

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОНСОЛЬ» С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиль «Машиностроение и материалобработка»  
специализация «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 807

Екатеринбург 2018

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  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОНСОЛЬ» С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по  
отраслям) профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
профилизации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 807

Исполнитель  
студент гр. ЗТО-503

В. О. Домбровский

Руководитель  
доцент

Т. А. Козлова

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 107 листов печатного текста, 23 иллюстрации, 25 слайдов, 30 таблиц, 31 использованных источника, 3 приложения.

Ключевые слова: КОНСОЛЬ, БАЗОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦ С ЧПУ, РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, ОПЕРАТОР СТАНКОВ С ЧПУ, УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН, МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЯ.

Проектирование технологического процесса механической обработки в условиях среднесерийного производства ведется с учётом применения современного фрезерного-сверлильного обрабатывающего центра с ЧПУ.

Выполнен анализ исходных данных.

Выбран современный высокопроизводительный инструмент.

Выбраны элементы режима резания для всех операций, выполняемых на ОЦ с ЧПУ и нормы времени на изготовление одной детали.

Составлена управляющая программа.

Выполнен расчет сил зажима приспособления.

Приведено экономическое обоснование использования ОЦ с ЧПУ.

Разработано учебное занятие по обучения операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лис</i>	<i>№</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Консоль» на станках с программным управлением	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листо</i>
Разраб.	Домбровский В О						2	107
Пров.	Козлова ТА							
Нормир.	Суриков ВП							
Зав.Каф.	Бородина НВ					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-503		

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА .....	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1. Анализ исходной информации .....	6
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали .....	6
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали .....	9
1.1.3. Определение типа производства .....	12
1.2. Разработка технологического процесса обработки детали «Консоль».....	13
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	13
1.2.2. Выбор технологических баз.....	15
1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей .....	17
1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Консоль» .....	18
1.2.5. Выбор средств технологического оснащения .....	18
1.3. Технологические расчеты .....	33
1.3.1. Расчет припусков .....	33
1.3.2. Расчет технических норм времени .....	39
1.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима) .....	44
1.5. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Консоль» .....	48
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	56
2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	56
2.2. Расчёт капитальных затрат.....	56
2.3. Расчет технологической себестоимости детали .....	59
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА .....	71
3.1. Условия обучения и возможности обучающей организации .....	72

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор- Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» .....	74
3.3. Анализ профессионального стандарта по профессии Оператор- наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ .....	77
3.4. Анализ тематического плана переподготовки операторов- наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ и выбор темы.....	80
3.5. Разработка плана учебного занятия по теме «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ .....	81
3.6. Разработка дидактических средств для занятия .....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	97
Приложение А. Лист задания по дипломному проектированию .....	100
Приложение Б. Перечень листов графических документов.....	102
Приложение В. Комплект технологической документации.....	103

## ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Развитие современного машиностроения претерпевает фундаментальные изменения с новым, качественно отливающимся этапом автоматизации машиностроительного производства.

Автоматизация в машиностроении в первой половине XX века касалась в основном массового производства, и только с появлением в 50-х годах станков с числовым программным управлением автоматизация стала развиваться в единичном, мелко- и среднесерийном производстве.

Поэтому особую актуальность в последние десятилетия приобрела так называемая гибкая автоматизация единичного, мелко- и среднесерийного производства. Это связано с быстрым старением и сменяемостью выпускаемой продукции.

Целью ВКР является проектирование технологического процесса изготовления детали «Консоль» с применением станка с ПУ в условиях среднесерийного производства для повышения эффективности обработки.

Цель ВКР определяет следующие задачи:

- анализ исходных данных;
- проектирование технологического процесса на станке с ПУ;
- разработка содержания операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- расчет сил зажима заготовки в приспособлении;
- анализ профессионального стандарта учебной документации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- разработка методического обеспечения для урока.

В проектируемом технологическом процессе предлагается применить современное оборудование с ПУ и прогрессивный режущий инструмент, что позволит повысить производительность и качество обработки, и получить конкурентоспособную себестоимость изготовления детали.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Анализ исходной информации

К исходной информации относятся: рабочий чертёж детали «Консоль», рабочий чертёж заготовки. Тип производства – среднесерийный.

Для проектирования технологического процесса необходимы данные имеющиеся в справочниках и нормативах машиностроения.

### 1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Консоль» является консольной опорной деталью, служащей для крепления на вертикальной плоскости выступающих или выдвинутых в горизонтальном направлении частей машин, она выполнена из легированной стали для отливок 35ХГСЛ.

По своей конструкции деталь «Консоль» представляет собой инертное тело, крепящееся на вертикальной плоскости благодаря выполненным 4 отверстиям диаметром 8,5 мм.

Габаритные размеры детали 215x92x90 масса 1,74 кг. Деталь тонкостенная имеет сложный профиль, большое количество отверстий, повышенные требования к взаимному расположению поверхностей. Во время работы механизма деталь «Консоль» испытывает статические нагрузки.

Деталь «Консоль» выполнена из материала - сталь легированная 35ХГСЛ: Х – хром, Г – марганец, С – кремний, 0,35% - процентное содержание углерода, до 1% - процентное содержание хрома, марганца и кремния, Л - литейная.

Сталь для отливок марки 35ХГСЛ применяется: для изготовления зубчатых колёс, осей, валов, муфт и других ответственных деталей, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

Химический состав материала, механические и физические свойства

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

указаны в таблицах 1, 2 и 3.

Таблица 1 - Химический состав 35ХГСЛ ГОСТ 977-88, %

С	Si	Mn	Ni	Cu	S	P	Cr
Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Медь	Сера	Фосфор	Хром
0,3-0,4	0,6-0,8	до 1,0	до 0,3	до 0,3	до 0,04	до 0,04	До 0,3

Таблица 2 - Механические свойства при T=20° С стали 35ХГСЛ

Марка материала	Предел кратковременной прочности $\sigma_b$ , МПа	Относительно удлинение при разрыве $\delta$ , %
Сталь 35ХГСЛ	600	14

Твердость 35ХГСЛ после закалки и отпуска ГОСТ 1583-93 НВ=217-269

Таблица 3 - Физические свойства стали 35ХГСЛ

T	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	$\lambda$	$\rho$	C	$R \cdot 10^9$
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2,15		36	7800		311
100	2,11	11,8	37		496	343

Литейные свойства по ГОСТ 977-88:

Показатель трещиностойчивости,  $K_{т.у.}=2,2...2,3$ ;

Жидкотекучесть,  $K_{ж.т.}=0,7$ ;

Склонность к образованию усадочной раковины,  $K_{у.р.}=0,9$ ;

Склонность к образованию усадочной пористости,  $K_{у.п.}=1,1$ .

Данная сталь оптимально подходит для изготовления детали «Консоль».

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

На рисунке 1 показана 3D модель детали «Консоль».

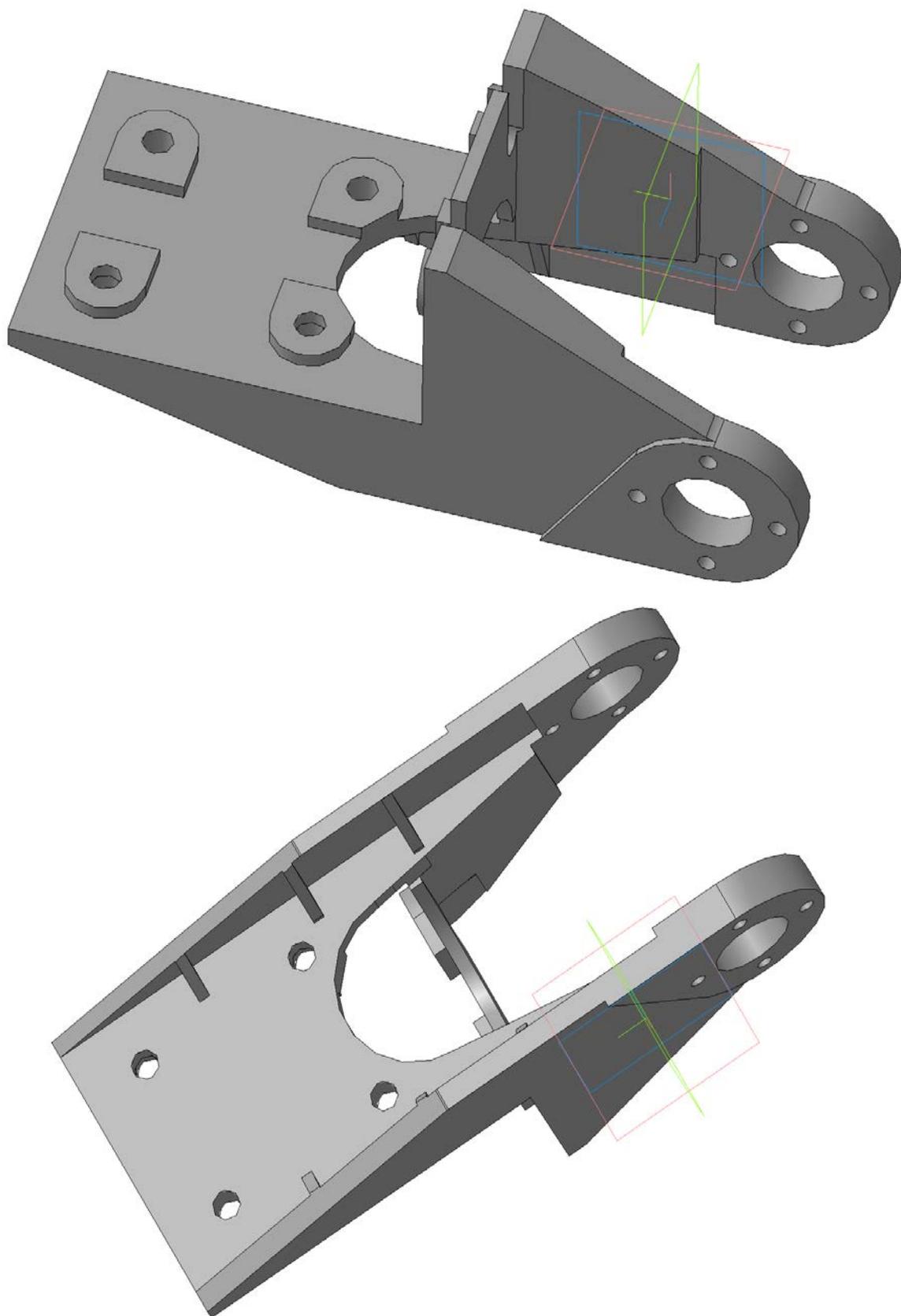


Рисунок 1 – 3D модель детали «Консоль»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.807.ПЗ

Лист

8

### 1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия производится с целью повышения производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства.

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный.

#### *Качественная оценка технологичности детали*

##### Достоинства:

- конфигурация детали и её материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объём механической обработки;

- при конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства;

- предусмотрена удобная и надёжная технологическая база в процессе обработки;

- деталь допускает обработку поверхностей на проход;

- предусмотрена возможность удобного подвода жёсткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;

- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;

- для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только точных поверхностей.

##### Недостатки:

- ограниченность применения оборудования, так как деталь имеет сложную конфигурацию поверхностей.

При качественной оценке доминируют положительные характеристики, поэтому можно считать, что конструкция детали технологична.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

### Количественная оценка технологичности детали

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведём в таблицы 4 и 5:

где  $T_i$  – квалитеты;

$Ш_i$  – значение параметра шероховатости;

$n_i$  – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

Определим коэффициент точности по [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 - Определение коэффициента точности

$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$
7	6	42
11	1	11
13	2	26
14	16	224
	$\Sigma n_i = 25$	$\Sigma T_i \cdot n_i = 303$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{303}{25} = 12,12$$

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,12} = 0,917$$

т. к.  $K_{Tч} = 0,917 > 0,8$ , то деталь по данному показателю технологична.

Определение коэффициента шероховатости по [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 5.

Таблица 5 - Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	$n_i$	$Ш_i \cdot n_i$
2,5	2	5
3,2	4	12,8
6,3	18	113,4
	$\Sigma n_i = 30$	$\Sigma Ш_i \cdot n_i = 131,2$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{131,2}{30} = 4,37$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} = 1 - \frac{1}{4,37} = 0,771$$

т. к.  $K_{ш} = 0,771 > 0,32$  следовательно, деталь по данному показателю технологична.

Коэффициент использования материала [5, с. 29]:

$$K_M = \frac{m_{ДЕТ}}{m_{ЗАГ}} = \frac{1,74}{2,51} = 0,693$$

Высокий коэффициент использования материала говорит о том, что вероятный первоначальный вариант получения заготовки оптимален (литьё в песчаные формы) и его следует заменить на другой более производительный способ получения заготовки, например – литьё по выплавляемым моделям.

#### *Формулировка основных технологических задач*

В основные технологические задачи входит [5, с. 37]:

- Обеспечить точность обработки: отверстий М по 7Н, отверстия  $\varnothing 25$  по 7-му качеству; размер 70 мм по 11-му качеству; размеры 11мм и 92мм по 13-му качеству, остальные размеры по 14-му качеству;

- Обеспечить качество поверхностей: отверстия  $\varnothing 25H7$  по Ra2,5мкм; поверхности 11мм и 92мм по Ra 3,2мкм; остальных поверхностей по Ra6,3мкм.

- Обеспечить допуск перпендикулярности бобышек R12,5 относительно в пределах 0,10 мм;

- Обеспечить допуск параллельности двух бобышек R12,5мм относительно общей оси отверстий  $\varnothing 25H7$  в пределах 0,05 мм;

- Обеспечить допуск перпендикулярности боковых поверхностей 92h13 относительно общей оси отверстий  $\varnothing 25H7$  в пределах 0,1 мм, допуск зависимый;

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

- Обеспечить допуск позиционирования отверстий М5-7Н относительно общей оси отверстий  $\varnothing 25H7$  в пределах 0,4 мм на диаметр, допуск зависимый;

- Обеспечить допуск позиционирования отверстий  $\varnothing 8,5$  в пределах 0,5 мм на диаметр, допуск зависимый;

- Обеспечить покрытие поверхностей Ц9ХР.

### 1.1.3. Определение типа производства

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций ( $K_{30}$ ) [5, с. 33]:

Тип производства  $K_{30}$

Массовое.....1

Серийное:

Крупносерийное.....св. 1 до 10

Среднесерийное.....св. 10 до 20

Мелкосерийное.....св. 20 до 40

Единичное.....св. 40

Таблица 6 - Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг.	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	<10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000- 50 000	50 000-100 000	100000
2,5-5,0	<10	10- 500	500- 35000	35 000- 75 000	75000
5,0-10	<10	10- 300	300- 25000	25 000- 50 000	50000
>10	<10	10- 200	200- 10000	10000- 25000	25000

При массе детали  $m_{дет}=1,74$  кг и годовой программе выпуска  $N=1100$ шт., предварительно примем тип производства - среднесерийное.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от объема выпуска

изделий серийное производство делится на: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с ЧПУ. Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, повышается производительность, и время изготовления детали уменьшаются. Оборудование располагается по ходу технологического процесса. В серийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированы.

Квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (1)$$

где  $a$  – периодичность поступления заготовок,  $a=3$  дня [5, с. 33].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1100 \cdot 3}{254} = 13 \text{ шт.}$$

## 1.2. Разработка технологического процесса обработки детали «Консоль»

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

Исходные данные:

- масса детали 1,74кг;
- габариты детали 90x92x215мм;
- материал 35ХГСЛ ГОСТ 977-88 ( $\sigma_B=600$ МПа);
- годовое число деталей 1100 шт.

Выбираем способ получения заготовки – литьё по выплавляемым моделям [17].

Литье по выплавляемым моделям – это процесс, в котором для получения отливки применяются разовые точные неразъемные керамические оболочковые формы, полученные по разовым моделям с использованием жидких формовочных смесей. Перед заливкой расплава модель удаляется из

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

формы выплавлением, выжиганием, растворением или испарением. Для удаления остатков модели и упрочнения формы ее нагревают до высоких температур. Прокалкой формы перед заливкой достигается практически полное исключение ее газотворности, улучшается заполняемость формы расплавом [17].

Модель или звено моделей изготавливают в разъемной пресс-форме, рабочая полость которой имеет конфигурацию и размеры отливки с припусками на усадку модельного состава и материала отливки, а также обработку резанием. Модель изготавливают из материалов, либо имеющих невысокую температуру плавления (воск, стеарин, парафин), либо способных растворяться (карбамид) или сгорать без образования твердых остатков (полистирол) [17].

Готовые модели или звенья моделей собирают в блоки, имеющие модели элементов литниковой системы из того же материала, что и модель отливки. Блок моделей состоит из звеньев, центральная часть которых образует модели питателей и стояка. Модели чаши и нижней части стояка изготавливают отдельно и устанавливают в блок при его сборке.

Достижимый коэффициент точности отливок по массе ( $K_{TM} = 0,85 - 0,95$ ) способствует резкому сокращению объемов обработки резанием и отходов металла в стружку.

Точность отливок может соответствовать классам точности по ГОСТ 26645-85, припуски на обработку резанием для отливок размером до 50 мм обычно не превышают 1 мм, а для отливок размером до 500 мм – около 3 мм.

Поэтому литье по выплавляемым моделям относится к прогрессивным материалу - и трудосберегающим технологическим процессам [17].

Производство отливок по выплавляемым моделям находит широкое применение в разных отраслях машиностроения и в приборостроении.

Масса заготовки – 2,51 кг.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

### 1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительного положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, выбор режущих и мерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки.

Исходными данными для выбора баз являются:

- чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями;
- вид и точность заготовки;
- условия расположения и работы детали в машине.

К основным принципам и требованиям, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз, относятся следующие:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т.е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии;
- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы;
- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

Выделяют основные и вспомогательные базы, черновые и чистовые базы.

К основным технологическим базам относят плоскости бобышек R12,5, отверстия  $\varnothing 8,5$  и 2 паза шириной 9мм.

К вспомогательным базам относят отверстия  $\varnothing 25H7$  и отверстия M5-7H.

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, когда отсутствуют обработанные плоскости.

В нашем случае черновой базой будет торец **А** (лишает деталь трёх степеней свободы – одного перемещения и двух вращений) и поверхность **Б**

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15



### 1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей

На рисунке 4 обозначим обрабатываемые поверхности и назначим на них методы обработки.

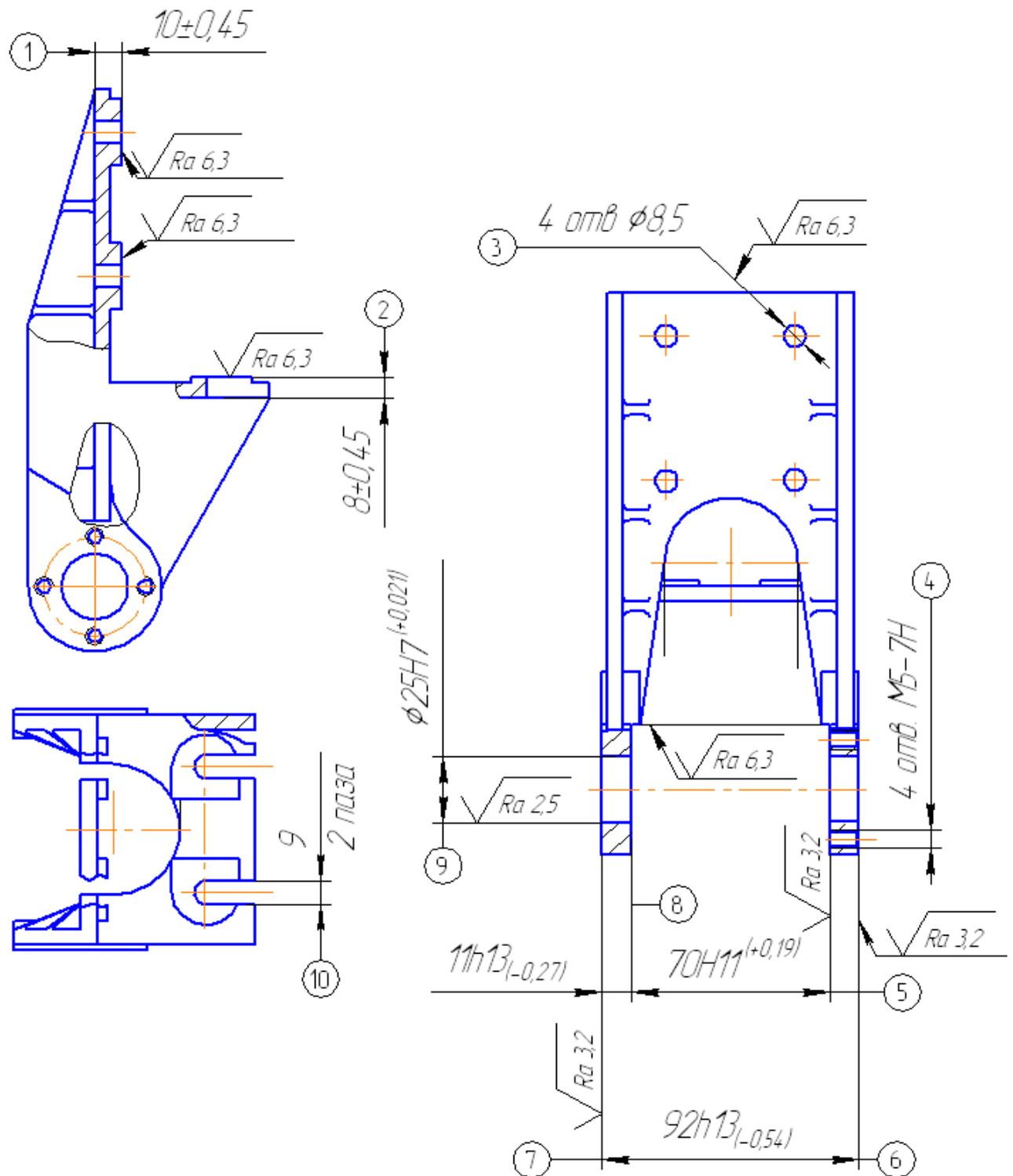


Рисунок 4 – Эскиз детали «Консоль»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.807.ПЗ

Лист

17

Методы обработки будем выбирать по таблицам экономической точности [1, с. 150 табл. 3]:

- плоскости 1 и 2 – фрезерование однократное;
- отверстие 3 – сверление;
- отверстия 4 – сверление и нарезание резьбы;
- плоскости 5 и 8 – фрезерование однократное;
- плоскости 6 и 7 – фрезерование однократное;
- отверстие 9 – растачивание черновое, чистовое, тонкое;
- пазы 10 – фрезерование однократное;

#### **1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Консоль»**

Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Консоль» заключается в том, что наряду с универсальным металлорежущим оборудованием применяется станки с ЧПУ, а также применение современного инструмента.

Технологический маршрут обработки детали «Консоль» представлен в таблице 7. Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунке 4.

Таблица 7 – Технологический маршрут обработки детали «Консоль»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Фрезеровать поверхность	1
	Фрезеровать поверхность	2
	Фрезеровать пазы	10
	Сверлить 4 отверстия	3
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б	Фрезеровать поверхности	6, 7
	Фрезеровать поверхность	5, 8
	Сверлить 8 отверстий под резьбу	4
	Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях	4
	Расточить 2 отверстия	9

### **1.2.5. Выбор средств технологического оснащения**

#### *Выбор и описание оборудования*

Выбор типа станка сочетается с его возможностями обеспечить технические требования, формы и качества обрабатываемых поверхностей.

При выборе станка особое внимание следует обратить на использование обрабатывающих центров с ЧПУ, являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в машиностроении. Выбор типа станка необходимо сопоставить с его возможностями обеспечить технические требования, формы и качество обрабатываемых поверхностей.

Выбор оборудования для операционной обработки детали предлагается выполнять по следующим условиям:

- габариты и размеры станка должны поддерживать размеры обрабатываемой детали;
- выбранное оборудование должно обеспечивать заданные требования по точности и качеству поверхностей детали;
- станок должен позволять вести обработку детали на оптимальных режимах обработки;
- оборудование должно поддерживать данный тип производства.

Основным принципом выбора оборудования является экономичность процесса обработки. Эффективней применять оборудование, которое поддерживает наименьшую трудоемкость и себестоимости обработки детали.

Для выбора оборудования необходимо пользоваться паспортами станков, каталогами или номенклатурными справочниками.

В дипломном проекте предлагается использовать высокоскоростной и высокоточный 5-осевой вертикальный обрабатывающий центр серии MU-500 VA-L с быстрым изменением угла наклона качающегося стола (более высокая жесткость конструкции, по сравнению со столами «глобусного» типа). MU предназначен для комплексной обработки деталей из различных

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

материалов, в том числе, и высоколегированных, закаленных сталей с твердостью поверхности HRC 58 ÷ 60.

Совмещение в одной операции фрезерных и сверлильно-расточных работ позволяют резко сократить количество необходимой оснастки и трудоемкость изготовления деталей. Технические возможности станка обеспечивают высокую производительность и точность при любом типе производства: от единичного и опытного до серийного. Станок данной модели нашел широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе в инструментальном производстве, при обработке штампов и пресс-форм.

Станок выбираем так, чтобы:

- выдерживалось соответствие основных размеров станка габаритными размерами детали;

- при изготовлении деталей должны выдерживаться заданные параметры по точности изготовления и чистоте обрабатываемых поверхностей детали.

Технические характеристики обрабатывающего центра с ЧПУ серии MU 500 VA-L:

Величина осевых перемещений:

X — ось (горизонт. перемещ. суппорта), мм ..... 1250

Y — ось (перемещ. стола вперед/назад), мм ..... 660

Z — ось (перемещ. шпинделя вертикально), мм ..... 540

A — ось (наклон стола), градусы ..... +20....-110

C — ось (поворот стола), градусы ..... 360

Размеры стола, диам. мм ..... 500

Максимальный размер заготовки, мм ..... 730x500

Поворотный стол в режиме токарной обработки (C-ось),  
об/мин ..... 1000

Частота вращения шпинделя, об/мин ..... 8000

Ступени регулирования.....бесступенчатое  
 Конус шпинделя ..... NSK A63  
 Емкость магазина инструментов, шт ..... 20  
 Мощность мотор-шпинделя (10 мин/пост), кВт ..... 11

На рисунках 5 и 6 изображён обрабатывающий центр с ЧПУ модели MU-500VA-L.



Рисунок 5 – Обрабатывающий центр с ЧПУ модели MU-500VA-L

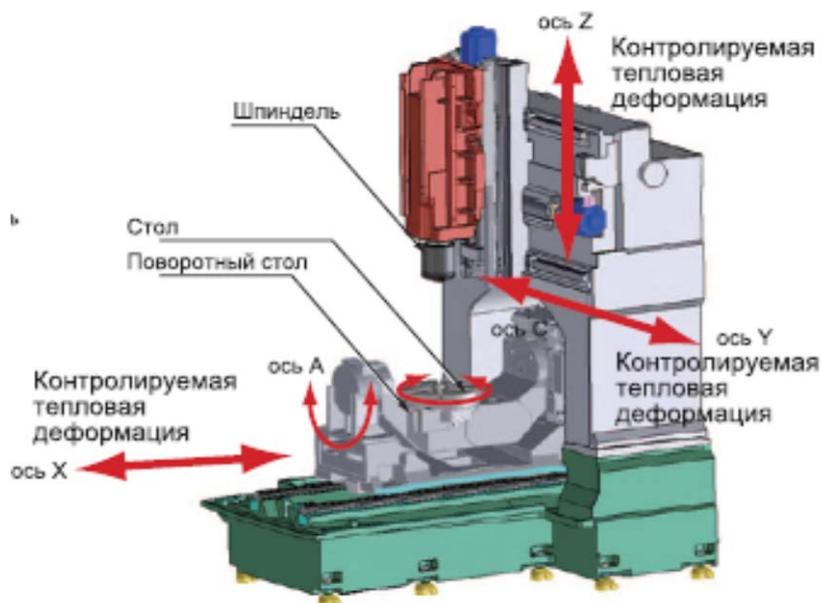


Рисунок 6 – Обрабатывающий центр с ЧПУ модели MU-500VA-L с указанием основных движений (без защитного кожуха)

В таблице 8 кратко опишем технологию механической обработки детали с использованием фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ.

Таблица 8 – Краткий технологический процесс механической обработки детали «Консоль»

№ опер	Содержание операции	Оборудование
005	<p style="text-align: center;"><u>Установ А</u></p> 1.Фрезеровать поверхности 1. 2.Фрезеровать поверхности 2. 3.Фрезеровать пазы 10. 4. Сверлить 4 отв. 3.	MU-500VA-L
005	<p style="text-align: center;"><u>Установ Б</u></p> 1.Фрезеровать поверхности 6 и 7. 2.Фрезеровать поверхности 5 и 8. 3.Сверлить 8 отв. 4 под резьбу. 4.Нарезать резьбу в 8-ми отв. 4. 5. Расточить 2 отв. 9.	MU-500VA-L

Выбранное оборудование позволит обеспечить весь цикл механической обработки детали за два установка с необходимым качеством.

*Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания*

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «Pramet». Данный инструмент имеет оптимальное соотношение цена-качество и позволяет выполнить обработку детали с необходимой точностью.

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «Pramet» [13, 14, 15].

При выборе инструмента и «начальных» режимов резания, первым делом, необходимо определить принадлежность обрабатываемого материала

к одной из шести групп. Эта классификация материалов ведется в соответствии со стандартом ISO 513: представители (материалы) каждой группы вызывают в процессе их обработки качественно одинаковый тип нагрузки на режущую кромку, и, соответственно, подобный тип износа.

Сталь 35ХГСЛ относится к группе материалов P-2 [14, с. 65].

Фрагмент каталога «Pramet» для выбора элементов режима резания показан на рисунке 7.



Группа	Подгруппа	Определение подгруппы	Пример	№ операции по стандарту
<b>P</b>	P1	Легкообрабатываемая сталь и стальное литье, низкоуглеродистые стали	ČSN 11 109	1,33
	P2	Нелегированные и низколегированные стали со средним содержанием углерода (0,25 <C<0,55) с прочностью до 900 МПа, твердость 160-255 НВ	ČSN 12 050	1,00
	P3	Сложнообрабатываемые нелегированные стали и стальное литье со средним содержанием углерода, с пределом прочности до 1000 МПа, твердость до 300 НВ	ČSN 15 340	0,80
	P4	Средне- и высоколегированная литая сталь и сталь с содержанием углерода более 0,55; упругостью до 1270 МПа и твердостью 375 НВ (40 HRC)	ČSN 19 436	0,60
<b>M</b>	M1	Коррозионнотойкая ферритная сталь	ČSN 17041	1,09
	M2	Коррозионнотойкая мартенситная сталь	ČSN 17042	1,06
	M3	Коррозионнотойкая аустенитная сталь	ČSN 17 247	1,00

Рисунок 7 – Выбор группы материала для стали 35ХГСЛ из каталога фирмы «Pramet»

### Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

#### Установ А (позиция I)

Переход 1. Фрезеровать поверхность 1 (рис. 4).

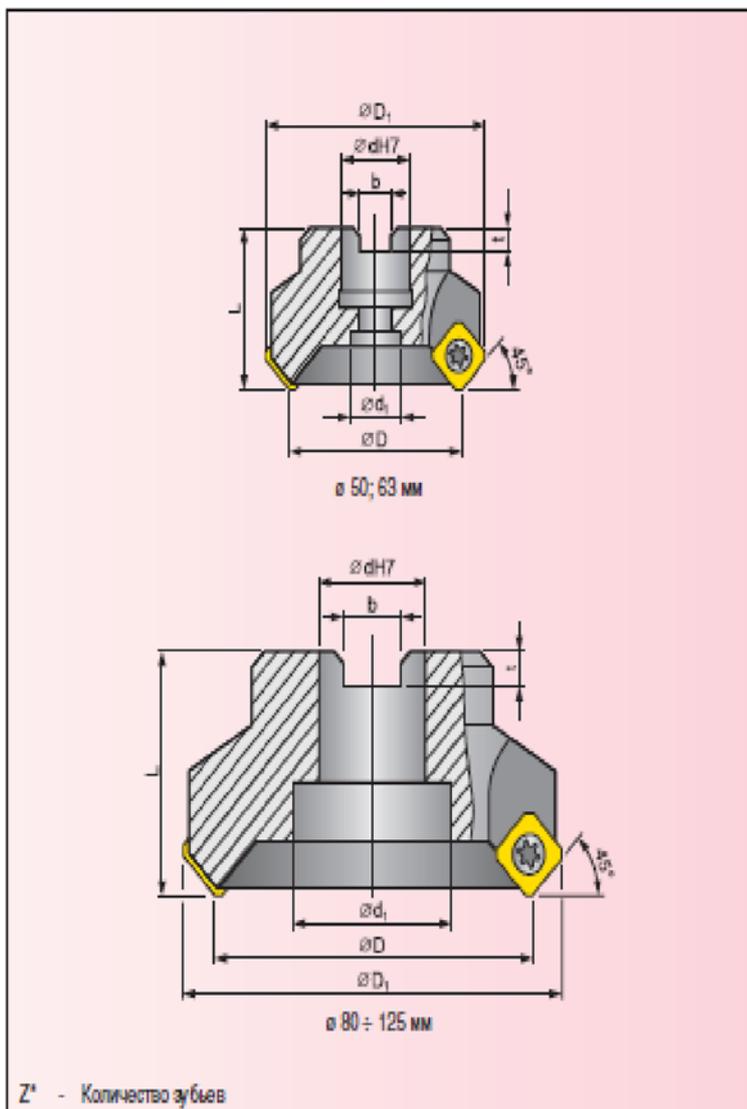
Выбираем фрезу торцевую 100B06R-S45SE12F-A (рис. 8) [13, с. 30]:

где 100 – диаметр фрезерования (100мм), B – тип фрезы, 06 – число зубьев (пластин), R – направление резания (правое), S – способ крепления пластины (через отверстие винтом), 45 – главный угол в плане, S – форма пластины (ромб 75°), E – задний угол в плане (20°), 12 – длина режущей кромки

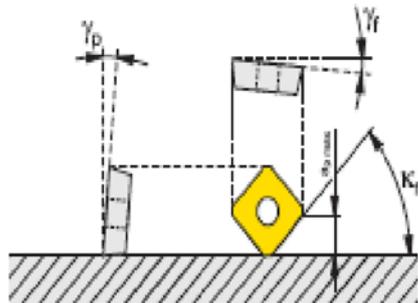


# S45SE12F

## ФРЕЗЫ ТОРЦОВЫЕ СВЕРХ-ПОЗИТИВНЫЕ



$\gamma_p$	+18°	$\kappa_r$	45°
$\gamma_f$	-6°	$a_{\text{плж}}$	6,5 мм



ISO	Ассоциация	Размеры												
		D	dH7	d <sub>1</sub>	L	D <sub>1</sub>	b	t	Z*	-	-	-	Охлаждение	[кг]
50A04R-S45SE12F-A	●	50	22	18	40	65	10,4	6,3	4					0,80
63A05R-S45SE12F-A	●	63	22	18	40	78	10,4	6,3	5					1,10
80B05R-S45SE12F-A	●	80	27	38	50	95	12,4	7,0	5					1,30
100B06R-S45SE12F-A	●	100	32	45	50	115	14,4	8,0	6					2,00
125B07R-S45SE12F-A	●	125	40	56	63	140	16,4	9,0	7					2,70

Рисунок 9 – Выбор фрезы торцевой

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.807.ПЗ

Лист

25



СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ ФРЕЗ

**ФРЕЗЫ НАСАДНЫЕ**  
ISO 11529-2  
DIN ISO 11529-2

**2**  
тип фрезы, вид и размер посадочной поверхности

A ISO 6462A  
Ø от 40 до 125  
См. 22 2307A

B ISO 6462B  
Ø от 40 до 125  
См. 22 2307B

C ISO 6462C  
Ø от 40 до 125  
См. 22 2307C

F ød = 27  
G ød = 32  
H ød = 40  
J ød = 50  
K ød = 60  
M ød = 80

T

1	2	3	4
160	H	16	N
250	C	16	R

**6**  
главный угол в плане

K, 90°  
K, 75°  
K, 60°  
K, 45°  
K, MO

**10**  
задний угол зачистной фаски

N α<sub>10</sub> = 0°  
P α<sub>10</sub> = 11°  
D α<sub>10</sub> = 15°

E α<sub>10</sub> = 20°  
F α<sub>10</sub> = 25°

**11**  
длина (ширина) режущей кромки

D [мм]  
L [мм]

5	6	7	8	9	10	11
S	90	S	N	12	N	12
W	45	S	E	12	F	

**1**  
диаметр резания Ø [мм]

**4**  
направление резания

**5**  
способ крепления

**3**  
число зубьев (пластин)

**7**  
форма пластины

**9**  
размер пластины или длина режущей кромки

	S	C	T	W	R	A
d [мм]						09/11
6,35						
7,94				95		
8,00					08	
9,525	09	09	16	95		12
10,00					10	
12,00					12	
12,70	12	12	22	95		16
15,875	15					
16,00					16	
25,00					25	
25,40	25					

**8**  
форма пластины

N α<sub>8</sub> = 0°  
C α<sub>8</sub> = 7°  
P α<sub>8</sub> = 11°

D α<sub>8</sub> = 15°  
E α<sub>8</sub> = 20°  
F α<sub>8</sub> = 25°

1	1a	3	4	2a	3a	4a	5	7	8	9 (11)	10
63	J	4	R	150	H	50	S	SA	P	95	
32	A	4	R	042	B	32	S	A	D	11	E

**ФРЕЗЫ КОНЦЕВЫЕ**  
ISO 7848  
DIN ISO 11529-2

**1a**  
тип фрезы и главный угол в плане

**2a**  
длина вылета [мм]

**3a**  
тип хвостовика

A DIN 1635-1

B ISO 3338-2  
DIN 1635-2  
См. ISO 3338-2

E ISO 296  
DIN 2284-1  
См. ISO 296

G ISO 297  
DIN 2060-1  
См. ISO 297

X См. ISO 297

H ISO 6871-1  
DIN 6871-1  
См. 22 0434

**4a**  
размер хвостовика

	øD	ød
A	60 + 32	16 + 32
B	øD	ød
	18, 12, 16	16
	25	20
	30, 40	30
E	øD	MOCKER No.
	18, 12, 16	32
	20, 25, 32	33
	40	34
G	øD	7,24 No.
	32, 40	48
	50, 60	
H	øD	7,24 No.
	32, 40	48
	50, 60	56



Рисунок 12 – Система обозначения фрезы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЦЕЛЬНЫЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ

Исполнение вершины режущего зуба								
Изображение								
Число зубьев								
Страница	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	22 - 23	24 - 25
Обозначение	E2S N NEPU	E2R L NEPU	E2S N SUDA	E2S N KEVA	E3S N NEPU	E3S N SUMA	E3S L SUMA	E3S X SUMA
Геометрия	<b>15</b> HARD ANGLE	<b>15</b> HARD ANGLE	<b>10</b> HARD ANGLE	<b>3</b> HARD ANGLE	<b>15</b> HARD ANGLE	<b>10</b> HARD ANGLE	<b>10</b> HARD ANGLE	<b>10</b> HARD ANGLE
Доступные диаметры	3,0 - 20,0	6,0 - 20,0	1,0 - 12,0	1,5 - 12,0	3,0 - 20,0	1,5 - 20,0	3,0 - 20,0	3,0 - 20,0
Операция								
P < 30 HRC				<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
P 30 - 45 HRC				<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
M						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
K				<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
N	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
S						<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
H 45 - 55 HRC				<input checked="" type="checkbox"/>				
H 55 - 65 HRC								

■ - основное применение    □ - условное применение

в



Рисунок 13 – Система обозначения концевых фрез

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.807.ПЗ

Лист

28

Переход 2. Фрезеровать поверхность 2 (рис. 4).

Выбираем тип фрезы E3S N SUMA – фреза универсальная для обработки материалов групп P, M, N, S [15, с. 8]. На рисунке 13 показан выбор типа фрезы из каталога «Pramet» [15, с. 8]. На рис. 14 показана расшифровка инструмента.

Окончательно выбираем фрезу 20E3S100-38A20 SUMA [15, с. 21], где 20 – диаметр фрезы, E – концевая фреза с перекрытием центра, 3 – число зубьев, S – для черновой обработки, 100 – общая длина фрезы (мм), 38 – длина режущей части, A – тип хвостовика (цилиндрический), 20 – диаметр хвостовика (мм) [13, с. 150-151].

На рисунке 14 показана фреза E3S N SUMA.

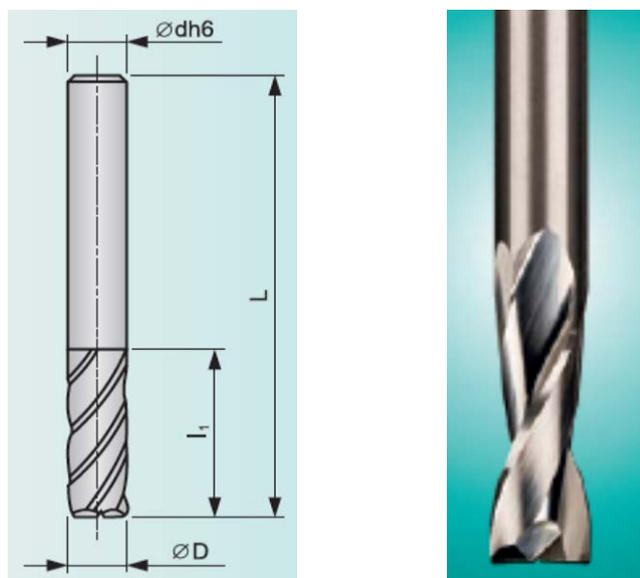


Рисунок 14 - Фреза концевая E3S N SUMA

Размеры фрезы (рис. 12):  $D=20\text{мм}$ ,  $d=20h6$ ,  $l_1=38\text{мм}$ ,  $L=100\text{мм}$  [12, с. 13].

Рекомендуемые режимы резания:  $f_z=0,06\text{мм/зуб}$ ,  $V_c=80\text{м/мин}$ ,  $n=1274\text{об/мин}$ ,  $a_{p\text{max}}=6,4\text{мм}$  [15, с. 20].

Переход 3 (позиция II). Фрезеровать 2 паза 10 (рис. 4).

Выбираем фрезу 08E3S64-20A08 SUMA [15, с. 21] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания:  $f_z=0,05\text{мм/зуб}$ ,  $V_c=80\text{м/мин}$ ,

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.807.ПЗ				

$n=3185\text{об/мин}$ ,  $a_{p\max}=8,0\text{мм}$  [15, с. 20].

Переход 4 (позиция I). Сверлить последовательно четыре отверстия 3 (рис. 4).

Сверло 303DA-8.5-35-A10 [14, с. 13] (рис. 15),

где 3 – монолитное сверло, 03 – глубина сверления ( $3 \cdot D$ ),  $D$  – обычное сверло, А – внутренний подвод СОЖ, 8.5 – диаметр сверла (8,5мм), 35 – глубина сверления (35мм), А – тип хвостовика (цилиндрический), 10 – диаметр хвостовика [14, с. 5].

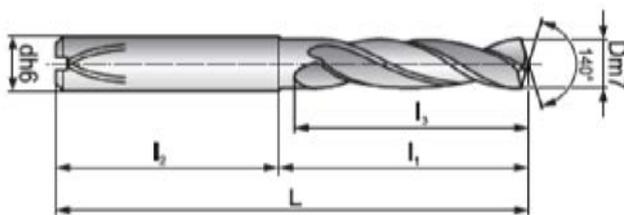


Рисунок 15 – Сверло 303DA

Размеры сверла:  $Dm=8,5\text{мм}$ ,  $d=10h6$ ,  $L=89\text{мм}$ ,  $l_1=49\text{мм}$ ,  $l_2=40\text{мм}$ ,  $l_3=47\text{мм}$  [14, с. 13].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 48]:  $f=0,25\text{ мм/об}$ ,  $V_c=120\text{м/мин}$ .

### Установ Б

Переход 1. Фрезеровать поверхности 6 и 7 (рис. 4).

Выбираем фрезу торцевую 63A05R-S45SE12F-A (рис. 8) [13, с. 30]:

Размеры фрезы (рис. 9):  $D=63\text{мм}$ ,  $d=22H7$ ,  $d_1=18\text{мм}$ ,  $D_1=78\text{мм}$ ,  $L=40\text{мм}$ ,  $b=10,4\text{мм}$ ,  $t=6,3\text{мм}$ ,  $Z=5$  [13, с. 30].

Сменная многогранная пластина SEET 1204AFSN 2230 [13, с. 31].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_{p\max}=6,5\text{мм}$  [13, с. 30],  $f=0,15...0,4\text{ мм/зуб}$ ,  $V_c=295\text{м/мин}$  [12, с. 268-269].

Переход 2 (позиция II). Фрезеровать поверхности 5 и 8 (рис. 4).

Выбираем фрезу 20E3S125-57A20 SUMA [15, с. 23] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания:  $f_z=0,06\text{мм/зуб}$ ,  $V_c=115\text{м/мин}$ ,  $n=637\text{об/мин}$ ,  $a_{p\max}=6,4\text{мм}$  [15, с. 20].

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.807.ПЗ					

Переход 3 (позиция I). Сверлить последовательно 8 отв. 4 под резьбу (рис. 4).

Сверло 303ТА-4.3-13.6-С45А06 [14, с. 24] (рис. 16).

Размеры сверла:  $D_m=6\text{мм}$ ,  $d=10\text{h}6$ ,  $L=66\text{мм}$ ,  $l_1=30\text{мм}$ ,  $l_2=36\text{мм}$ ,  $l_3=24\text{мм}$  [14, с. 24].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 48]:  $f=0,15\text{ мм/об}$ ,

$V_c=90\text{м/мин}$ .

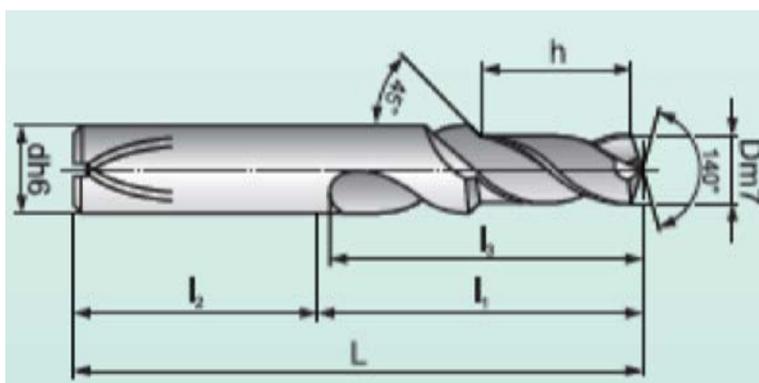


Рисунок 16 – Сверло 303ТА

Переход 4. Нарезать резьбу последовательно в 8-ми отверстиях 4 (рис. 4).

Резьбофреза J2003.2x7 [14, с. 6] (рис. 17).

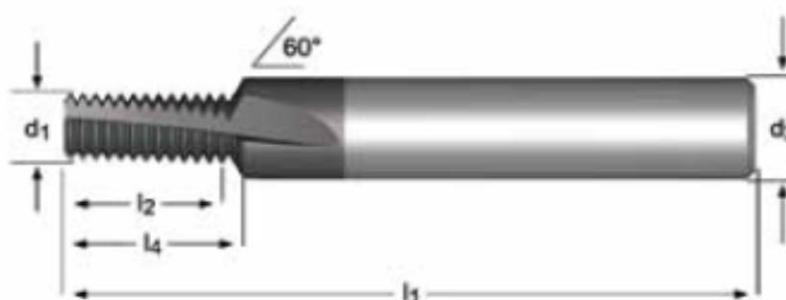


Рисунок 17 – Резьбофреза J200

Размеры резьбофрезы:  $d_2=6\text{мм}$ ,  $d_1=3,2\text{мм}$ ,  $L=79\text{мм}$ ,  $l_1=57\text{мм}$ ,  $l_2=8,4\text{мм}$ ,  $l_4=9,5\text{мм}$ ,  $Z=3$  [14, с. 6].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 18]:  $f=0,07\text{ мм/об}$ ,  $V_c=110\text{м/мин}$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.807.ПЗ

Лист

31

Переход 5. Расточить предварительно 2 отверстия 9 (рис. 4).

Расточная головка для черновой обработки D02275 400 [14, с. 73] (рис. 19). Размеры головки:  $D=22\text{мм}$ ,  $D_1=12\text{мм}$ ,  $L=34\text{мм}$  [14, с. 73].

Сменная вставка CCMT 060204E-FM T9325 [14, с. 95].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 131]:  $f=0,25\text{ мм/об}$ ,  $V_c=90\text{м/мин}$ .

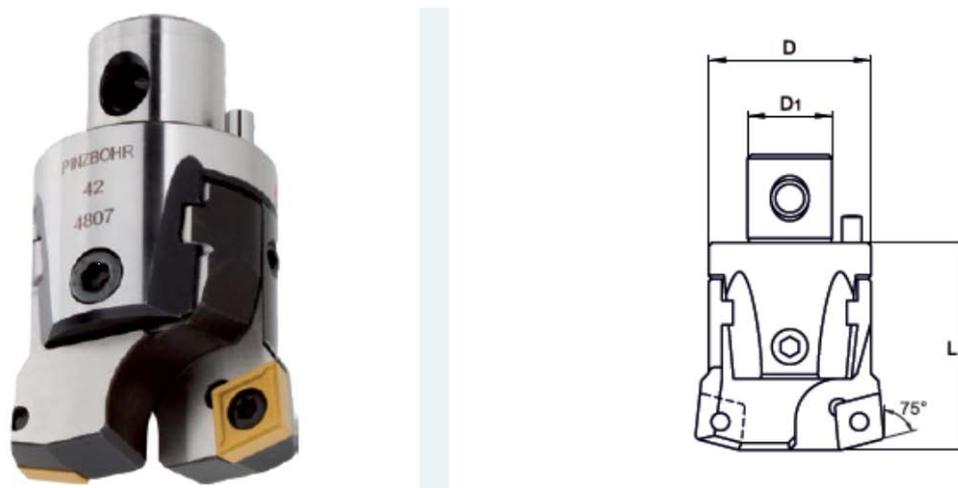


Рисунок 18 – Расточная головка для черновой обработки

Переход 6. Расточить окончательно 2 отверстия 9 (рис. 4).

Расточная головка для чистовой обработки A02275 400 [14, с. 79] (рис. 18). Размеры головки:  $D=22\text{мм}$ ,  $D_1=12\text{мм}$ ,  $L=34\text{мм}$  [14, с. 79].

Сменная вставка CCMT 060202E-FM T9325 [14, с. 95].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 131]:  $f=0,05\text{ мм/об}$ ,  $V_c=110\text{м/мин}$ .

Элементы режимов резания сведем в таблицу 9.

Таблица 9 - Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	Sm, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6
<b>Операция 005 Комбинированная с ЧПУ</b>					
<b>Установ А</b>					
Переход 1	3,0	1,2	1127	939	295
Переход 2	2,5	0,18	229	1274	80
Переход 3	9,0	0,15	477	3185	80
Переход 4	4,25	0,25	1124	4496	120



- растачивание чистовое;
- растачивание тонкое.

Определим элементы припуска [10, с. 186 табл. 12; с. 188 табл. 25] и занесем их в таблицу 10.

Определим пространственные отклонения заготовки [1, с. 67 табл. 4.7]:

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

где  $\rho_{см}$  - смещение поверхностей, примем 1,8мм;

$\rho_{кор}$  - коробление поверхностей, определим по формуле

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 6 = 0,03 \text{ мм.}$$

Тогда по (1):

$$\rho_s = \sqrt{1,8^2 + 0,03^2} \approx 1,8 \text{ мм} = 1800 \text{ мкм}$$

Остаточные пространственные отклонения [10, с. 37]:

- после черного растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_s = 0,05 \cdot 1800 = 90 \text{ мкм}$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_s = 0,02 \cdot 1800 = 36 \text{ мкм}$$

Погрешность установки определим по [10, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 10.

Расчетный минимальный припуск определим по формуле [10] и занесем в таблицу 10.

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (3)$$

Графу  $D_p$  заполняем, начиная с последнего (чертежного) размера путем последовательного вычитания расчетного минимального припуска каждого перехода.

Графу  $D_{\min}$  получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска перехода.

Графу  $D_{\max}$  определим путем сложения допусков к минимальным размерам  $D_{\min}$ .

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Результаты занесем в таблицу 10.

Определим минимальные значения припусков по формуле [10]:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np}, \quad (4)$$

Максимальные значения припусков определим по формуле [10]:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max}^{np} - D_{\max i-1}^{np}, \quad (5)$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 10.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{оном}} = 2 \cdot Z_{\text{o min}} + \frac{\sigma_3}{2} - \bar{\sigma}_3 = 4,421 + \frac{0,8}{2} - 0,021 = 4,8 \text{ мм.}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \bar{\sigma}_{i-1} - \bar{\sigma}_i, \quad (6)$$

$$0,216 - 0,185 = 0,052 - 0,021 = 0,031 \text{ мм}$$

$$0,404 - 0,246 = 0,21 - 0,052 = 0,158 \text{ мм}$$

$$4,58 - 3,99 = 0,8 - 0,21 = 0,59 \text{ мм.}$$

На рисунке 19 изобразим графическую схему припусков и допусков.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

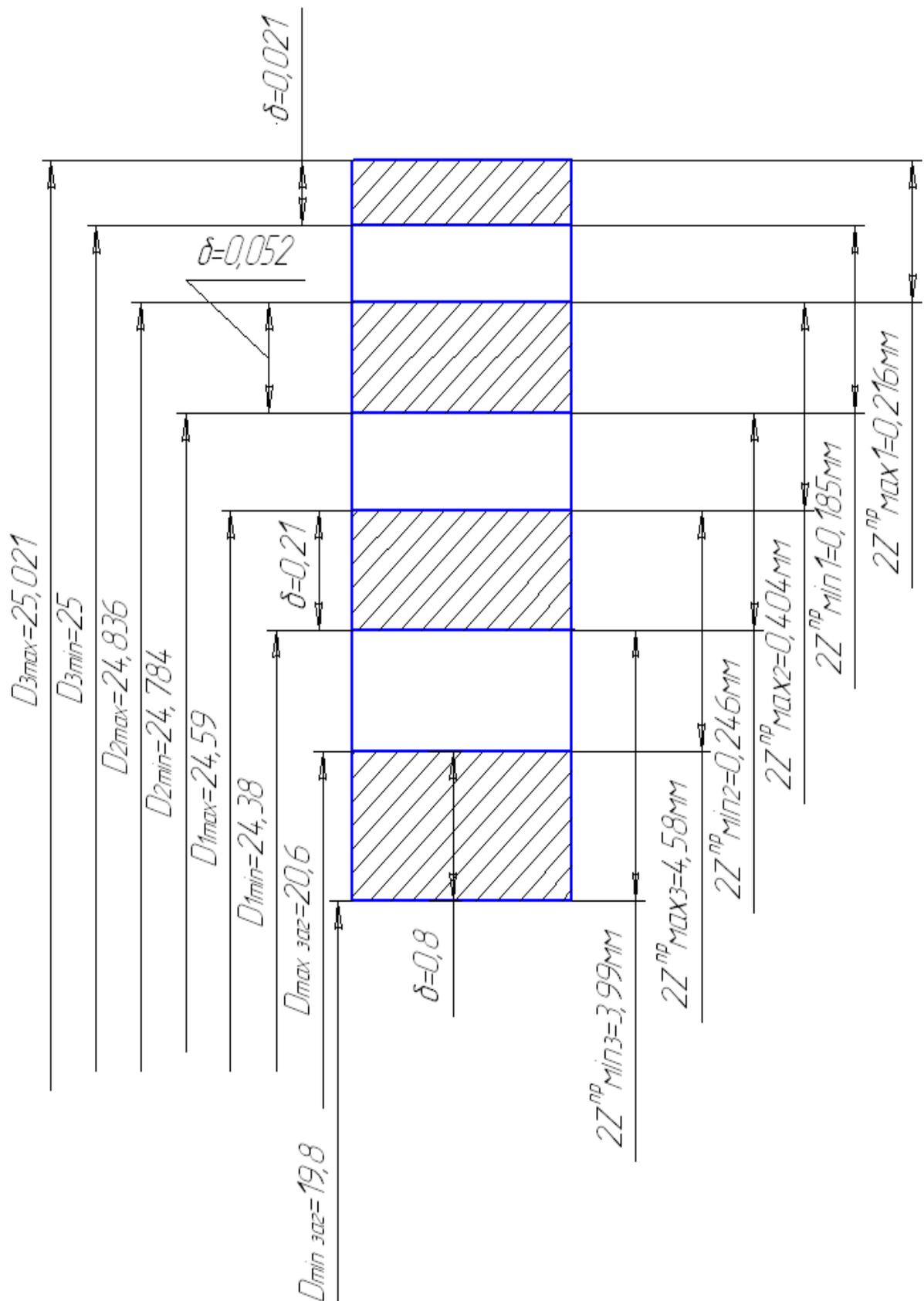


Рисунок 19 - Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\text{Ø}25\text{H}7$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.807.ПЗ

Лист

36

Таблица 10 - Расчет припусков и допусков на размер Ø25H7

Технологические переходы обработки отверстия Ø25H7	Элементы припуска, МКМ				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , МКМ	Расчетный размер $D_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припуска, мм	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\min}^{np}$	$D_{\max}^{np}$	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	1800			19,774	0,8	19,8	20,6		
Черновое точение	50	50	90	140	2·2305	24,384	0,210	24,38	24,59	3,99	4,58
Чистовое точение	25	25	36	45	2·200	24,784	0,052	24,784	24,836	0,246	0,404
Тонкое точение	12,5	10		45	2·108	25	0,021	25	25,021	0,185	0,216

$$2 \cdot Z_{0\min} = 4,421 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 5,20 \text{ мм}$$

Табличный метод расчета припусков

На остальные поверхности детали (см. рис. 20) припуски определим по [11, с. 52-55, табл. 3.9 и 3.10], а результаты занесем в таблицу 11.

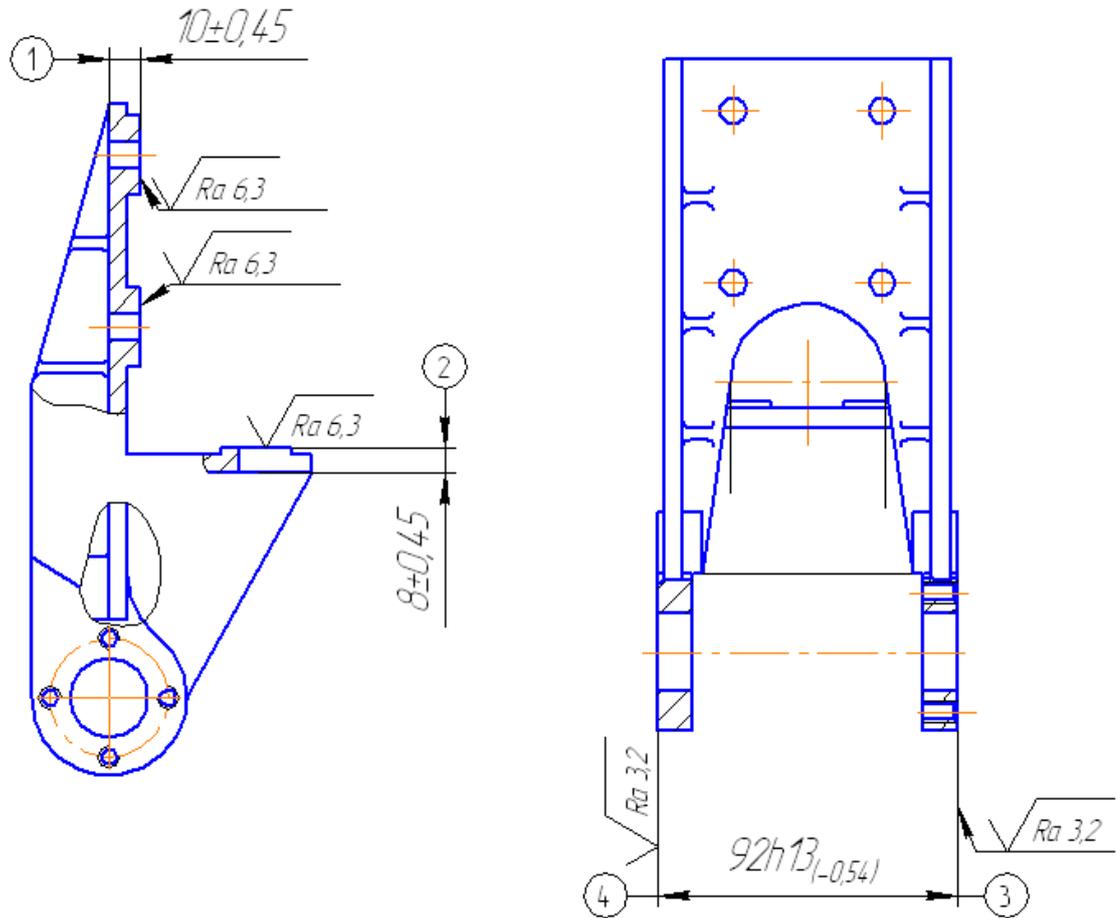


Рисунок 20 - Эскиз детали «Консоль»

Таблица 11 - Припуски и допуски на обработку, мм

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, мм	Отклонения, мм	
				ВО	НО
Заготовка-отливка по выплавляемым моделям	1	2,5	12,5	+0,35	-0,35
	2	2,5	10,5	+0,35	-0,35
	3	3,0	98	+0,7	-0,7
	4	3,0	98	+0,7	-0,7

По результатам определения припусков сконструирована заготовка на деталь «Консоль».

### 1.3.2. Расчет технических норм времени

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [7, с. 99]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (6)$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно-заключительное время, мин.;

$T_{шт}$  – штучное время на операцию, мин.;

$n$  – количество деталей в партии,  $n=13$  шт;

$t_0$  – основное время, мин.;

$t_B$  – вспомогательное время, мин.;

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

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

Вспомогательное время определяется по формуле [7, с. 99]:

$$t_B = t_{уc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{из}, \quad (7)$$

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

$t_{з.о}$  – время на закрепление и открепление детали, мин.;

$t_{уп}$  – время на приемы управления, мин.;

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

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [7, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (8)$$

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

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

Основное время [7, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (9)$$

где  $l$  – расчетная длина, мм.;

$i$  – число рабочих ходов.

Расчетная длина [7, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (10)$$

где  $l_0$  – длина обработки поверхности, мм.;

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

$l_{пер}$  – величина перебега, мм.

Определим  $T_{ш-к}$  на операцию 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

### **Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ**

#### **Установ А**

Переход 1. Фрезеровать поверхность 1.

Длина обрабатываемых поверхностей:  $l_0 = 80$ мм.

Величина врезания и перебега [7, с. 95]:

$$l_{вр} + l_{пер} = 58 \text{мм.}$$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 80 + 58 = 138 \text{мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{01} = \frac{138}{1127} = 0,12 \text{мин}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхность 2.

$l_0 = 89$ мм,  $l_{вр} + l_{пер} = 62$ мм,  $l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 89 + 62 = 151$ мм.

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{02} = \frac{151}{229} = 0,66 \text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать 2 паза 10.

$l_0 = 24$ мм,  $l_{вр} + l_{пер} = 12$ мм,  $l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 24 + 12 = 36$ мм.

Число проходов равно  $i=2$ .

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$t_{03} = \frac{36}{477} \cdot 2 = 0,15 \text{ мин}$$

Переход 4. Сверлить последовательно четыре отверстия 3.

$l_0 = 10 \text{ мм}$ ,  $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4,8 \text{ мм}$ ,  $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 10 + 4,8 = 14,8 \text{ мм}$ .

Число проходов равно  $i=4$ .

$$t_{04} = \frac{14,8}{1124} \cdot 4 = 0,02 \text{ мин}$$

Общее основное время на установе А:

$$t_{0A} = 0,12 + 0,66 + 0,15 + 0,02 = 0,95 \text{ мин.}$$

### Установ Б

Переход 1. Фрезеровать поверхности 6 и 7.

Длина обрабатываемой поверхности:  $l_0 = 55 \text{ мм}$ .

Величина врезания и перебега [7, с. 95]:

$$l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 39 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 55 + 39 = 94 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=2$ .

$$t_{01} = \frac{94}{1491} \cdot 2 = 0,13 \text{ мин}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхности 5 и 8.

$l_0 = 50 \text{ мм}$ ,  $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 24 \text{ мм}$ ,  $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 50 + 24 = 74 \text{ мм}$ .

Число проходов равно  $i=2$ .

$$t_{02} = \frac{74}{114} \cdot 2 = 1,29 \text{ мин}$$

Переход 3. Сверлить последовательно 8 отв. 4 под резьбу.

$l_0 = 12 \text{ мм}$ ,  $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 3,9 \text{ мм}$ ,  $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 12 + 3,9 = 15,9 \text{ мм}$ .

Число проходов равно  $i=8$ .

$$t_{03} = \frac{15,9}{1199} \cdot 8 = 0,11 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Переход 4. Нарезать резьбу последовательно в 8-ми отверстиях 4.

$$l_0 = 12\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 27\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 12 + 27 = 39\text{мм}.$$

Число проходов равно  $i=8$ .

$$t_{04} = \frac{39}{645} \cdot 8 = 0,48\text{мин}$$

Переход 5. Расточить предварительно 2 отверстия 9.

$$l_0 = 11\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 6\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 11 + 6 = 17\text{мм}.$$

Число проходов равно  $i=2$ .

$$t_{05} = \frac{17}{299} \cdot 2 = 0,11\text{мин}$$

Переход 6. Расточить окончательно 2 отверстия 9.

$$l_0 = 11\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 6\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 11 + 6 = 17\text{мм}.$$

Число проходов равно  $i=2$ .

$$t_{06} = \frac{17}{70} \cdot 2 = 0,49\text{мин}$$

Общее основное время на установе Б:

$$t_{0Б} = 0,13 + 1,29 + 0,11 + 0,48 + 0,11 + 0,49 = 2,61 \text{ мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$t_0 = 0,95 + 2,61 = 3,56 \text{ мин}$$

Определим элементы вспомогательного времени [7, с. 98]:

$$t_{\text{ус}} = 3,87 \text{ мин}; t_{\text{уп}} = 8,95 \text{ мин}; t_{\text{изм}} = 11,59 \text{ мин}.$$

Тогда:

$$t_{\text{в}} = 3,87 + 8,95 + 11,59 = 24,41 \text{ мин}.$$

Оперативное время [7, с. 101]:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{в}} = 3,56 + 24,41 = 27,97 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{\text{тех}} = \frac{6 \cdot t_{\text{оп}}}{100} = \frac{6 \cdot 27,97}{100} = 1,68 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Время организационного обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{8 \cdot 27,97}{100} = 2,24 \text{ мин}$$

Время на отдых [7, с. 102]:

$$t_{отд} = \frac{2,5 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{2,5 \cdot 27,97}{100} = 0,69 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 27,97 + 1,68 + 2,24 + 0,69 = 32,58 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [7, с. 216-217]:  $T_{пз} = 24 \text{ мин}$

Тогда:  $T_{шт-к} = \frac{24}{13} + 32,58 = 33,5 \text{ мин (0,56 ч.)}$

Расчет норм времени сведем в таблицу 12.

Таблица 12 – Нормы времени по переходам на операцию 005, мин.

Наименование операции, перехода, позиции	$t_o$	$t_b$	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
<b>Операция 005 Комплексная с ЧПУ</b>		24,41	1,68	2,24	0,69	32,58	33,5
<b>Установ А</b>							
Переход 1	0,12						
Переход 2	0,66						
Переход 3	0,15						
Переход 4	0,02						
<b>Установ Б</b>							
Переход 1	0,13						
Переход 2	1,29						
Переход 3	0,11						
Переход 4	0,48						
Переход 5	0,11						
Переход 6	0,49						

#### 1.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)

Деталь зажимается в прецизионных тисках. Определим силу зажима детали на операции 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ, установ А, переход 1.

##### *Базирование детали*

В нашем случае черновой базой будет поверхность **А** (лишает деталь трёх степеней свободы – одного перемещения и двух вращений) и поверхность **Б** (лишает деталь двух степеней свободы – одного вращения и одного перемещения). Таким образом, базирование не полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 21.

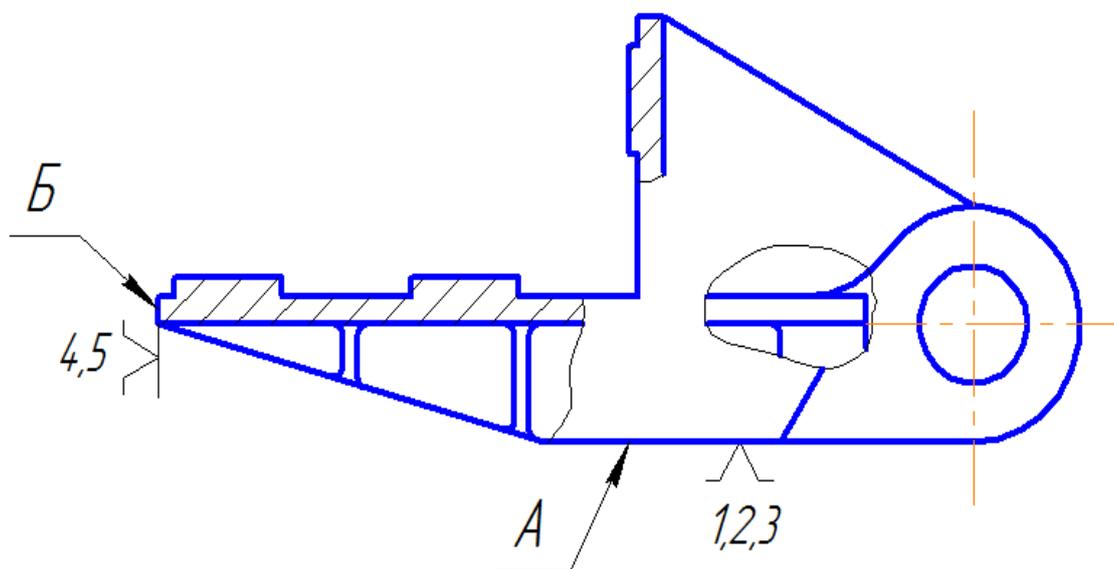


Рисунок 21 - Черновое базирование детали (установ А)

Определим силы резания по [11, с. 282]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (11)$$

где  $K_p = 1,5$  [11, с. 265 табл. 10].

Коэффициент  $C_p$  и показатели степеней определим по [11, с. 294 табл. 41]:

- для силы  $P_z$ :  $C_p=825$ ,  $x=1$ ,  $y=0,75$ ,  $u=1,1$ ,  $q=1,3$ ,  $w=0,2$ .

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.807.ПЗ				

Тогда:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 3^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 92^{1,1} \cdot 6}{100^{1,3} \cdot 939^{0,2}} \cdot 1,5 = 6155 \text{ Н}$$

$$P_y = 0,35 \cdot P_z = 0,35 \cdot 6155 = 2154 \text{ Н}$$

$$P_{yz} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{6155^2 + 2154^2} = 6521 \text{ Н}$$

### *Расчет коэффициента запаса сил резания*

При расчете сил зажима заготовки силы и моменты сил резания увеличивают в несколько раз, вводя в формулы коэффициент запаса  $K$ . Это повышает надежность закрепления заготовки. Коэффициент определяют по формуле [4, с. 382...384]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (12)$$

где  $K_0$  - коэффициент гарантированного запаса,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  - коэффициент, повышающий силы резания при черновой обработке, примем  $K_1 = 1,2$ ;

$K_2$  - коэффициент, повышающий силы резания при работе затупленным инструментом, примем  $K_2 = 1$ ;

$K_3$  - коэффициент, который учитывает увеличение сил при прерывистом резании, примем  $K_3 = 1$ ;

$K_4$  - характеризует непостоянство силы закрепления в механизмах с ручным приводом, примем  $K_4 = 1$  для приспособления с гидроприводом;

$K_5$  - учитывает непостоянство силы закрепления при неудобном расположении рукоятки, при отсутствии рукоятки примем  $K_5 = 1$ ;

$K_6$  - коэффициент, который отличен от единицы, если на заготовку действуют неучтенные вращающие моменты, здесь  $K_6 = 1,2$ .

Подставим значения коэффициентов в формулу (12):

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,16.$$

Примем  $K = 2,5$

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45



Выбираем прецизионные тиски для станков с ЧПУ POZOS тип 3408  
(рис. 23)



Рисунок 23 - Тиски прецизионные для ОЦ с ЧПУ POZOS (Тип 3408)  
модель MVN 125

Характеристики тисков прецизионных неповоротных (Тип 3408):

1. Изготовлены из высококачественной легированной стали.
2. Точность тисков:
  - параллельность  $\leq 0,015$  мм/100 мм,
  - перпендикулярность  $\leq 0,003$  мм.
3. Твердость рабочих поверхностей достигает HRC58-62.
4. Быстрый зажим и простота в работе.
5. Широко используются с обрабатывающими центрами и прочим точным оборудованием.

Максимальное усилие, с которым обрабатываемая деталь зажимается в тисках, составляет 2500 кг.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

## 1.5. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Консоль»

Важнейшим достижением научно-технического прогресса является комплексная автоматизация промышленного производства. В своей высшей форме - гибком автоматизированном производстве - автоматизация предполагает функционирование многочисленных взаимосвязанных технических средств на основе программного управления и групповой автоматизации производства. В связи с созданием и использованием гибких производственных комплексов механической обработки резанием особое значение приобретают станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

В результате замены универсального неавтоматизированного оборудования станками с ЧПУ трудоемкость изготовления деталей оказалось возможным сократить в несколько раз (до 5 - в зависимости от вида обработки и конструктивных особенностей обрабатываемых заготовок).

Разработка управляющей программы (УП) сводится к определению технологической последовательности стандартных блоков обработки. Блок обработки – это фрагмент управляющей программы, выполняемый одним инструментом на одной или нескольких поверхностях [16].

Подрезка торца.

Наружная черновая обработка

Наружная чистовая обработка

Центрование

Сверление

Внутренняя расточка

Цикл резьбы

Канавка

Отрезка и т.д.

Циклы обработки - это параметрические программы системы управления ЧПУ, которые служат для облегченного программирования.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Каждый блок содержит:

Координаты точки смены инструмента

Подход к контрольной точке

Обработку

Отход в точку смены инструмента

Элементом кадра является слово, которое состоит из адреса и числового значения или переменной, глобальной переменной. Основные адреса, используемые в ЧПУ ОКУМА приведены в таблице 13 [16].

Таблица 13 - Основные адреса, используемые в ЧПУ ОКУМА

Адрес	Значение
0	номер программы
O	номер подпрограммы
N	порядковый номер кадра
G	подготовительная функция
X,Z	определяет перемещение
U,W	определяет перемещение осей
R	радиус дуги, радиус скругления
I, K	координаты центра дуги
C	фаска, округление
F	рабочая подача, шаг резьбы
S	скорость вращения шпинделя
T	номер инструмента
M	команды ВКЛ/ВЫКЛ станка
R X	выдержка времени G04
A K D Z	применяемые адреса постоянных циклов
P	определение номера под программы
Lk	количество повторений подпрограмм

В системе ЧПУ ОКУМА подготовительные функции G разбиты на 2 группы.

В первую группу входят построчные G функции не требующие буквенных адресов в качестве параметров, во вторую G функции, требующие буквенных адресов в качестве параметров, а также постоянные циклы.

Вспомогательные функции M также делятся на 2 группы. В первую группу входят M функции, выполняемые до перемещения, во вторую после перемещения. Некоторые M функции должны быть запрограммированы в электронной автоматике.

В кадре под адресом L можно указать вызов управляющей программы. До 4 цифр следующих после L, указывают номер УП.

В одном кадре можно записать:

F, E- значение подачи (шаг резьбы);

Функции T или функции D;

До шести M-функций, выполняемых до перемещения;

S - функцию;

Одну функцию G из группы основных;

До четырех M-функций, выполняемых после перемещения;

L - функцию (вызов подпрограммы) и после нее любые буквенные адреса в качестве параметров.

Функции шпинделя относятся к отдельным шпинделям или шпиндельным группам. Максимальное число шпинделей равно восьми, и каждый из них может быть придан любой из четырех предусмотренных групп с помощью машинных параметров. Примеры отношений вспомогательных M-функций и шпинделей: M03 относится к первой шпиндельной группе; M103 относится к первому шпинделю; M203 относится ко второму шпинделю. Все эти вспомогательные функции включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) по часовой стрелке. Аналогичным образом, вспомогательные функции M13, M113, M213 включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) по часовой стрелке с одновременной активизацией функции охлаждения.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Вспомогательные функции M04, M104, M204 включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) против часовой стрелки. Аналогичным образом, вспомогательные функции M14, M114, M214 включают вращение шпинделя (или шпиндельной группы) против часовой стрелки с одновременной активизацией функции охлаждения. Вспомогательные функции M05, M105, M205 останавливают вращение шпинделя [16].

Систему координат станка, выбранную в соответствии с рекомендациями ISO (Международной организации по стандартизации) принято называть стандартной. Стандартная система координат представляет собой правую прямоугольную декартову систему координат, в которой положительные направления осей координат определяются правилом правой руки: большой палец указывает положительное направление оси абсцисс X, указательный - оси ординат Y, и средний - оси аппликат Z.

Особенность системы в том, что ось координат Z принимают всегда параллельной оси главного шпинделя станка, независимо от того, как он расположен - вертикально или горизонтально. Эта особенность позволяет при ЧПУ для наиболее распространенной плоской обработки использовать в программах обозначения координат через X и F независимо от расположения шпинделя [16].

В качестве положительного направления оси Z принимают направление от заготовки к инструменту. Ось X - всегда горизонтальна. Дополнительные движения, параллельные осям X, Y, Z обозначают соответственно U, V, W (вторичные) и P, Q, R (третичные). Вращательные движения вокруг осей X, Y, Z обозначают соответственно буквами A, B, C. Положительные направления вращений A, B, C вокруг координатных осей X, Y и Z по часовой стрелке со стороны шпинделя. Для вторичных угловых перемещений вокруг специальных осей используются буквы D и E.

Начало стандартной системы координат станка обычно совмещается с базовой точкой узла, несущего заготовку и зафиксированного в таком

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.807.ПЗ					

положении, при котором все перемещения рабочих органов станка описываются в стандартной системе положительными координатами.

Системой координат токарного станка служит двухкоординатная система X, Z. Начало этой системы принимается в базовой точке шпиндельного узла. Положительные направления осей системы координат токарного станка определяются расположением основного рабочего диапазона перемещений инструмента.

Для станков сверлильной, сверлильно-расточной и фрезерной групп применяется трех координатная система X, Y, Z. Начало этой системы координат принимается преимущественно в базовой точке стола, расположенного в одном из крайних положений. Направления координатных осей этой стандартной системы связаны с конструкцией станка.

Движения рабочих органов станка задаются в программе координатами или приращениями координат базовых точек в системе координатных осей, определенных в стандартной системе координат. Система координатных осей рабочих органов станка представляет собой совокупность отдельных управляемых по программе координат, каждая из которых закреплена за конкретным рабочим органом станка и имеет индивидуальное обозначение, направление и начало отсчета.

Станок для реализации такого резания должен иметь высокие силовые и скоростные характеристики привода главного движения; высокие жесткость и вибро устойчивость; способность изменять по программе в широких пределах, лучше всего бесступенчато, скорость шпинделя и подачу. Точность станков повышают в результате специальных конструктивных решений и более точного исполнения механической части станка. В наивысшей степени достижению точности способствует оснащение станков устройствами обратной связи.

Разработаем программу на операцию 005 Установ А (переходы 1-5), запишем программу и расшифровку программы в таблицу 14.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Таблица 14 - Расшифровка фрагмента программы

Кадр программы	Расшифровка кадра
1	2
T01 M06	T01 выбор инструмента, смена инструмента
G94 G97 S939 M03	G94 – активация подачи в мм/мин G97 – постоянное число оборотов шпинделя S939 – задание числа оборотов шпинделя M03 – вращение шпинделя по часовой стрелке
G90 G17 G54 G60	G90 – абсолютный отсчет координат G17 – выбор плоскости программирования XY G54 – задание параметров нулевой точки (точки отсчета координат в программе – ноля детали) G60 – позиционирование инструмента по одной оси (оси Z)
G0 X7 Y0 Z0 M8	G0 - включение ускоренных подач X7 Y0 Z0 – ускоренное перемещение в точку с указанными координатами M8 – включение подачи СОЖ
G1 X-101 F120	G1 – включение линейной интерполяции рабочий ход в точку с координатой X-101 F120 – задание величины подачи 1,2 мм/об
M09	M09 – отключение подачи СОЖ
M05	M05 – отключение вращения шпинделя
G0 X320 Y190 Z180	G0 – включение ускоренных подач X320 Y190 Z180 – отвод инструмента в безопасную точку смены инструмента
T02 M06	T02 выбор инструмента, смена инструмента
G94 G97 S1274 M03	G94 – активация подачи в мм/мин G97 – постоянное число оборотов шпинделя S1274 – задание числа оборотов шпинделя M03 – вращение шпинделя по часовой стрелке
G90 G17 G54 G60	G90 – абсолютный отсчет координат G17 – выбор плоскости программирования XY G54 – задание параметров нулевой точки (точки отсчета координат в программе – ноля детали) G60 – позиционирование инструмента по одной оси (оси Z)

Продолжение таблицы 14

1	2
G0 X-106 Y-50 Z24 M08	G0 - включение ускоренных подач X-106 Y-50 Z24 – ускоренное перемещение в точку с указанными координатами M08 – включение подачи СОЖ
G1 Y48 F18	G1 – включение линейной интерполяции Y48 рабочих ход в точку с указанной координатой F18 – задание величины подачи 0,18 мм/об
M05	M05 – отключение вращения шпинделя
G0 X325 Y193 Z186	G0 – включение ускоренных подач X320 Y190 Z180 – отвод инструмента в безопасную точку
G17 G68 X-105 Y-11.5 R90	Поворот стола на 90° в осях X-Y, с координатами центра вращения X-105 Y-11.5
G18 G68 X-105 Y-11.5 R90	Поворот стола на 90° в осях X-Z, с координатами центра вращения X-105 Y-11.5
G0 X57 Y-35,5 Z103	G0 – включение ускоренных подач X57 Y-35 Z103 – отвод инструмента в указанную точку
G94 G97 S3185 M03	S3185 – задание числа оборотов шпинделя M03 – вращение шпинделя по часовой стрелке
G90 G17 G54 G60	G90 – абсолютный отсчет координат G17 – выбор плоскости программирования XY G54 – задание параметров нулевой точки (точки отсчета координат в программе – ноля детали) G60 – позиционирование инструмента по одной оси (оси Z)
G1 X32 F15	G1 – включение линейной интерполяции X32 рабочих ход в точку с указанной координатой F15 – задание величины подачи 0,15 мм/об
G0 X57	G0 – включение ускоренных подач X57– отвод инструмента в указанную точку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Окончание таблицы 14

1	2
Y12.5	Y12.5 – отвод инструмента в указанную точку на ускоренной подаче
G1 X32 F15	G1 – включение линейной интерполяции X32 рабочих ход в точку с указанной координатой F15 – задание величины подачи 0,15 мм/об
G0 X57	G0 – включение ускоренных подач X57– отвод инструмента в указанную точку
M09	M09 – отключение подачи СОЖ
M05	M05 – отключение вращения шпинделя
G0 X320 Y190 Z180	G0 – включение ускоренных подач X320 Y190 Z180 – отвод инструмента в безопасную точку смены инструмента
G18 G68 X-105 Y-11.5 R-90	Поворот стола на 90° в осях X-Z, с координатами центра вращения X-105 Y-11.5

Разработан фрагмент управляющей программы для обработки детали «Консоль» на ОЦ с ЧПУ модели MU-500VA-L.

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данной ВКР производится проектирование технологического процесса детали «Консоль» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1100 штук в год.

Разработанный технологический процесс обеспечивает технико-экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование обрабатывающего центра (ОЦ) с ЧПУ, применение стандартных приспособлений.

В экономической части проекта будет произведен расчет капитальных затрат и определение себестоимости изготовления детали по проектируемому варианту.

По проектируемому варианту применяем вертикально-фрезерный ОЦ с ЧПУ модели MU-500VA-L и режущий инструмент фирмы «Pramet». Данное оборудование имеется на предприятии.

### 2.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле [12]:

$$K = K_{об} + K_{прс} \quad (17)$$

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

$K_{про}$  – капитальные вложения в программное обеспечение, руб.; т.к. предприятие располагает оборудованием для программирования станков с ЧПУ, то затрат на программное обеспечение нет.

*Определяем количество технологического оборудования*

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [12]:

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (18)$$

где  $t$  – штучно-калькуляционное время операции, ч.;

$N_{год}$  – годовая программа производства деталей, по проектируемому варианту  $N_{год}=1100$  шт.;

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

$k_{ВН}$  – коэффициент выполнения норм времени,  $k_{ВН} = 1,02$ ;

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного производства,  $k_3 = 0,75 \div 0,85$ .

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [12]:

$$F_{об} = F_n \left( 1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (19)$$

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

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

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч.

Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при трёхсменной работе (ОЦ с ЧПУ):

$$F_n = 1970 \cdot 3 = 5910 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 9% для ОЦ с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (19), составляет:

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$F_{об} = 5910 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5378 \text{ ч.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени согласно раздела 1.3.2 по формуле (18). Данные по расчетам сводим в таблицу 14 по проектируемому варианту.

$$C_{MU-500} = \frac{0,56 \cdot 1100}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,132 \text{ шт.}$$

После расчета всех операций значений ( $T_{шт. (ш-к)}$ ) и ( $C_p$ ) устанавливаем принятое число рабочих мест ( $C_n$ ), округляя для ближайшего целого числа полученное значение ( $C_p$ ) [12].

Таблица 14 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ( $T_{шт. (ш-к)}$ ), ч.	Расчетное количество станков, $C_p$	Принимаемое количество станков, $C_n$	Кз.ф.
MU-500	0,56	0,132	1	0,132
	$\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 0,56$	0,132	$\Sigma C_n = 1$	

#### Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 15 по проектируемому варианту.

Таблица 15 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	MU-500	1	11	11	8563,5	-	-	-	8563,5
Итого		1		11					8563,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Капитальные вложения в оборудование ( $K_{об}$ ) с учётом загрузки станка на 13,2% составляют  $0,132 \cdot 8563,5 = 1130,4$  т. руб.

### 2.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [12]:

$$C = Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_и, \quad (20)$$

где  $Z_{зп}$  – затраты на заработную плату, руб.;

$Z_э$  – зарплата на технологическую энергию, руб.;

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

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

$Z_и$  – затраты на малоценный инструмент, руб.

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

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [12]:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_н + Z_к + Z_{тр}, \quad (21)$$

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле [12]:

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.807.ПЗ				

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p}, \quad (22)$$

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1970 ч.;

$k_{мн}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,  $k_{мн}=1$ ;

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, по обоим вариантам

$N_{год} = 1100$  шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч;

241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч;

потери: 28 – отпуск очередной, 2 – потери по больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 36 дней).

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1682 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (22).

Результаты вычислений сводим в таблицу 16 по проектируемому варианту.

Таблица 16 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Зарботная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	124,1	0,56	69,5	0,30
Итого				69,5	0,30

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$З_{зп} = 69,5 \cdot 1100 = 76450 \text{ руб.}$$

$$k_{\text{мн}} = 1; k_{\text{доп}} = 1,16; k_{\text{р}} = 1,15.$$

$$З_{зп} = 76450 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 101984,3 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [12]:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_{\text{р}} \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{р}}}{N_{\text{год}}}, \quad (23)$$

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

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 1100$  шт.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент,  $k_{\text{р}} = 1,2$ ;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,  $k_{\text{доп}} = 1,23$ ;

$C_T^{\text{всп}}$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, руб.;

$Ч_{\text{всп}}$  – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, руб.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле [12]:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_{\text{п}} \cdot n}{N}, \quad (24)$$

где  $g_{\text{п}}$  – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет

$$g_{\text{п}} = 0,126 \text{ шт.};$$

$n$  – число смен работы оборудования,  $n = 3$ ;

$N$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком,  $N = 6$  шт.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,126 \cdot 3}{6} = 0,06 \text{ чел.}$$

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Аналогично определим численность электронщиков, при условии обслуживания электронщиком 3-х станков:

$$Ч_{\text{элек}} = \frac{0,126 \cdot 3}{3} = 0,12 \text{ чел.}$$

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

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,05 \cdot 0,30 = 0,02 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,30 = 0,02 \text{ чел.}$$

По формуле (23) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{95,2 \cdot 1682 \cdot 0,06 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1100} = 13,0 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{89,3 \cdot 1682 \cdot 0,02 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1100} = 4,0 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{85,7 \cdot 1682 \cdot 0,02 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1100} = 4,0 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь, сводим в таблицу 17 по проектируемому варианту.

Таблица 17 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по обоим вариантам

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	95,2	0,06	13,0
Транспортный рабочий	89,3	0,02	4,0
Электронщик	101,4	0,12	27,5
Контролер	85,7	0,02	4,0
Итого		0,22	48,5

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{зп}} = 48,5 \cdot 1100 = 53350 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (21):

$$З_{зп} = 101984,3 + 53350 = 155334,3 \text{ руб.}$$

*Страховые взносы.*

Страховые взносы в фонд страхования составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Проектируемый вариант } 155334,3 \cdot 0,3 = 46600,3 \text{ руб.}$$

*Затраты на электроэнергию*

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали-операции, рассчитываем по формуле [12]:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн}} \cdot Ц_э, \quad (25)$$

где  $N_y$  – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,  $k_N = 0,2 \div 0,4$ ;

$k_{вр}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для крупносерийного производства  $k_{вр} = 0,7$ ;

$k_{од}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка,  $k_{од} = 0,75$  – при двух двигателях и  $k_{од} = 1$  при одном двигателе;

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

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

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,02$ ;

$Ц_э$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $Ц_э = 3,81$  руб.

Производим расчеты по вариантам по формуле (25):

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$Z_3(\text{MU-500}) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,08 \cdot 0,56}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,81 = 4,3 \text{ руб.};$$

Результаты расчета сводим в таблицу 18 по проектируемому варианту.

Таблица 18 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
MU-500	11	0,56	4,3
Итого			4,3

Определим затраты на электроэнергию за год (проектируемый вариант):

$$Z_3 = 4,3 \cdot 1100 = 4730 \text{ руб.}$$

*Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования*

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле [12]:

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (26)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [12]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{ви}}, \quad (27)$$

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

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений,  $H_{амН} = 8\%$ ;

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

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

$$F_{\text{обнов}} = 5910 \text{ ч.};$$

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $k_3 = 0,85$ ;

$k_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{\text{вн}} = 1,02$ .

Производим расчеты по вариантам по формуле (27):

$$C_{\text{ам}}(\text{MU-500}) = \frac{8563500 \cdot 0,08 \cdot 0,56}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 74,9 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования ( $C_{\text{рем}}$ ) определяем по количеству ремонтных единиц и стоимости одной ремонтной единицы:

$C_{\text{РЕ}} = 879 \text{ р.}$  Вычисления производим по формуле [12]:

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}},$$

(28)

где  $\Sigma Re$  - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

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

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (28):

$$C_{\text{рем}}(\text{MU-500}) = \frac{879 \cdot 0,126}{0,56 \cdot 1100} = 0,20 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 19 по проектируемому варианту.

Таблица 19 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектируемому варианту

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.

MU500	8563,5	1	8	0,56	74,9	0,20
-------	--------	---	---	------	------	------

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (26):

$$Z_{\text{п}} = 74,9 + 0,2 = 75,1 \text{ руб.}$$

#### *Затраты на эксплуатацию инструмента*

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [12]:

$$Z_{\text{зи}} = (\text{Ц}_{\text{пл}} \cdot n + (\text{Ц}_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \cdot \text{Ц}_{\text{компл}}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1}, \quad (29)$$

где  $Z_{\text{зи}}$  - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, руб.;

$\text{Ц}_{\text{пл}}$  - цена сменной многогранной пластины, руб.;

$n$  - количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$\text{Ц}_{\text{корп}}$  - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), руб.;

$\text{Ц}_{\text{компл}}$  - цена набора комплектующих изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), руб.;

$k_{\text{компл}}$  - коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Коэффициент - эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия.

Максимальное значение  $k_{\text{компл}} = 5$  соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$Q$  - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Величина  $Q$  также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины.

Значения показателя  $Q$  рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице;

$N$  - количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

Для круглой пластины рекомендуется принимать  $N = 6$ ;

$b_{\text{фи}}$  - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента.

Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{\text{маш}}$  - машинное время, мин;

$T_{\text{ст}}$  - период стойкости инструмента, мин.

В таблицу 20 внесем параметры инструмента.

Таблица 20 – Параметры прогрессивного инструмента по проектируемому варианту

Операция	Инструмент	Машинное время, мин	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарн. период стойкости инструмента, мин	Затраты на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фреза 100B06R- S45SE12F-A СМП SEET 1204AFSN 2230	0,52	24563  619	310	-	0,90	5,41

Фреза 20E3S100- 38A20 SUMA	0,12	15563	152	-	0,90	2,23
Фреза 08E3S64- 20A08 SUMA	0,15	14632	139	-	0,90	2,05
Сверло 303DA-8.5- 35-A10	0,17	4563	65	-	0,90	1,89

### Окончание таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фреза 63A05R- S45SE12F-A СМП SEET 1204AFSN 2230	0,25	18563  603	305	-	0,90	2,45
	Сверло 303ТА-4.3- 13.6-С45А06	0,56	4456	46	-	0,90	1,86
	Резьбофреза J2003.2x7	1,25	10256	86	-	0,90	2,89
	Головка расточная D02275 400 СМП ССМТ 060204E-FM T9325	0,86	26506  653	146	-	0,90	4,22
	Головка расточная A02275 400 СМП ССМТ 060202E-FM T9325	1,05	25306  545	156	-	0,90	5,09
Итого							28,09

Результаты расчетов технологической себестоимости выпуска одной детали сводим в таблицу 21.

Таблица 21 – Технологическая себестоимость обработки детали

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Статьи затрат	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	183,6
Затраты на технологическую электроэнергию	4,3
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	75,1
Затраты на инструмент	28,09
Итого	293,8

### *Анализ уровня технологии производства*

Анализ уровня технологии производства являются составляющей частью анализа организационно-тематического уровня производства.

Удельный вес каждой операции определяется по формуле [12]:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\% , \quad (30)$$

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

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

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (30):

$$Y_{\text{оп}} (\text{МУ-500}) = \frac{0,56}{0,56} \cdot 100\% = 100\% .$$

### *Доля прогрессивного оборудования.*

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле [12]:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\% , \quad (31)$$

где  $g_{\text{пр}}$  – количество единиц прогрессивного оборудования,  $g_{\text{пр}} = 1$  шт.;

$g_{\Sigma}$  – общее количество использованного оборудования,  $g = 1$  шт.

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

Определим производительность труда на программной операции [12]:

$$B = \frac{F_p \cdot k_{вн} \cdot 60}{t}, \quad (32)$$

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

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в разработанном техпроцессе по (32):

$$B_{пр.} = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{33,5} = 3615,1 \text{ шт/чел.год}$$

В таблице 22 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 22 - Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей по проектному варианту
Годовой выпуск деталей	шт.	1100
Количество оборудования	шт.	1
Количество рабочих	чел.	1
Сумма инвестиций	тыс. руб.	1130,4
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,56
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:		293,8
- затраты на инструмент	руб.	28,09
- заработная плата рабочих		183,6
Доля прогрессивного оборудования	%	100
Производительность труда	шт/чел.год	3615,1
Коэффициент загрузки оборудования		0,132

В результате разработки технологического процесса механической обработки детали «Консоль», определена технологическая себестоимость изготовления одной детали с применением ОЦ МУ-500, в сумме 293,8 руб.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

#### *Введение*

В выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс изготовления детали «Консоль». Данную деталь предполагается изготавливать на ООО «Кронос», где и была выбрана для ВКР в результате прохождения производственной практики.

В процессе проектирования т.п. применяем современное высокопроизводительное оборудование с числовым программным управлением вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ MU-500 с поворотным столом.

В результате проектирования технологического процесса изготовления детали «Консоль», помимо высокой производительности обработки, изменился характер труда производственных рабочих. Теперь для производства данной детали необходимы навыки операторов станков с программным управлением, наладчиков станков с программным управлением и операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ.

Следовательно, в методической части выпускной квалификационной работы рассмотрим особенности и структуру переподготовки рабочих по профессии «Фрезеровщик» 5 разряда на профессию «Оператор-наладчик

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

обрабатывающих центров с ЧПУ» третьего разряда. Переподготовка ведется на базе НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования».

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

### **3.1. Условия обучения и возможности обучающей организации**

Анализ требований к персоналу, обслуживающему предлагаемое оборудование.

На заводе установлено прогрессивное, высокопроизводительное оборудование, такое, как станки с программным управлением, многооперационные станки. В настоящее время станки с программным управлением (ПУ) и промышленные роботы нашли широкое применение.

В станках с ЧПУ сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата. В результате внедрения станков с ЧПУ происходит повышение производительности труда, создаются условия для многостаночного обслуживания. Подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, сокращаются её сроки, упрощается переход на новый вид изделия вследствие заблаговременной подготовки программы, что имеет большое значение в условиях рыночной экономики.

На станках с ПУ целесообразно изготавливать детали сложной конфигурации, при обработке которых необходимо перемещение рабочих органов по нескольким координатам одновременно, а также детали с большим количеством переходов обработки. На этих станках можно изготавливать детали, конструкция которых часто видоизменяется.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Применение станков с ЧПУ позволяют решить ряд социальных проблем:

- улучшение условий труда рабочих-станочников;
- значительно уменьшить долю тяжелого ручного труда.

В связи с этим возникла необходимость переподготовки рабочих по профессии «Фрезеровщик» 5 разряда на профессию «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» третьего разряда в учебном центре НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования».

Срок обучения по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» составляет три месяца, а учебный график – 6 дней в неделю. Рабочие дни – по 4 часа в неделю, а суббота – по 8 часов в неделю. При этом на теоретическое обучения отводится 6 недель и 7 недель на производственное обучение после чего следуют квалификационные испытания.

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

Обучение программированию ведется непосредственно на базе учебного центра, который имеет учебные рабочие места – 6 мест для подготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ», оснащенные учебными имитационными стойками Okuma с системой ЧПУ OSP-200.

Помимо этого Институт опережающего образования проводит дистанционное обучение по всем курсам. Для того, чтобы записаться на обучение просто нужно выйти на дистанционный портал НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» и обязательно указать, что необходимо обучение по дистанционной форме обучения, после чего обучаемый получает индивидуальный логин и пароль для доступа к portalу.

Таким образом, НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» - новый проект команды профессионалов, которые в условиях конкуренции и

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

кризиса вывели на рынок Центр обучения профессии «ИнфоЛАЙНЕР», спроектировали и организовали дополнительное профессиональное образование в соответствии с требованиями надзорных органов, получили признание предприятий и организаций г. Екатеринбурга, Свердловской области и других регионов России как добросовестного и социально ориентированного.

### 3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Анализ содержания профессиональной деятельности фрезеровщика был проведен с использованием профессионального стандарта «Фрезеровщика», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 24 декабря 2015г. № 1138н, регистрационный номер 740.

В соответствии с профессиональным стандартом требования к рабочему по профессии «Фрезеровщик» 4 р-да представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование	Изготовление простых деталей с точностью размеров по 4 - 6 квалитетам, сложных деталей с точностью размеров по 6-7 квалитету на фрезерных станках	Код	D	Уровень квалификации	5
Возможные наименования должностей	Фрезеровщик 4-го разряда				
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих; Профессиональное обучение – программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, программы переподготовки рабочих, программы повышения квалификации рабочих				
Требования к опыту практической работы	Не менее двух месяцев работы по обработке сложных заготовок и узлов на фрезерных станках				

Особые условия допуска к работе	Прохождение инструктажа по охране труда и пожарной безопасности на рабочем месте. При необходимости использования грузоподъемного оборудования для установки и снятия деталей необходимо прохождение обучения по выполнению работ с использованием грузоподъемного оборудования, с отметкой о периодическом (или внеочередном) прохождении проверок знаний производственных инструкций Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в порядке, установленном законодательством Российской Федерации
---------------------------------	---

Трудовая функция «Обработка сложных заготовок и узлов на универсальных расточных станках» имеет код D/01.4 - D/02.4 и принадлежит четвертому уровню квалификации. В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции представленные в таблице 24.

Таблица 24 - Трудовые функции

Фрезерование поверхностей заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам на фрезерных станках, в том числе на уникальных	D/01.4
Фрезерование поверхностей заготовок сложных деталей с точностью размеров по 6, 7 квалитетам (включая радиусные поверхности, резьбы и спирали) на фрезерных станках, в том числе на уникальных	D/02.4

Выбрана трудовая функция D/01.4 «Фрезерование поверхностей заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам на фрезерных станках, в том числе на уникальных», ее анализ приведен в таблице 25.

Таблица 25 - Анализ трудовой функции D/01.4

Наименование	Фрезерование поверхностей заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам на фрезерных станках, в том числе на уникальных	Код	D/01.4	Уровень (подуровень) квалификации	4
1	2				
Трудовые действия	Анализ исходных данных для выполнения технологической операции фрезерования поверхностей заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам				
	Настойка и наладка фрезерных станков для выполнения технологической операции фрезерования поверхностей заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам на фрезерных станках, в том числе на уникальных				

	Выполнение технологической операции фрезерования поверхностей простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам в соответствии с технической документацией на фрезерных станках, в том числе на уникальных
	Проведение регламентных работ по техническому обслуживанию фрезерных станков в соответствии с технической документацией
	Поддержка требуемого технического состояния технологической оснастки (приспособлений, измерительных и вспомогательных инструментов), размещенной на рабочем месте фрезеровщика
Необходимые умения	Читать и применять техническую документацию на простые детали с точностью размеров по 5, 6 квалитетам
	Выбирать, подготавливать к работе, устанавливать на станок и использовать универсальные и специальные приспособления, включая оптические делительные головки

### Продолжение таблицы 25

1	2
	Выбирать, подготавливать к работе, устанавливать на станок и использовать режущие инструменты, обеспечивающие изготовление деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам
	Определять степень износа режущих инструментов
	Производить настройку фрезерных станков в соответствии с технологической картой для обработки поверхностей заготовок простых деталей с точностью по 5, 6 квалитетам
	Выполнять проверку фрезерных станков на точность
	Выполнять регулировку и настройку режущих инструментов и инструментальных приспособлений
	Выполнять установку и закрепление заготовок с комбинированным креплением и точной выверкой в нескольких плоскостях
	Выполнять фрезерную обработку заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам на фрезерных станках, в том числе на уникальных, в соответствии с технологической картой и рабочим чертежом
	Выявлять причины брака, предупреждать и устранять возможный брак при фрезеровании поверхностей заготовок простых деталей с точностью размеров по 5, 6 квалитетам
	Проверять исправность и работоспособность фрезерных станков
	Выполнять регламентные работы по техническому обслуживанию фрезерных станков
	Выполнять техническое обслуживание технологической оснастки, размещенной на рабочем месте фрезеровщика
	Применять средства индивидуальной и коллективной защиты при выполнении работ на фрезерных станках, в том числе на уникальных
Необходимые знания	Основы машиностроительного черчения в объеме, необходимом для выполнения работы
	Правила чтения технической документации (рабочих чертежей, технологических карт) в объеме, необходимом для выполнения работы
	Система допусков и посадок, квалитеты точности, параметры шероховатости
	Обозначение на рабочих чертежах допусков размеров, форм и взаимного расположения поверхностей, шероховатости поверхностей



обслуживанию фрезерных станков
Состав работ по техническому обслуживанию технологической оснастки, размещенной на рабочем месте фрезеровщика
Требования к планировке и оснащению рабочего места при выполнении фрезерных работ
Опасные и вредные факторы, требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической безопасности и электробезопасности
Виды и правила применения средств индивидуальной и коллективной защиты при выполнении работ на фрезерных станках, в том числе на уникальных

### 3.3. Анализ профессионального стандарта по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Анализ содержания профессиональной деятельности оператора-наладчика обрабатывающих центров с числовым программным управлением был проведен с использованием профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н, регистрационный номер 131:

В соответствии с профессиональным стандартом требования к рабочему по профессии «Оператор обрабатывающих центров» 3 разряда представлены в таблице 26.

Таблица 26 – 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				



Таблица 28 - Анализ трудовой функции А/01.2

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	А/01.2	Уровень (подуровень) квалификации	2
1	2				
Трудовые действия	Изучение конструкторской документации станка и инструкции по наладке обрабатывающих центров				
	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях деталей по 8–14 квалитетам (на основе знаний и практического опыта)				
	Контроль точности и работоспособности позиционирования обрабатывающего центра с ЧПУ с помощью измерительных инструментов				
Необходимые умения	Анализировать конструкторскую документацию станка и инструкцию по наладке и определять предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации для выполнения				

Окончание таблицы 28

1	2
	данной трудовой функции
	Пользоваться встроенной системой измерения инструмента
	Пользоваться встроенной системой измерения детали
	Отслеживать состояние и износ инструмента
	Читать и оформлять чертежи, схемы и графики; составлять эскизы на обрабатываемые детали с указанием допусков и посадок
	Рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей
	Применять контрольно-измерительные приборы и инструменты
	Выполнять наладку одностипных обрабатывающих центров с ЧПУ
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
	Основы электротехники, электроники, гидравлики и 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	Выполнение работ под руководством наладчика более высокой квалификации
	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план переподготовки фрезеровщика в оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре.

### 3.4. Анализ тематического плана переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ и выбор темы

Учебным центром разрабатываются программы курсов и в частности программа курса переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ приведена в таблице 28.

Таблица 28 - Программа курса переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с программным управлением

Название темы	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение
Введение. Устройство станков.	2	2	
Техника безопасности при работе на станке.	2	2	
Устройство многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ	2	2	
Комплектность станков и дополнительное оснащение.	2	2	
Системы ЧПУ: классификация и элементная база	2	2	
Панель управления ЧПУ Okuma и пульт управления станком OSP-200.	4	2	2
Ручное управление станком. Диагностика.	3	1	2
Автоматическая работа станка.	2	1	1
Использование коррекции на инструмент и системы координат заготовки.	4	2	2
Основы программирования.	4	2	2

Создание и редактирование программ.	4		4
Программирование обработки изделий при использовании вложенных циклов.	4	2	2
Приводной инструмент станка (для токарно-фрезерных станков).	1	1	
Гидравлическая система и система смазки станка.	1	1	
Система подачи СОЖ.	1	1	
Пневматическая система станка.	1	1	
Техническое обслуживание станка оператором.	2	2	
Отработка практических навыков по программированию и управлению станком.	6		6
Квалификационный экзамен	6		6
ИТОГО	49	27	20

Из программы выберем тему «Устройство многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ».

Данная тема рассчитана на 1 занятие длительностью 4 часа. Далее разработаем план и сценарий занятия по данной теме и методические средства для проведения занятия.

### **3.5. Разработка плана учебного занятия по теме «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ»**

Профессия – Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ.

Тема программы: Устройство многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ.

Тема учебного занятия «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ»

Цели учебного занятия:

дидактические сформировать у учащихся знания:

- классификации многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ;
- основных узлов многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ;
- назначения основных узлов многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ;

- особенностей устройства узлов многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ;

- взаимосвязи узлов многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ.

воспитательные:

- воспитать бережное отношение к инструменту и оборудованию,

развивающие:

- развить целеустремленность и волю при выполнении запланированной работы.

Методы проведения учебного занятия: рассказ, беседа, объяснение, демонстрация компьютерной презентации.

Материально-техническое оснащение учебного занятия:

1. Многоцелевой обрабатывающий центр с ЧПУ MU500

2. Компьютерная презентация

3. Тест

План занятия приведен в таблице 29.

Таблица 29 – План занятия теоретического обучения по теме «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ»

Название части занятия	Деятельность преподавателя	Деятельность обучаемых	Кол-во времени
1	2	3	4
Организационная часть	Приветствует обучаемых. Проверяет присутствующих. Формулирует тему урока и цели урока. Использует слайды № 1 и 2	Опираясь на формулировки, предложенные преподавателем и первые два слайда презентации записывают тему урока и план урока.	5 минут
Мотивация обучаемых	Рассказывает о роли и месте темы урока в общей подготовке операторов станков с ПУ	Слушают преподавателя	5 минут
Актуализация опорных знаний	Проводит беседу с учащимися по известному им материалу. Задает	Слушают преподавателя. Отвечают на вопросы, прослушивают	15 минут

	вопросы, анализирует ответы. Поправляет учащихся и добавляет информацию к их ответам.	комментарии преподавателя к ответам на вопросы. В ходе беседы актуализируют опорные знания	
Изложение нового материала	Рассказывает о классификации и устройстве многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ MU500. Показывает основные узлы многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ MU500. Использует сам обрабатывающий центр и слайды презентации №4, 5, 6, 7, 9.	Слушают преподавателя, задают вопросы. Под руководством преподавателя работают со слайдами презентации. Используя информацию, приведенную на слайдах, записывают основные понятия и основную информацию в собственные тетради. Слушают комментарии преподавателя по каждому из перечисленных слайдов.	45 минут

#### Окончание таблицы 29

1	2	3	4
Проверка первичного усвоения нового материала	Раздает учащимся листы, на которых изображена схема многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ MU500. Говорит, какие пункты нужно заполнить с опорой на учебник и конспект. Спрашивает, понятно ли как следует заполнять схему, используя учебник и имеющуюся в конспектах информацию. Контролирует правильность заполнения схем.	Внимательно слушают преподавателя и фиксируют принципы заполнения схемы. Открывают учебник по заданной теме и собственные конспекты. Ищут информацию для заполнения и заполняют выданные преподавателем схемы.	10 минут
Заключительная часть	Собирает заполненные листочки со схемами. Вместе с учащимися анализирует правильность из заполнения слушает и анализирует ответы, выдает задание на дом.	Отвечают на вопросы преподавателя по Анализуют собственные ответы делают поправки в конспектах. Записывают задание на дом	10 минут

План-конспект занятия теоретического обучения по теме «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ»

1. Организационная часть

«Здравствуйте, товарищи слушатели; занимайте свои места и присаживайтесь. Сегодняшняя тема урока: «Классификация и основные узлы станков с ЧПУ».

Сегодня на уроке мы рассмотрим:

Классификацию станков с ЧПУ

Основные узлы многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ MU500 и их назначение:

- станина и направляющие;
- шпиндель;
  
- приводы подач;
- система ЧПУ;
- магазин инструментов;
- вспомогательные устройства.

2. Мотивация обучаемых

Эта тема очень актуальна для вас, повышающих квалификацию, поскольку не представляя себе устройства станка невозможно вообще быть оператором станков с ПУ. Мы уже очень знаем об общем устройстве и назначении станков с ЧПУ, что мы рассматривали на предыдущем занятии, а сегодня рассмотрим устройство многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ MU500 и его основные узлы.

3. Актуализация опорных знаний

На предыдущих занятиях мы рассмотрели общее устройство и назначение станков с ЧПУ. Сегодня мы переходим к изучению устройства станков с ЧПУ, его основных узлов и их взаимосвязи, но прежде вспомним основные моменты из пройденного материала.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Вопросы для актуализации опорных знаний:

1. Как влияет масса обрабатываемой заготовки на конструкцию станка?

(С увеличением массы заготовки размеры станка увеличиваются)

2. Какая оснастка позволяет повысить точность и производительность обработки на станках с ЧПУ?

(механизированные токарные патроны и задние центры)

3. Назовите основные типы и группы станков с ЧПУ.

(токарные, фрезерные, многоцелевые)

4. Назовите основные движения в этих станках.

(главное движение движение подачи)

5. Какие инструменты применяют для обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ?

(Высокопроизводительные резцы, сверла и фрезы с покрытием из карбонитрида титана, нитрида титана)

6. Покажите основные геометрические элементы и параметры этих инструментов (передний угол, задний угол, угол при вершине, главный и вспомогательный углы в плане).

7. Какие приспособления применяют для установки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ (поворотные столы, прижимные планки, токарные патроны)?

8. Поясните конструкцию и принцип действия приспособлений (нужно пояснить конструкцию и принцип действия приспособлений – ответ на 20 страниц).

9. Предложите способ обработки детали, имеющей глубокий паз, расположенный в центре опорной плоскости. Как обработать паз?

(используя сложное совмещенное движение по двум осям – оси X и оси Y)

10. Назовите и покажите основные конструктивные части станка с ЧПУ и органы управления им. Назначение каждого органа. Продемонстрировать приемы управления (показывают непосредственно на станке).

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

#### 4. План-конспект изложения учебного материала на уроке

Многоцелевые обрабатывающие центры с ЧПУ можно классифицировать по различным признакам.

По расположению шпинделя:

1. Вертикальные.
2. Горизонтальные.

Вертикальные обрабатывающие центры являются наиболее универсальными и применяются в большинстве случаев. На горизонтальных центрах обрабатываются в основном крупногабаритные корпусные детали.

По количеству управляемых осей (степеней свободы):

1. Однокоординатные.
2. Двухкоординатные.
3. ....

Ось шпинделя всегда является осью  $Z$  и направлена на инструмент. Оси  $X$  и  $Y$  – перпендикулярные направления перемещения режущего инструмента в плоскости стола. Оси  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – это вращение вокруг осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

По типу стола:

1. С неподвижным столом
2. С подвижным столом

Наиболее распространённой является компоновка центра, где оси  $X$  и  $Y$  реализованы перемещением стола относительно шпинделя. Для обработки крупногабаритных деталей и для улучшения обзора рабочей зоны изготавливают многоцелевые обрабатывающие центры с ЧПУ, где стол неподвижен, а вся шпиндельная бабка перемещается относительно него.

Самый простой способ сделать из 3 координатного станка 4 или 5 координатный – это установить на основной стол станка дополнительный поворотный стол. Главным недостатком этого решения является уменьшение рабочей зоны станка. В общем случае, поворотный стол может быть

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

встроенным изначально. Более крупные станки оснащают поворотной головкой, которая имеет 1 или 2 степени свободы и может работать как с индексированием, так и в режиме непрерывного управления.

Многоцелевой обрабатывающий центр с MU-500 состоит из следующих элементов:

1. Станина. Бывает 2-ух видов – литая и сварная. Первый вид имеет преимущества из-за большей жёсткости и лучшей демпфирующей способности. В то же время, сваркой можно получить более сложную конфигурацию, что, иногда, необходимо.

2. Направляющие. Существуют линейные направляющие и направляющие скольжения. Второй вид используется повсеместно и в универсальном оборудовании. Обладает большей жёсткостью, что обуславливает их применение на станках для черновой обработки. Однако, данный тип направляющих имеет трение скольжения которое является причиной низкой скорости перемещения рабочих узлов станка (до 10 м/мин) и меньшей точности интерполяции.

Линейные направляющие работают на трении качения Обеспечивают высокие скорости перемещения (до 100м/мин) и более высокую точность, чем направляющие скольжения. Недостатком этого типа является более низкая жёсткость. Однако его можно нивелировать, увеличивая количество установленных направляющих.

3. Шпиндель. Одна из самых важных частей станка. Обеспечивает главное движение резания.

Первый вид – шпиндель установлен отдельно от привода и вращение передаётся с помощью ременной передачи или напрямую через муфту. Шпиндель может иметь подшипники качения, а также подшипники гидростатического и аэродинамического типа.

Второй вид – шпиндель представляет собой электродвигатель, на роторе которого закрепляется инструмента.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Первая разновидность шпинделя наиболее распространена, т.к. значительно дешевле в изготовлении. Её главным недостатком является невысокая частота вращения (до 15000 об/мин). Для многих операций этот недостаток не является существенным, однако, при обработке сложных поверхностей штампов или пресс-форм высокая частота вращения необходима. Второй тип шпинделей может развивать более 100000 об/мин.

4. Приводы подач. Высокмоментные электромоторы, вращательное движение ротора которых превращается в линейные перемещения рабочих узлов станка с помощью шарико-винтовых пар (ШВП).

Текущее положение определяется либо с помощью круговых датчиков на приводе, либо с помощью линейных датчиков (линеек), расположенных вдоль направляющих.

Линейные двигатели – особый вид двигателей, у которых ротор и статор расположены вдоль направляющих, а текущее положение определяется только с помощью линеек. Последние имеют значительно более высокую точность, т.к. из передаточной цепи исключена ШВП – звено, вносящее погрешность, особенно, при изменении направления. Однако, линейные двигатели очень дороги и сложны в изготовлении.

5. Система ЧПУ. Существует большое количество различных систем, имеющих свои достоинства и недостатки. Самые распространённые в мире это – Fanuc и Siemens.

Числовое программное управление (ЧПУ) - это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

6. Магазин для инструментов. Тип «Зонтик» - инструменты расположены вертикально. За каждым карманом жёстко закреплён свой номер. Недорогой, но медленный (время смены 8-15с).

Тип «Рука» - инструменты расположены горизонтально. Манипулятор ставит инструмент в ближайшую ячейку. Возможен «предвыбор» инструмента, когда магазин вращается одновременно с работой станка. Всё это в несколько раз уменьшает время смены инструмента (2 – 5с). Также, существует целый ряд других систем для смены инструмента.

Магазины инструментов (вместимостью 8...20 инструментов) применяют редко, так как практически для токарной обработки одной заготовки требуется не более 10 инструментов. Использование большего числа

инструментов целесообразно в случаях точения труднообрабатываемых материалов, когда инструменты имеют малый период стойкости.

Расширение технологических возможностей токарных станков возможно благодаря стиранию грани между токарными и фрезерными станками, добавлению вне центрового сверления, фрезерования контура (т.е. программируется поворот шпинделя); в некоторых случаях возможно резьбонарезание несоосных элементов заготовок.

7. Вспомогательные механизмы станков с ЧПУ включают в себя устройства смены инструмента, уборки стружки, систему смазывания, зажимные приспособления, загрузочные устройства и т.д. Эта группа механизмов в станках с ЧПУ значительно отличается от аналогичных механизмов, используемых в обычных универсальных станках. Например, в результате повышения производительности станков с ЧПУ произошло резкое увеличение количества сходящей стружки в единицу времени, а отсюда возникла необходимость создания специальных устройств для отвода стружки. Для сокращения потерь времени при загрузке применяют приспособления, позволяющие одновременно устанавливать заготовку и снимать деталь во время обработки другой заготовки.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89



10	Рассматривают слайд и задают вопросы по устройству шпинделей станков с ЧПУ. Слушают преподавателя. Фиксируют основные положения в конспектах
11	Рассматривают слайд и задают вопросы по устройству приводов подачи станков с ЧПУ. Слушают преподавателя. Фиксируют основные положения в конспектах
12	Рассматривают слайд и задают вопросы по устройству системы ЧПУ станков с ЧПУ. Слушают преподавателя. Фиксируют основные положения в конспектах
13	Рассматривают слайд и задают вопросы по устройству инструментальных магазинов станков с ЧПУ. Слушают преподавателя. Фиксируют основные положения в конспектах
14	На проверке усвоения называют основные элементы конструкции станков с ЧПУ

### 5. Проверка первичного усвоения нового материала.

Обучаемым выдаются рисунки с пустыми клетками, которые нужно

заполнить по уже изученному материалу.

В ходе проверки учащиеся в течение 10 минут заполняют схему, описывая основные узлы станка, приведенного на схеме и определяя их тип и назначение.

Также учащиеся отмечают взаимосвязь всех указанных узлов станка и единой системы ЧПУ станка.

### 6. Заключительная часть

Давайте в заключение проанализируем устройство нашего станка с ЧПУ. Как мы видим его основные узлы соответствуют общему типу компоновки станков с ЧПУ.

### 3.6. Разработка дидактических средств для занятия

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

Электронные презентации демонстрируются на экране монитора, плазменной панели или с помощью проектора. Этот вид презентаций имеет все технологические и функциональные возможности, необходимые, для

наиболее понятного визуального представления информации и произведения хорошего впечатления на публику.

Такие презентации поддерживают анимацию, видео, звук и интерактивные элементы - все эти возможности можно направить на создание незабываемого эффекта.

Виды электронных презентаций по технике их демонстрации:

Интерактивные презентации, выполняющиеся под управлением пользователя. Используются при демонстрации материала докладчиком перед аудиторией. Процессом демонстрации такой презентации управляет ведущий, сопровождая демонстрацию презентации своими комментариями.

Также презентации такого типа могут показываться в выставочных и торговых залах на экранах информационных киосков, только в этом случае презентацией управляет зритель - человек, которому адресована эта информация.

Непрерывно выполняющиеся презентации. Презентации такого вида используются без участия пользователя. В основном демонстрируются на плазменных панелях и мониторах в презентационных, торговых залах, выставочных стендах и других местах скопления целевой аудитории.

Виды электронных презентаций по типу формата:

Презентации, выполненные в Power Point. Эти презентации являются наиболее легкими в создании. Power Point позволяет создавать простые презентации в виде слайд-шоу, добавляя анимацию, звук и сценарии. Презентации такого типа могут хорошо выглядеть, если созданы профессиональным дизайнером и все ее ингредиенты - графика, текст, анимация - выполнены в едином стиле.

Презентации, выполненные в формате PDF. Презентации такого типа представляют собой набор статичных страниц и идеально подходят для почтовых рассылок или распечатки на принтере. Главными воздействующим факторами в таких презентациях являются красивый дизайн и правильно

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

представленная информация. Основные достоинства - простота, удобство, небольшой размер файла. Недостаток - статичность.

Презентации, выполненные в формате Flash. Этот вид презентаций наиболее технологичен и функционален, потому что технология Flash ни чем не ограничивает дизайнера в воплощении творческого замысла. Flash поддерживает векторную, растровую графику, анимацию, видео, звук, скрипты. Создать красивую и функциональную Flash-презентацию способен только профессиональный flash-дизайнер.

Виды электронных презентаций по способу представления информации:

Статичные презентации - вид презентаций, на которых информация представлена в статике в виде картинок и текста.

Анимированные презентации - вид презентаций, на которых информация представлена с использованием анимации.

Мультимедийные презентации - вид презентаций, в которых применяются анимация, графика, текст, интерактивные элементы, звук, видео.

Видео презентации - вид презентаций, в которых информация представлена в виде видеофильма;

3D-презентации - вид презентаций, в которых информация представлена с использованием трехмерной графики и трехмерной анимации.

Практические рекомендации по созданию презентаций

Создание презентации состоит из трех этапов:

1. Планирование презентации – это многошаговая процедура, включающая определение целей, изучение аудитории, формирование структуры и логики подачи материала. Планирование презентации включает в себя: определение целей, сбор информации об аудитории, определение основной идеи презентации, подбор дополнительной информации, планирование выступления, создание структуры презентации, проверка логики подачи материала, подготовка заключения.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

2. Разработка презентации – методологические особенности подготовки слайдов презентации, включая вертикальную и горизонтальную логику, содержание и соотношение текстовой и графической информации.

3. Репетиция презентации – это проверка и отладка созданной презентации.

#### Рекомендации по дизайну презентации

Чтобы презентация хорошо воспринималась слушателями и не вызывала отрицательных эмоций (подсознательных или вполне осознанных), необходимо соблюдать правила ее оформления.

Презентация предполагает сочетание информации различных типов: текста, графических изображений, музыкальных и звуковых эффектов, анимации и видеофрагментов. Поэтому необходимо учитывать специфику комбинирования фрагментов информации различных типов. Кроме того, оформление и демонстрация каждого из перечисленных типов информации также подчиняется определенным правилам. Так, например, для текстовой информации важен выбор шрифта, для графической — яркость и насыщенность цвета, для наилучшего их совместного восприятия необходимо оптимальное взаиморасположение на слайде.

После создания презентации и ее оформления, необходимо отрепетировать ее показ и свое выступление, проверить, как будет выглядеть презентация в целом (на экране компьютера или проекционном экране), насколько скоро и адекватно она воспринимается из разных мест аудитории, при разном освещении, шумовом сопровождении, в обстановке, максимально приближенной к реальным условиям выступления.

#### *Заключение*

В настоящей выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс изготовления детали «Консоль» с использованием высокопроизводительного оборудования с ЧПУ - обрабатывающий центр с ЧПУ MU-500, что потребовало переобучения рабочих на операторов-

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ, поэтому в методической части проведен анализ Профессионального стандарта № 530н «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» и проведено педагогическое проектирование учебного процесса по теме «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ».

В выпускной квалификационной работе разработан перспективно-тематический план темы «Устройство многоцелевого обрабатывающего центра с ЧПУ», выделено учебное занятие по теме «Классификация и основные узлы многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ», разработан план учебного занятия и презентация в качестве методического обеспечения учебного занятия, как основное средство реализации интерактивной образовательной технологии.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, в ВКР был разработан технологический процесс механической обработки детали «Консоль» в условиях серийного производства с использованием оборудования с ЧПУ.

В спроектированной технологии применяется современный высокопроизводительный обрабатывающий центр с программным управлением.

Это позволило сократить время механической обработки, уменьшить тяжесть труда привлеченных к обработке детали рабочих.

Также была разработана управляющая программа на комплексную операцию на ОЦ с ЧПУ.

В экономической части дипломного проекта были определены единовременные вложения, себестоимость обработки детали по разработанному варианту. Согласно расчетам, технологическая себестоимость изготовления одной детали с применением ОЦ MU-500 равна 294,1 руб.

В методической части проекта была разработана методика проведения урока теоретического обучения для операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А, Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.

2. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.

3. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.

4. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.

5. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург, Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.

6. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008.34с.

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

7. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т.А. Козлова, Т.В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.

8. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.

9. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526с.

10. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.1-656 с., ил.

11. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.

12. Техничко-экономические расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. –сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.

13. Электронный каталог «Pramet», Фрезерование, 2014 г.

14. Электронный каталог «Pramet», Обработка отверстий, 2014 г.

15. Электронный каталог «Pramet», Цельные фрезы, 2015 г.

16. Электронное руководство по эксплуатации OSP-U100L для системы многоцелевого станка.

17. <http://uas.su/books/spesialmethodsforcasting/21/razdel21.php>(Дата доступа 13.05.2018г).

18. <https://cftech.ru/machine/puma-mx2600-series/>(Дата доступа 15.04.2018г).

19. <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/>(Дата доступа 14.03.2018г).

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

20. <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833> (Дата доступа 13.03.2018г).
21. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>(Дата доступа 15.04.2018г).
- 22.<https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>(Дата доступа 28.03.2018г).
23. <https://cftech.ru/machine/puma-mx2600-series/> (Дата обращения 10.04.2018г.).
24. <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/> (Дата обращения 10.04.2018г.).
25. <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833> (Дата обращения 28.04.2018г.).
26. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/> (Дата обращения 21.03.2018г.).
27. <http://uas.su/books/spesialmethodsforcasting/21/razdel21.php> (Дата обращения 07.04.2018г.).
- 28.<http://www.rsvpu.ru> (официальный сайт РГППУ)
- 29.<http://www.zik.ru> (Дата обращения 25.04.2018)
- 30.<http://edu-professional.ru/graduate/> (Дата обращения 20.05.2018)
- 31.<http://profstandart.rosmintrud.ru/web/ps1539914> (Дата обращения 19.05.2018.)

Приложение Б

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1.Консоль Отливка	ДП 44.03.04.807.01	A1	1	
2.Консоль	ДП 44.03.04.807.02	A1	1	
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.807.Д01	A1	1	
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.807.Д02	A1	1	
5.Управляющая программа на опер. 005 (фрагмент)	ДП 44.03.04.807.Д03	A1	1	
6.Технико- экономические показатели проекта	ДП 44.03.04.807.Д04	A1	1	

					ДП 44.03.04.807.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

