполнения команд подсистемы управления. Эта подсистема реализует перемещения исполнительных органов станка.

Ответственными компонентами подсистемы приводов являются высокоточные ходовые винты. Вы, наверное, знаете, что на станке с ручным управлением рабочий, вращая рукоятку, соединенную с ходовым винтом, перемещает рабочий стол. На дне стола укреплен гайка таким образом, что при повороте винта происходит линейное перемещение стола.

### Слайд 10.

## Подсистема обратной связи СЧПУ

---

Главным образом подсистема обратной связи призвана предоставлять подсистеме управления информацию о реальной позиции исполнительного органа станка и о скорости двигателей в данный момент. Подсистема обратной связи может быть открытого или замкнутого типа.

Системы открытого типа регистрируют наличие или отсутствие сигнала из подсистемы управления. Но минус их в том, что они не могут дать информации о реальной позиции исполнительного органа и скорости двигателей, поэтому в современных станках с ЧПУ практически не используются.