

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

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ПРИВОДА»*

**Выпускная квалификационная работа**

по направлению 44.03.04. Профессиональное обучение (по отраслям),  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 149

Екатеринбург 2017

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ

Заведующая кафедрой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г

### **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ПРИВОДА»*

Идентификационный код ВКР: 149

Исполнитель:

студент группы ТО-402

С.Ю. Васильев

Руководитель:

доцент, к.п.н

Д.Г. Мирошин

Нормоконтролер:

доцент, к.т.н

В.П. Суриков

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Работа выполнена на основании данных АО ЕВРАЗ НТМК.

Дипломный проект содержит 95 листов машинописного текста, 48 таблиц, 10 рисунков, 30 используемых источников, приложения на 3 листах, графическую часть на 6 листах.

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

В дипломном проекте совершенствуется технологический процесс механической обработки детали «Корпус привода».

Направление совершенствования – изменения формы заготовки, применения современного высокотехнологичного оборудования, прогрессивного инструмента и оснастки.

Так же в работе приведено экономическое обоснование предлагаемого технологического процесса, разработка управляющей программы и методика проведения учебного занятия в учебном центре предприятия.

					<b>ДП 44.03.04.149 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Выполнил</i>	<i>Васильев С.Ю.</i>				Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус привода»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Мирошин Д..Г.</i>							95
<i>Н. Контр.</i>	<i>Суриков В.П.</i>					ФГАОУ ВО РГПТУ ИИПО Гр. ТО-402		
<i>Утверд.</i>	<i>Бородин Н.В.</i>							

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ .....	7
1.1. Назначение и технические характеристики детали .....	7
1.2. Анализ технологичности конструкции .....	8
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	11
2.1. Определение типа производства .....	11
2.2. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	12
2.3. Выбор заготовки и метод ее получения .....	14
2.4. Выбор технологических баз и разработка схем базирования.....	16
2.5. Разработка технологического маршрута обработки детали .....	18
2.6. Выбор и описание оборудования.....	22
2.7. Выбор и описание металлорежущего инструмента.....	24
2.8. Расчет припусков на механическую обработку .....	34
2.9. Назначение режимов резания.....	38
2.10. Расчет технических норм времени .....	40
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	43
4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ .....	50
4.1. Размер капитальных вложений .....	50
4.2. Расчет технологической себестоимости детали .....	52
4.3. Затраты на электроэнергию .....	60
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	74
5.1. Вводная часть.....	74

5.2. Анализ профессионального стандарта .....	75
5.3. Составление учебно-тематического плана переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» на базе «ЦПП Евраз-Урал».....	81
5.4. Анализ содержания темы «Допуски и посадки, технические измерения» .....	83
5.5. Разработка занятия теоретического обучения .....	85
5.5. Заключение методической части .....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ А Перечень графических материалов .....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Презентация нового материала.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ В Комплект технической документации.....	104

## **ВВЕДЕНИЕ**

Машиностроение – ключевая отрасль народного хозяйства, обеспечивающая техническое перевооружение всех его отраслей, оно включает в себя постоянное совершенствование и модернизирование станков, машин и других механизмов.

Одним из основных направлений в машиностроении является выбор экономичных форм заготовки, которые дают наименьшие технологические отходы.

Целью дипломного проекта является совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус привода».

Решаются следующие задачи:

- Проанализировать вид заготовки изменить ее форму и размеры
- Проанализировать базовый технологический процесс и усовершенствовать его, используя новое оборудование, инструмент, оснастку
- Разработать управляющую программу механической обработки детали «Корпус привода»
- Разработать методику переподготовки рабочих кадров по профессии оператор наладчик станков с ЧПУ
- Экономически обосновать предлагаемые изменения

## **1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ**

### **1.1. Назначение и технические характеристики детали**

Деталь «Корпус привода» применяется в гидравлическом регулируемом моторе. Моторы этой серии предназначены для эксплуатации в трансмиссиях с открытым и закрытым контуром.

Шесть отверстий М8-7Н на нижней плоскости предназначены для крепления крышки привода. Четыре отверстия  $\varnothing 13H14$  предназначены для крепления корпуса привода к блоку мотора.

Внутри корпуса привода в отверстия  $\varnothing 30H7$  и  $\varnothing 28H7$  устанавливаются шестерни с подшипниками скольжения. Отверстия  $\varnothing 30H14$  и  $\varnothing 35H14$  предназначены для установки приводного вала от корпуса в блок мотора.

Деталь «Корпус привода» изготавливается из литейного алюминия марки АМ5(АЛ-19)-Т5 по ГОСТ 1583-93.

Данный сплав применяется для изготовления фасонных отливок, сплав высокопрочный жаропрочный.

Сплав АЛ19 относится к системе Al-Cu-Mn с добавкой 0,15-0,35% Ti.

Фазовый состав сплава в литом состоянии следующий:  $\alpha$ -твердый раствор+CuAl+T (Al<sub>12</sub>Mn<sub>2</sub>Cu)+Al<sub>3</sub>Ti; при наличии в сплаве примесей железа и кремния образуется фаза AlSiFeMn. Примесь магния даже в очень небольших количествах (более 0,05%) приводит к образованию фазы S(Al<sub>2</sub>CuMg) и тройной эвтектики  $\alpha$ +Si+S с температурой плавления 507°C.

Температура нагрева под закалку обуславливается температурой плавления двойной эвтектики  $\alpha$ +CuAl<sub>2</sub>(548°C); для обеспечения большей степени пересыщения твердого раствора без опасения пережога рекомендуется применять двухступенчатый нагрев.

Приведем в таблицах 1 и 2 химический состав и механические свойства алюминиевого сплава марки АМ5.

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.149 ПЗ				

Таблица 1- Химический состав сплава AM5 в % (по ГОСТу 1583-93)

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Mg	Ni
до 0,2	до 0,3	0,6-1,0	0,15-0,35	92,45-94,75	4,5-5,3	до 0,05	до 0,1

Таблица 2 - Механические свойства сплава AM5 (по ГОСТу 1583-93)

$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
294-333	2,0-8,0	95,5

Сплав AM5 дает малую усадку в процессе литья, практически не образует трещин. При этом отливки, за счет его малого интервала кристаллизации (близкого к нулю), обладают небольшой пористостью.

Данный сплав подходит для условий работы детали «Корпус привода».

## 1.2. Анализ технологичности конструкции

### *Качественный анализ*

+ Конфигурация детали и материал, из которого она изготовлена, позволяет применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки.

+ При конструировании детали использовались простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы обработки. Предусмотрены удобные и надежные технологические базы.

+ Обеспечена достаточная жесткость детали.

+ Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки. Конструкция детали позволяет выполнять обработку на многошпиндельных станках.

В детали отсутствуют не технологические элементы конструкции.

					ДП 44.03.04.149 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



### Количественный анализ

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 3 и 4, в которых  $T_i$  - квалитеты,  $Ш_i$  - значение параметра шероховатости,  $n_i$  – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости,  $Ш_{ср}$  - среднее значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей,  $T_{ср}$  - средний квалитет точности обработки, коэффициент шероховатости поверхности – Кш.

Определим коэффициент точности, результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – определение коэффициента точности

$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$
7	10	70
9	1	9
12	2	24
14	29	406
15	2	30

$$\sum n_i = 44;$$

$$\sum T_i \cdot n_i = 539$$

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{539}{44} = 12,25 \quad (1)$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{1}{12,25} = 0,918 \quad (2)$$

Коэффициент точности приближается к единице (0,918), что подчеркивает сравнительно невысокую точность механической обработки

Коэффициент шероховатости определим по [3, стр229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

Ши	ni	Ши*ni
2,5	4	10
6,3	11	69,3
12,5	13	162,5
$\sum ni=28$		$\sum Ши*ni=241,8$

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ши \cdot ni}{\sum ni} = \frac{241,8}{28} = 8,63 \quad (3)$$

$$КШ = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}} = 1 - \frac{1}{8,63} = 0,88 \quad (4)$$

Коэффициент шероховатости также близок к единице (0,88), что в свою очередь говорит о сравнительно невысоких требованиях к шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Коэффициент использования материала:

$$K_M = \frac{K_{ДЕТ}}{K_{ЗАГ}} = \frac{1,7}{2,7} = 0,63 \quad (5)$$

В целом к детали предъявляются невысокие требования по точности геометрических параметров и шероховатости, деталь является технологичной.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 2.1. Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, определяемая по признакам ширины номенклатуры, ее объема и регулярности выпуска изделий. Выделяют следующие типы производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004-83).

Единичное производство можно охарактеризовать малыми партиями выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых не предусматривается.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий партиями, производство которых, возможно повторить. Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Серийное производство подразделяется на крупно-, средне-, и мелкосерийное.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, изготавливаемых непрерывно в течении продолжительного времени, когда на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

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

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

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

При массе детали  $m_{\text{ДЕТ}} = 1,7$  кг и  $N = 10000$  шт, ориентировочно принимаем тип производства – среднесерийное.

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{248} = \frac{10000 \cdot 6}{248} = 242 \text{ шт} \quad (6)$$

В среднесерийном типе производства используется универсальное, Специализированное и частично специальное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ.

Технологическая оснастка в основном универсальная. Широкое распространение имеет универсально-сборная, переналаживаемая и специальная технологическая оснастка, существенно повышающая коэффициент оснащенности серийного производства.

В качестве исходной заготовки обычно используется горячий и холодный прокат, литье в землю и под давлением, точное литье, поковки и точные штамповки и прессы.

Требуемая точность достигается как методами автоматического получения размеров, так и методами пробных ходов и промеров с частичным применением разметки.

Средняя квалификация рабочих выше, чем в массовом производстве, но ниже чем в единичном. Себестоимость продукции – средняя.

## **2.2. Анализ заводского технологического процесса обработки детали**

*Характеристика технологического процесса.*

По признакам технологический процесс относят:

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

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

Общее число операций 21, в том числе разметочных 2, фрезерных 8, слесарных 7, сверлильных 3, токарных 1, клеймение 1, контрольная 2, консервация 1.

В таблице 6 приведены все операции механической обработки заводского процесса изготовления детали

Таблица 6 - Обработка заводского процесса изготовления детали.

Операция	Количество установов	Вспомогательное время
20 Фрезерная	1	2,26
30 Фрезерная	1	6,0
50 Фрезерная	1	1,71
70 Фрезерная	1	1,99
80 Фрезерная	1	1,73
90 Фрезерная	1	1,34
120 Сверлильная	1	5,41
130 Сверлильная	1	1,03
150 Токарная	1	6,3
155 Фрезерная	1	1,4
170 Сверлильная	1	1,34
190 Фрезерная	1	1,6
Всего	12	32,11

В базовом технологическом процессе для изготовления детали «корпус привода» предусмотрено 12 операций механической обработки, вспомогательное время равно 32,11 мин, что составляет 27% от общего времени изготовления детали.

В проектируемом технологическом процессе планируется сокращение количества операций и вспомогательного времени.

### 2.3. Выбор заготовки и метод ее получения

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из основных и ответственных этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От верного выбора заготовки, установления ее форм, размеров, точности размеров, припусков на обработку и твердости материала в значительной степени зависит характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента и в итоге, стоимость изготовления детали.

Исходные данные:

- масса детали 1,7 кг;
- габариты детали: 226x194x90 мм;
- материал – сплав АЛ-19 ГОСТ 1583-93;
- годовое число деталей 10000 шт.

Сегодня в машиностроении для получения заготовок деталей используются разнообразные способы их изготовления [3]:

- способы литья (в землю, в опоках, кокильное, центробежное, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, под давлением и др.);
- способы пластического деформирования металлов (свободная ковка, ковка в подкладных штампах, штамповка на молотах и прессах, периодический и поперечный прокат, высадка, выдавливание и др.);
- резка;
- комбинированные способы штамповки – сварки, литья – сварки;
- порошковая металлургия и пр.

Главными факторами, от которых зависит выбор технологического процесса получения заготовки, являются следующие [3]:

- конструктивные формы готовой детали;
- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;
- размеры и масса заготовки;

- количественный выпуск деталей в единицу времени и объемы партий;
- стоимость полуфабриката, используемого для получения заготовки;
- себестоимость заготовки, полученной выбранным способом;
- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Учитывая заданный материал – сплав АЛ-19, требуемой точностью изготовления заготовки - для данной детали «Корпус привода» мы выбираем способ получения заготовки – отливка в кокиль.

По форме и конфигурации заготовка будет напоминать готовую деталь. Масса заготовки – 2,7 кг.

Кокильным литьем называют процесс изготовления отливок посредством свободной заливки расплавленного металла в кокили. (от фр. Coquille – раковина, скорлупа) – металлическая форма с принудительным или естественным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил.

Формирование отливки происходит при интенсивном отводе теплоты от расплавленного металла, от затвердевающей и охлаждающейся отливки к массивному металлическому кокилю, что обеспечивает более высокие плотность металла и механические свойства, чем у отливок, полученных в песчаных формах.

Отличительная особенность литья в кокиль состоит в возможности многократного использования металлической формы (кокиля). Высокая прочность материала металлической формы позволяет наиболее точно выполнять рабочие поверхности формы, что обеспечивает высокое качество литой поверхности. Благодаря высокой теплопроводности формы отливка быстро затвердевает.

Однако способ литья в кокили также имеет и недостатки, в числе которых следующие.

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления.

2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле.

3. Высокая интенсивность охлаждения расплава в кокиле в сравнении с песчаной формой.

4. Неподатливость кокиля, которая приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда и трещин.

5. Использование в кокиле большого числа песчаных стержней.

Эффективность литья в кокиль обычно определяют в сравнении с литьем в песчаные формы. Экономический эффект достигается благодаря устранению формовочной смеси, увеличению качества получаемых отливок, их точности, уменьшению припусков на обработку, снижению трудоемкости очистки и обрубки отливок, механизации и автоматизации основных операций и, как следствие, повышению производительности и изменению условий труда.

Исходя из этого, литье в кокиль с полным основанием можно отнести к трудо- и материалосберегающим, малооперационным и малоотходным технологиям получения заготовок, улучшающим условия труда в литейных цехах и уменьшающим вредное воздействие на окружающую среду.

#### **2.4. Выбор технологических баз и разработка схем базирования**

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используются для определения положения изделия в процессе изготовления. Выделяют основные и вспомогательные технологические базы, черновые и чистовые базы. К основным технологическим базам относят верхний фланец, поверхность  $\varnothing 55e9$  и четыре отверстия  $\varnothing 13H14$ . К

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16



вспомогательным базам относят нижнюю плоскость, отверстие  $\varnothing 30H7$  и отверстия  $\varnothing 28H7$ .

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первой операции, когда отсутствуют обработанные поверхности.

В нашем случае черновой базой будут торец «А», отв. «Б» и торец «В». Поверхность «А» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отв. «Б» – 2-х степеней свободы (двух перемещений), торец «В» – одной степенью свободы (одного вращения). Таким образом, базирование полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 1.

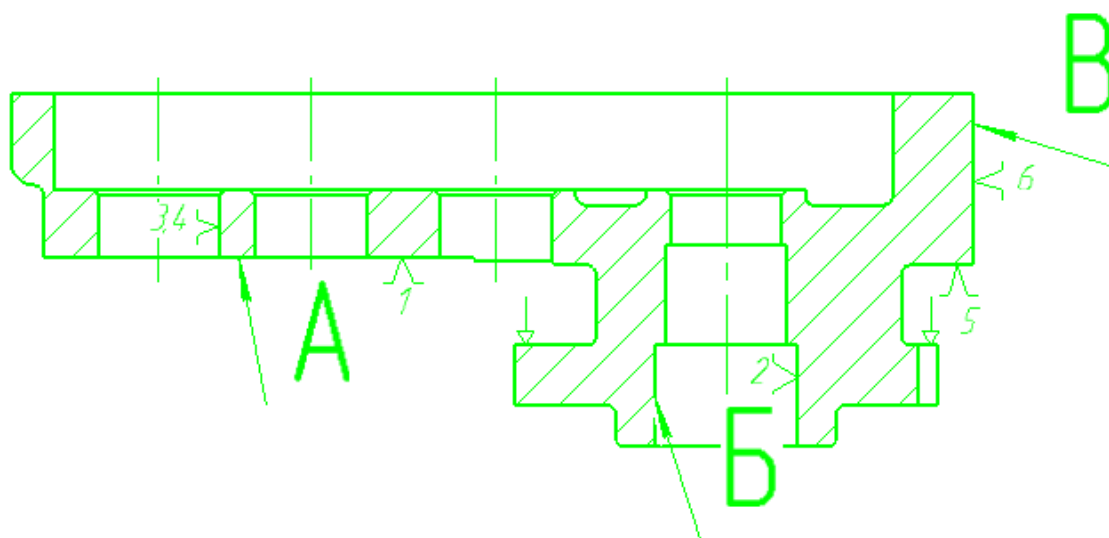


Рисунок 1 – Черновые базы

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке.

Чистовыми базами при втором установе являются торец «Г», отверстие «Д» и поверхность «Е». Торец «Г» – лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отверстие «Д» лишает деталь 2-х степеней свободы (двух перемещений), торец «Е» лишает деталь одной степени свободы (одного вращения). Таким образом, базирование полное.

Чистовое базирование представлено на рисунке 2.

Чистовыми базами при третьем установе являются торец «Ж», отв. «И» и торец. «К». Поверхность «Ж» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отв. «З» – 2-х степеней свободы (двух перемещений), торец. «К» – одной степенью свободы (одного вращения). Таким образом, базирование полное.

Чистовое базирование представлено на рисунке 3.

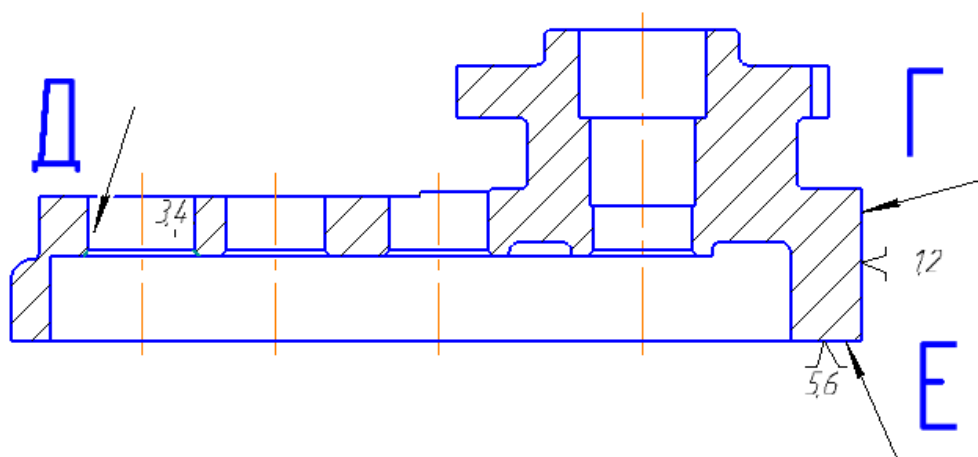


Рисунок 2 – Чистовые базы при установе А

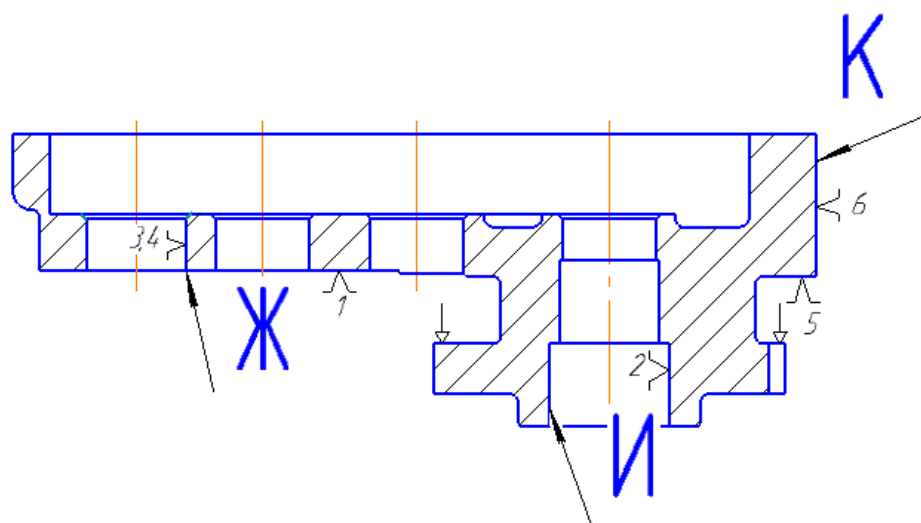


Рисунок 3 – Чистовые базы при установе Б

## 2.5. Разработка технологического маршрута обработки детали

Основными задачами обработки резанием является изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных конструкторами материалов при минимально возможных производственных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

18

затратах. В зависимости от этих требований разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование и режущий инструмент.

Технические требования, предъявляемые к детали, соответствуют требованиям, предъявляемым к детали «Корпус привода». На основании анализа технических требований сформулированы основные технологические задачи:

Обеспечить точность размеров:

- отверстий Ø28 и Ø30 по 7-му квалитету, отверстий М8 по квалитету 7Н, поверхность Ø55 по 9-му квалитету, межосевые расстояния 38, 46 и 58 по 10-му квалитету, размеры 10мм и 78мм по 12-му квалитету, размеры 41мм и 42мм по 15-му квалитету, остальные поверхности и размеры по 14-му квалитету.

Обеспечить качество:

- отверстий Ø28H7, Ø30H7 и верхние плоскости по Ra2,5мкм; нижние плоскости разъёма, поверхность Ø55e9, отв. М8-7Н по Ra6,3мкм; остальные поверхности по Ra 12,5мкм.

- Обеспечить допуск параллельности нижней и верхней плоскостей в пределах 0,05 мм на длине 100мм, относительно базы Е.

- Обеспечить допуск перпендикулярности поверхности Ø55e9 в пределах 0,1 мм на диаметр, относительно верхней плоскости.

- Обеспечить допуск симметричности отверстия Ø36h14 в пределах 1 мм на диаметр, относительно базы Д.

- Обеспечить позиционный допуск отверстий Ø13мм в пределах 0,5мм на диаметр.

- Обеспечить позиционный допуск отверстий М8-7Н в пределах 0,5мм на диаметр относительно базы В.

На рисунке 4 показаны поверхности для обработки детали «Корпус привода»

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

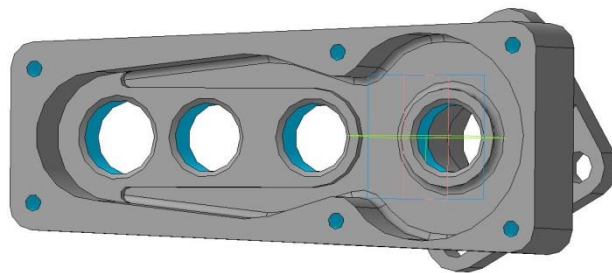
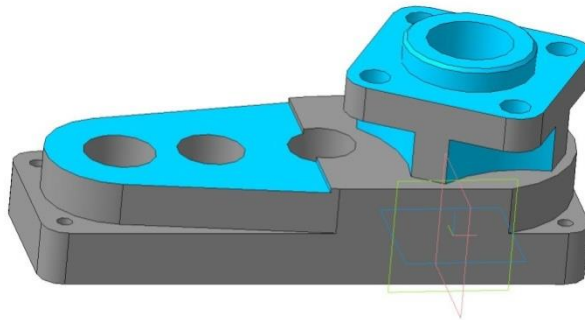
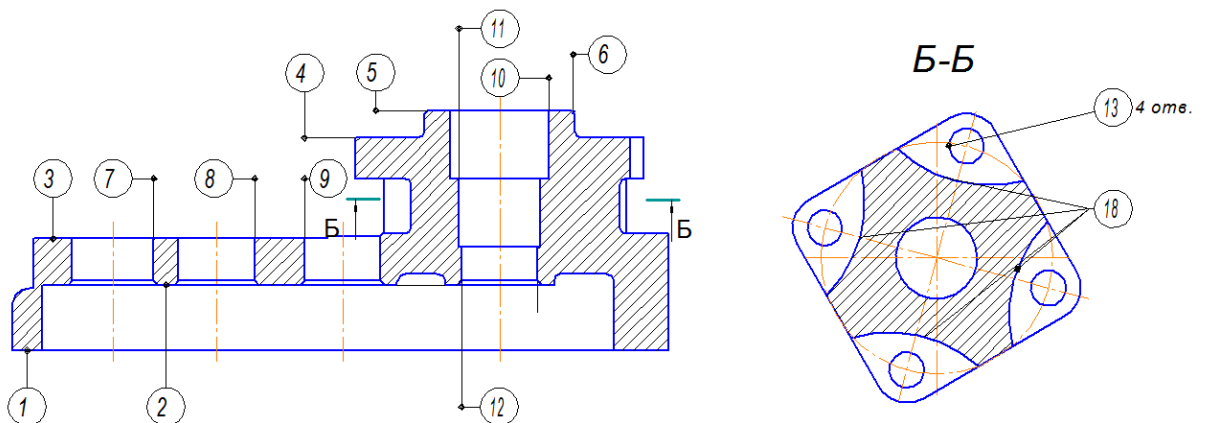


Рисунок 4 - Поверхности детали, подлежащие механической обработке



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

20

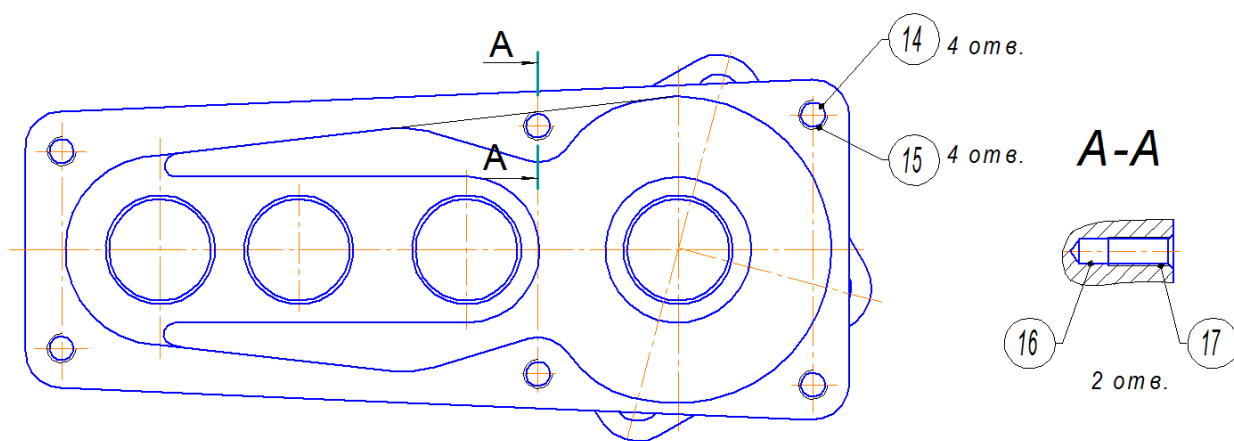


Рисунок 5 - Нумерация поверхностей

Для получения заданной формы детали с определенными характеристиками поверхностей назначаем следующие технологические переходы:

Таблица 7 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус привода»

Наименование операции, установ	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
010 Комплексная с ЧПУ	Фрезеровать поверхности однократно	1,2
	Расверлить отверстие Ø26 предварительно	7
020 Комплексная с ЧПУ	Фрезеровать поверхности однократно	3,4,5,6
	Фрезеровать поверхности однократно	18
	Расверлить отверстие Ø36	10
	Расверлить отверстие Ø30	11
	Сверлить 4 отверстия Ø13	13
030 Комплексная с ЧПУ	Расверлить 3 отверстия Ø26 предварительно	8,9,12
	Расточить 4 отверстия Ø27	7,8,9,12
	Расточить 3 отверстия Ø28H7 окончательно	8,9,12
	Расточить отверстие Ø30H7 окончательно	7
	Сверлить 6 отверстий Ø6,7	14,16
	Нарезать резьбу М8 – 6 отверстий	15,17

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

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

21

Заключительными операциями являются: слесарная, контрольная, маркировка, упаковывание, транспортировка.

В базовом варианте количество установов равно двенадцати. В разрабатываемом технологическом процессе планируется производить три установка заготовки с обработкой всех необходимых поверхностей. Уменьшение количества установов возможно осуществить в результате применения современных фрезерных обрабатывающих центров.

## **2.6. Выбор и описание оборудования**

Сегодня большее число предприятий, занимающихся механической обработкой, имеют в своем распоряжении станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ способны осуществить все те же функции, что и обычные универсальные станки с ручным управлением, однако перемещения исполнительных органов этих станков управляются электроникой. В чем же основное преимущество станков с ЧПУ и почему все большее число заводов предпочитает вкладывать деньги именно в современное оборудование с автоматическим управлением, а не покупать относительно дешевые универсальные станки?

Первым, очевидным плюсом от использования станков с ЧПУ является повышенный уровень автоматизации производства. При этом главной работой станочника-оператора являются в основном подготовительно-заключительные операции: установка и снятие детали, наладка инструмента и т. д. В результате один работник может работать одновременно с несколькими станками.

Вторым преимуществом является производственная гибкость. Это говорит о том, что для обработки различных деталей нужно всего лишь заменить уже имеющуюся, готовую программу.

Третьим плюсом являются высокая точность и повторяемость обработки. По одной и той же программе возможно изготовить с требуемым

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.149 ПЗ					

качеством большое число практически идентичных деталей. Кроме того, ЧПУ позволяет обрабатывать такие детали, которые крайне трудно или совершенно невозможно изготовить на обычном оборудовании. Это детали со сложной пространственной формой.

Также стоит обратить внимание на то, что сама методика работы по программе позволяет более точно предсказывать время обработки некоторой партии деталей и соответственно более полно загружать оборудование.

Станки с ЧПУ стоят достаточно дорого и требуют больших затрат на установку и обслуживание, чем обычные станки. Тем не менее их высокая производительность легко может перекрыть все затраты при грамотном использовании и соответствующих объемах производства.

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр OKUMA MA-650V.



Рисунок 6 - Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр

Серия вертикально-фрезерных обрабатывающих центров MA-V оснащена системой двойных направляющих и комбинирует возможность тяжелой обработки на роликовых направляющих с высокоскоростной на линейных направляющих. Такой подход позволил специалистам корпорации OKUMA создать универсальные станки, которые способны решить любые производственные задачи заказчиков.

Таблица 8 – Технические характеристики обрабатывающего центра

<b>Технические характеристики</b>	<b>MA-650V</b>
Размер рабочей поверхности стола (X x Y), мм	1530 x 660
Допускаемая нагрузка на стол, кг	1500
Величина перемещений по рабочим осям (X/Y/Z), мм	1530/660/610
Быстрая подача (X/ Y/ Z), м/мин	40/40/30
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	12000/25000
Мощность шпинделя, кВт	22/15
Емкость инструментального магазина	48/60

Данный станок оптимально соответствует необходимым требованиям обработки детали «Корпус привода».

## **2.7. Выбор и описание металлорежущего инструмента**

Важным фактором повышения эффективности производства является режущий инструмент, доля которого в себестоимости металлообработки составляет 3-5%, но от выбора, которого существенно, до нескольких раз, зависят показатели технологического процесса.

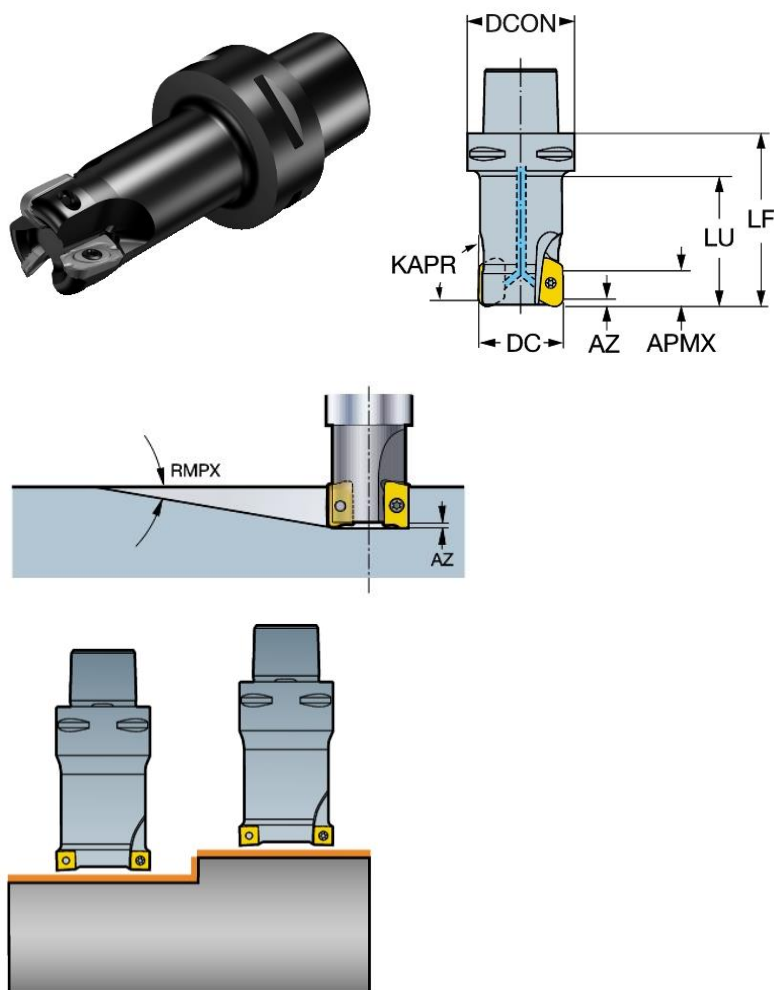
В области выбора инструмента оптимальный путь к повышению производительности – выбор современного инструмента и правильное его использование. Все инструменты, выбираемые по системе ISO, оптимизированы для основных групп обрабатываемых материалов и видов операций. Они изначально предназначены для работы с высокой производительностью. Система ISO обеспечивает несложный и быстрый выбор наилучшего сочетания геометрии режущих кромок и марки инструментального материала для конкретной операции, инструмент выбираем по каталогу фирмы «Сандвик».

Для фрезерной обработки будут использоваться фрезы CoroMill® 790 которые являются первым выбором для обработки материалов группы ISO N (цветные сплавы). Это высокоэффективное решение для фрезерования обеспечивает высокую надёжность и точность обработки.

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24



1. фреза Ø31,75 мм RA790-032M32S2-16L



Данные о продукции

Диаметр резания (DC) 31,75 mm

Число режущих элементов (СИСТТОТ) 3

Мах глубина резания (APMXPFW) 12 mm

Мах угол врезания (RMPXFFW) 13 deg

Мах глубина врезания (AZ) 2 mm

Рабочая длина (LU) 38,1 mm

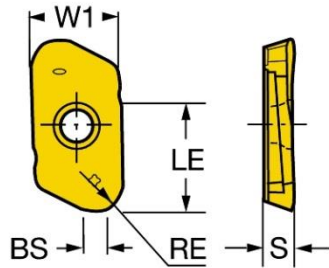
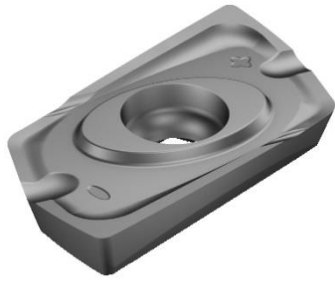
Для данной фрезы будет использована пластина R790-160408PH-NMH13A

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

25



Ширина пластины (W1) 11 mm

Эффективная длина режущей кромки (LE) 12 mm

Длина кромки Wiper (BS) 1 mm

Радиус при вершине (RE) 0,8 mm

Угол между главной режущей кромкой и wiper (KRINS) 90 deg

Исполнение (HAND) R

Сплав (GRADE) H13A

Толщина пластины (S) 4 mm

fz 0.3 mm(0.1-0.5)

vc 935 m/min(1000-875)

2. фреза Ø63,5 мм RA790-063R25S1-22M

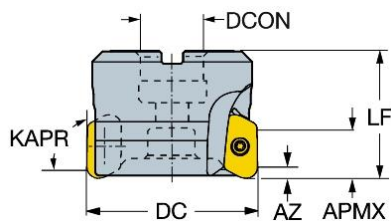


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

26



Данные о продукции

Диаметр резания (DC) 63,5 mm

Число режущих элементов (СИСТТОТ) 5

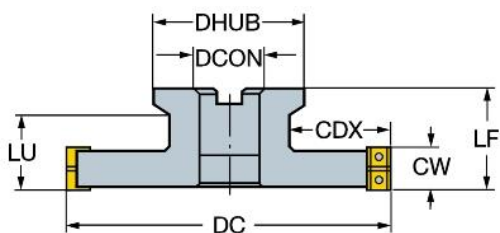
Мах глубина резания (APMXPFW) 18 mm

Мах угол врезания (RMPXFFW) 9 deg

Мах глубина врезания (AZ) 3 mm

Функциональная длина (LF) 57,15 mm

3. фреза Ø101,5 mm R331.32-101R25FM0.472



Ширина резания (CW) 12 mm

Min ширина резания (CWN) 12 mm

Мах ширина резания (CWX) 15 mm

Диаметр резания (DC) 101,6 mm

Мах глубина резания (CDX) 21,996 mm

Число режущих элементов (СИСТТОТ) 8

Функциональная длина (LF) 62,992 mm

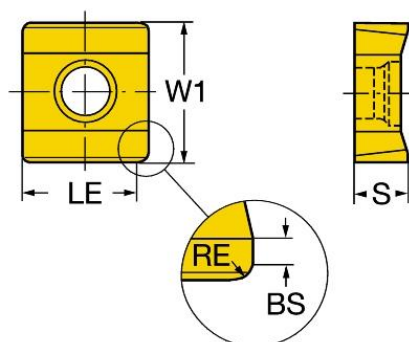
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

27

## Применяемые пластины N331.1A-08 45 08H-WM530



Ширина пластины (W1) 9,5 mm

Эффективная длина режущей кромки (LE) 7,7 mm

Радиус при вершине (RE) 0,8 mm

Угол между главной режущей кромкой и wiper (KRINS) 90 deg

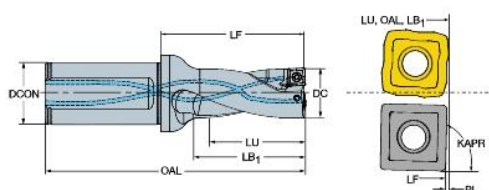
Сплав (GRADE) 530

Толщина пластины (S) 4,45 mm

fz 0.18 mm(0.08-0.25)

vc 1015 m/min(1040-990)

4. для сверления отверстий диаметром 36 мм будет использоваться сверло 880-D3600L40-02



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

28

Диаметр резания (DC) 36 mm

Рабочая длина (LU) 72 mm

5. для сверления отверстий диаметром 30 мм будет использоваться сверло 880-D3000L40-02

Диаметр резания (DC) 30 mm

Рабочая длина (LU) 120 mm

6. для сверления отверстий диаметром 26 мм будет использоваться сверло 880-D2600L40-02



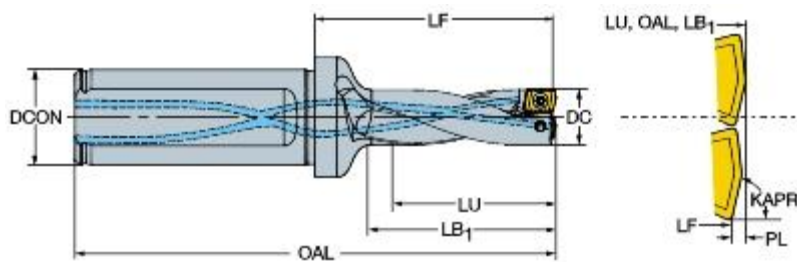
Диаметр резания (DC) 26 mm

Рабочая длина (LU) 104 mm

6. для сверления отверстий диаметром 13 мм будет использоваться сверло 880-D1300L20-05



					ДП 44.03.04.149 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29



Диаметр резания (DC) 13 mm

Рабочая длина (LU) 65 mm

Главный угол в плане (KAPR) 79 deg

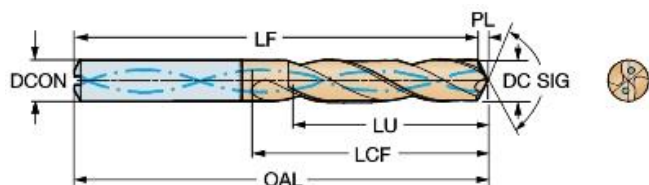
Высота режущей части (PL) 0,385 mm

Общая длина (OAL) 131 mm

Функциональная длина (LF) 80,615 mm

Длина корпуса (LB1) 68 mm

6. для сверления отверстий диаметром 6,7 мм будет использоваться сверло 860.1-0670-040A0-PM 4234



Данные о продукции

Диаметр резания (DC) 6,7 mm

Рабочая длина (LU) 34,6 mm

Отношение рабочей длины к диаметру (ULDR) 5,164

Сплав (GRADE) 4234

Общая длина (OAL) 91 mm

скорость резания 144 m/min

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

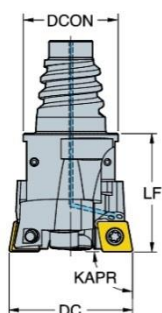
ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

30

подача на оборот 0.18 mm

7. Для черновой расточки отверстий будет использована расточная головка BR20-29CC06F-EH20



in диаметр резания (DCN) 23 mm

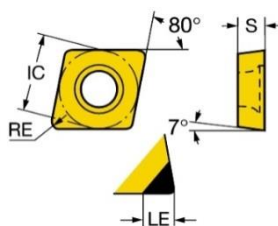
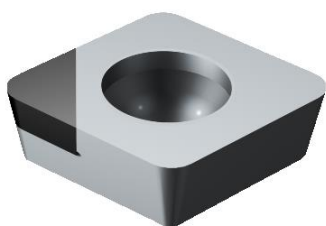
Мах диаметр резания (DCX) 29 mm

Главный угол в плане (KAPR) 90 deg

Число режущих элементов (СИСТ) 2

пластина

CCMW060204FP CD05



Эффективная длина режущей кромки (LE) 2,9 mm

Радиус при вершине (RE) 0,397 mm

Наличие кромки Wiper (WEP) false

Сплав (GRADE) CD05

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

31

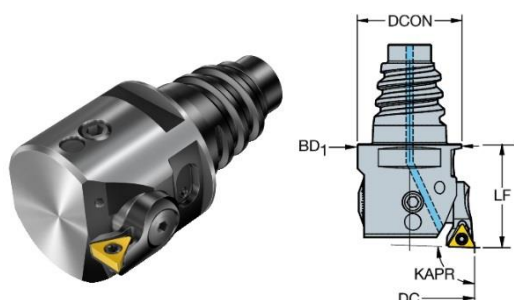
Толщина пластины (S) 2,381 mm

ap 0.5 mm(0.1-2.3)

fn 0.1 mm/r(0.05-0.2)

vc 2000 m/min(2500-250)

8. Для чистовой расточки будет использована расточная головка 825-36ТС06-ЕН25



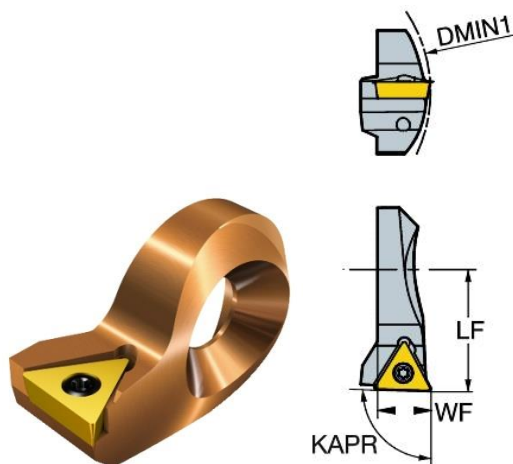
Min диаметр резания (DCN) 28 mm

Max диаметр резания (DCX) 36 mm

Главный угол в плане (KAPR) 92 deg

Число режущих элементов (СИСТ) 1

Резцовая вставка R825A-AF11STUC06T1A



Пластина

TCGX 06 T1 04-AL H10

Размер и форма пластины (CUTINTSIZESHAPE) TC06T1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

32



Форма пластины (SC) T

Эффективная длина режущей кромки (LE) 6,22 mm

Радиус при вершине (RE) 0,397 mm

Сплав (GRADE) H10

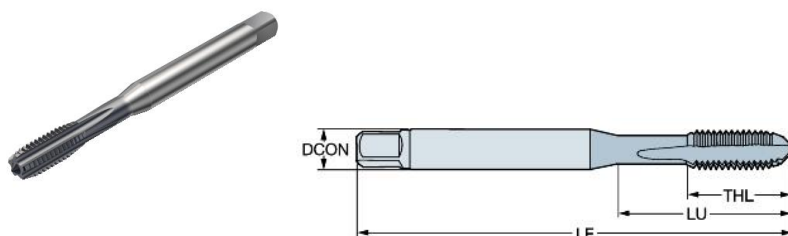
Толщина пластины (S) 1,98 mm

ap 1 mm(0.5-2)

fn 0.2 mm/r(0.1-0.3)

vc 2000 m/min(2500-250)

6. для нарезания резьбы будет использован метчик T100-КМ100АА-М8 D210



Размер резьбы (TDZ) M 8

Шаг резьбы (TP) 1,25 mm

Диаметр резьбы (TD) 8 mm

Диаметр предварительно обработанного отверстия (PHD) 6,7 mm

Способность выполнения/наличие глухих отверстий (BHFP) true

Класс точности резьбы (TCTR) 6HX

Рабочая длина (LU) 33,5 mm

Сплав (GRADE) D210

Функциональная длина (LF) 90 mm

Число стружечных канавок (NOF) 5

Нарезание резьбы метчиком

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

33

## 2.8. Расчет припусков на механическую обработку

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

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

### Расчет припусков аналитическим методом

Определим припуск на размер отверстия  $\varnothing 30H7(30_{+0}^{+0,021})$ .

Технологический маршрут обработки отверстия  $\varnothing 30H7(30_{+0}^{+0,021})$ .

- сверление;
- полустоговое растачивание;
- чистовое растачивание

Определим элементы припуска [23, с. 186 табл. 12; с. 188 табл. 25] и занесем их в таблицу 9.

Определим пространственные отклонения заготовки [4, с 67 табл. 4.7]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{пер}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (7)$$

где  $\rho_{\text{см}}$  - смещение расположения отверстия, примем 0,5мм;

$\rho_{\text{пер}}$  - перекос оси отверстия, примем 2,5 мм

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{0,5^2 + 2,5^2} = 2,55\text{мм} = 2550\text{мкм} \quad (8)$$

Остаточные пространственные отклонения [4, с. 37]:

- после черного растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2550 = 127 \text{ мкм} \quad (9)$$

- после полустогового растачивания:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 2550 = 102 \text{ мкм} \quad (10)$$

					ДП 44.03.04.149 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Погрешность установки определим по [4, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 9.

Расчетный минимальный припуск определим по формуле и занесем в таблицу 9.

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (11)$$

Графу  $D_p$  заполняем, начиная с последнего (чертежного) размера путем последовательного прибавления 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  $D_{\min}$ .

Результаты занесем в таблицу 9.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

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

Максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{\text{np}} = D_{\max}^{\text{np}} - D_{\max i-1}^{\text{np}} \quad (13)$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 9.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{оном}} = 2 \cdot Z_{0\min} + \frac{\delta_3}{2} - \delta_3 = 5,8 + \frac{0,8}{2} - 0,021 = 6,179 \text{ мм} \quad (14)$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{\text{np}} - Z_{\min i}^{\text{np}} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad (15)$$

$$5,78 - 5,31 = 0,8 - 0,33 = 0,47 \text{ мм}$$

$$0,51 - 0,232 = 0,33 - 0,052 = 0,278 \text{ мм}$$

$$0,31 - 0,279 = 0,052 - 0,021 = 0,031 \text{ мм}$$

На рисунке 7 изобразим графическую схему припусков и допусков.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.149 ПЗ					35

Таблица 9 - Расчет припусков и допусков на отверстие  $\text{Ø}30\text{H}7(30_{+0}^{+0,021})$ .

Технологические переходы обработки отверстия $\text{Ø}30\text{H}7(30_{+0}^{+0,021})$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $D_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мм	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\min}^{\text{np}}$	$D_{\max}^{\text{np}}$	$2 \cdot Z_{\min}^{\text{np}}$	$2 \cdot Z_{\max}^{\text{np}}$
Заготовка	200	100	2550	-	-	23,4	0,80	23,4	24,2	-	-
Сверление	50	70	127	130	2*2853	29,18	0,33	29,18	29,51	5,31	5,78
Зенкерование	20	25	102	100	2*282	29,69	0,052	29,69	29,74	0,232	0,51
Развертывание	10	10	-	40	2*155	30,0	0,021	30,0	30,021	0,279	0,31

$$2 \cdot Z_{0\min} = 5,8 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 6,6 \text{ мм}$$

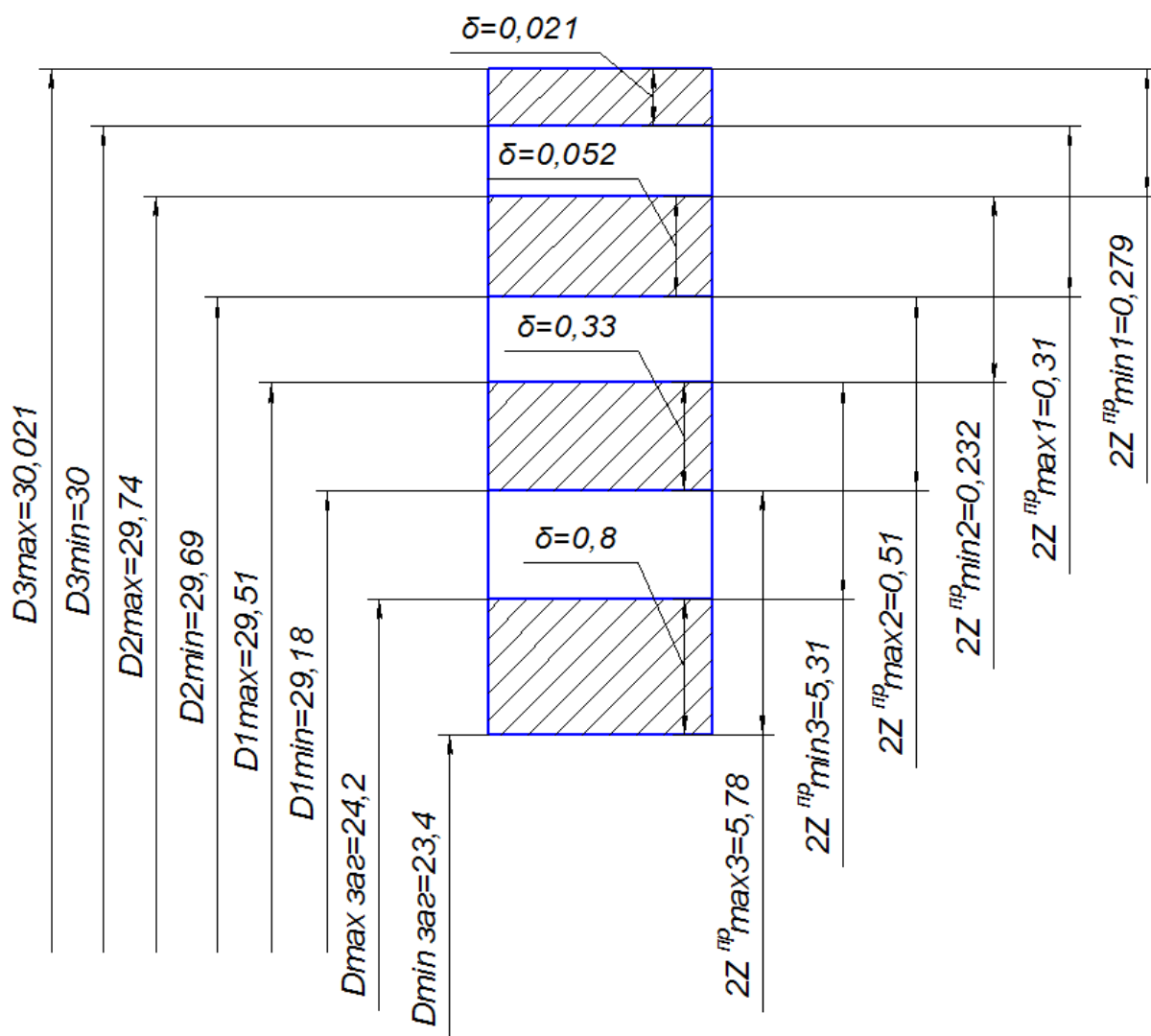


Рисунок 7 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\text{Ø}30\text{H}7(30^{+0,021}_0)$

*Опытно-статистический (табличный) метод расчета припусков*

При определении величины общего припуска следует учитывать основные факторы, способ получения заготовки, форму и размеры, точность и толщину дефектного слоя обрабатываемых поверхностей детали.

Таблица 10 - Расчет припусков на механическую обработку и допусков опытно-статистическим методом

Чертежный размер, мм	Припуск на сторону, мм	Размер заготовки, мм	Допуск, мм
1	2	3	4
Ø55	2,5	Ø60	2
Ø28	2	Ø24	1,6

Окончание таблицы 10 - Расчет припусков на механическую обработку и допусков опытно-статистическим методом

1	2	3	4
25	3	28	1,8
24	3	24	1.6
41	2	45	2
78	3	84	2,2
88	3	94	2,2

## 2.9. Назначение режимов резания

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

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

Произведем выбор режимов резания по каталогу фирмы «Сандвик», результаты занесем в таблицу 11.

Таблица 11 - Элементы режима резания по операциям.

Наименование операции, перехода, позиции	ap max, мм	fn, мм/об	V, м/мин
<b>Операция 010 Комплексная с ЧПУ</b>			
Переход 1	3	0,3	935
Переход 2	3	0,25	60
<b>Операция 020 Комплексная с ЧПУ</b>			
Переход 1	3	0,3	935
Переход 2	2,5	0,18	1015
Переход 3	3	0,3	60
Переход 4	3	0,3	60
Переход 5	6,5	0,2	60
<b>Операция 030 Комплексная с ЧПУ</b>			
Переход 1	3	0,3	60
Переход 2	0,5	0,1	2000
Переход 3	0,1	0,2	2000
Переход 4	0,1	0,2	2000
Переход 5	3,35	0,18	144
Переход 6	0,65	1,25	12

Для проверки возможности применения назначенных режимов резания на выбранном оборудовании определяется потребляемая мощность

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c}{60 \cdot 10^3} \quad (16)$$

где  $V_c$  – скорость резания, м/мин

$a_p$  – глубина резания, мм

$f_n$  – подача, мм/об

$k_c$  удельная сила резания, Н/мм, выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, удельная сила резания составит  $K_c = 700$  Н/мм  
Рассчитаем потребляемую мощность на каждом переходе.

Таблица 12 – Потребляемая мощность на каждом переходе

Наименование операции, перехода, позиции	$a_p$ max, мм	$f_n$ , мм/об	$V$ , м/мин	$P_c$ , кВт
Операция 010 Комплексная с ЧПУ				
Переход 1	3	0,3	935	9,8175
Переход 2	3	0,25	60	0,525
Операция 020 Комплексная с ЧПУ				
Переход 1	3	0,3	935	9,8175
Переход 2	2,5	0,18	1015	5,32875
Переход 3	3	0,3	60	0,63
Переход 4	3	0,3	60	0,63
Переход 5	6,5	0,2	60	0,91
Операция 030 Комплексная с ЧПУ				
Переход 1	2,5	0,3	60	0,63
Переход 2	0,5	0,1	2000	1,166667
Переход 3	0,1	0,2	2000	0,466667
Переход 4	0,1	0,2	2000	0,466667
Переход 5	3,35	0,18	144	1,01304
Переход 6	0,65	1,25	12	0,11375

По паспортным данным станка максимальная мощность главного привода 22 кВт, что больше максимально необходимой мощности при фрезеровании.

## 2.10. Расчет технических норм времени

Методика определения норм времени

Определение норм времени на операции производится на основании данных отраслевых нормативов. При этом в состав норм входят следующие слагаемые:

Штучно-калькуляционное время:

$$t_{шк} = t_{ш} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (17)$$

где  $t_{ш}$  – штучное время, мин.;

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время, мин.;

$n$  – размер партии деталей, шт.

Подготовительно-заключительное время включает в себя затраты времени на получение материалов, инструментов, приспособлений, технологической документации, наряда на работу; ознакомление с работой, чертежом; получение инструктажа; установку инструментов, приспособлений, наладку оборудования на соответствующий режим; снятие приспособлений и инструмента; сдачу готовой продукции, остатков материалов, приспособлений, инструмента, технологической документации и наряда.

Штучное время:

$$t_{ш} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} \quad (18)$$

где  $t_{осн}$  – основное время, мин.;

$t_{всп}$  – вспомогательное время, мин.;

$t_{отд}$  – время на отдых и личные потребности, мин.;

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

Основное время – основное технологическое время, в продолжение которого осуществляется изменение размеров, формы, состояния поверхностного слоя, структуры материала обрабатываемой заготовки. Оно определяется по следующей формуле:



$$t_{\text{осн}} = \frac{L_{\text{расч}}}{S_{\text{мин}}} \quad (19)$$

где  $L_{\text{рас}}$  – расчётная длина, мм;

$S_{\text{мин}}$  – минутная подача, мм/мин.;

Вспомогательное время определяется как сумма затрат времени на вспомогательные приёмы, сопутствующие основной работе. В состав вспомогательного времени входит время на установку-снятие заготовки, управление станком, смену инструмента, измерение детали.

$$t_{\text{вс}} = t_{\text{ус}} + t_{\text{з}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{изм}} \quad (20)$$

Оперативное время:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} \quad (21)$$

Время на обслуживание рабочего места, затрачиваемое на смазывание станка, смену инструмента, удаление стружки, подготовка станка к работе в начале смены и приведение его в порядок после окончания работы (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{\text{обс}} = 0,06 \cdot (t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}) = 0,06 \cdot t_{\text{оп}} \quad (22)$$

Время на отдых и личные потребности (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot (t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}) = 0,04 \cdot t_{\text{оп}} \quad (23)$$

Для иллюстрации методики определения норм времени приводится пример расчёта одной операции: Операция 010.

Основное время

Переход 1

$$t_{\text{осн}} = \frac{1021}{2977} = 0,34 \text{ мин}$$

Переход 2

$$t_{\text{осн}} = \frac{56}{183} = 0,30 \text{ мин}$$

$$t_{\text{осн}} = 0,34 + 0,30 = 0,65 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{\text{ус}} = 0,12 \text{ мин}$$

$$t_3 = 0,12 \text{ мин}$$

$$t_{\text{уп}} = 0,24 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 0,64 \text{ мин}$$

$$t_{\text{вс}} = 0,12 + 0,12 + 0,24 + 0,64 = 1,12 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{обс}} = 0,07(0,65 + 1,12) = 0,12 \text{ мин}$$

Время на отдых и личные потребности

$$t_{\text{отд}} = 0,06(0,65 + 1,12) = 0,11 \text{ мин}$$

Штучное время

$$t_{\text{шт}} = 0,65 + 1,12 + 0,11 + 0,12 = 2 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время

$$t_{\text{шк}} = 3,88 + \frac{33}{354} = 2,09 \text{ мин}$$

Для остальных переходов нормы времени определим аналогично, а результаты занесем в таблицу 13.

Таблица 13 - Технические нормы времени по операциям, мин.

Операция, переход	t <sub>о</sub>	t <sub>в</sub>			t <sub>об</sub>	t <sub>от</sub>	t <sub>шт</sub>	t <sub>п.з.</sub>	t <sub>ш-к</sub>
		t <sub>ус</sub>	t <sub>уп</sub>	t <sub>изм</sub>					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Операция 010									
Переход 1	0,34	0,24	0,24	0,65	0,12	0,11	2,00	33	2,09
Переход 2	0,30								
Операция 020									
Переход 1	0,53	0,24	0,24	2,02	0,34	0,29	5,48	33	5,57
Переход 2	1,13								
Переход 3	0,19								
Переход 4	0,16								
Переход 5	0,34								
Операция 030									
Переход 1	0,37	0,24	0,24	4,29	0,39	0,34	6,42	33	6,51
Переход 2	0,05								
Переход 3	0,02								
Переход 4	0,01								
Переход 5	0,21								
Переход 6	0,26								

$$\sum t_{\text{шт.к}} = 14,17$$

### 3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

#### Функционирование системы ЧПУ

Программист создает управляющую программу, в которой содержится закодированная информация о траектории и скорости перемещения исполнительных органов станка, частоте вращения шпинделя и другие данные, необходимые для выполнения обработки. Подсистема управления считывает информацию из этой программы, расшифровывает ее и вырабатывает профиль перемещения.

Профиль перемещения можно представить в виде графика, который указывает на то, в какой точке должен находиться исполнительный орган станка через определенные промежутки времени. В соответствии с профилем перемещения подсистема управления посылает на соответствующий двигатель определенное количество электрических импульсов. Двигатель вращает ходовой винт, и исполнительный орган станка перемещается в указанную позицию (координату). Датчики обратной связи посылают в подсистему управления информацию о реальной достигнутой позиции исполнительного органа. Происходит сравнение фактической и требуемой (теоретической) позиций, и если между ними есть разница, то подсистема управления посылает скорректированное на величину ошибки число электрических импульсов на двигатель. Этот процесс повторяется до тех пор, пока исполнительный орган станка не достигнет требуемой позиции с определенной (очень высокой) точностью.

На производстве, где работают различные станки с ЧПУ, используется большое количество различного программного обеспечения, но в большинстве случаев весь управляющий софт использует один и тот же управляющий код.

Программирование обработки на современных станках с ЧПУ осуществляется на языке, который обычно называют языком ИСО (ISO) 7 бит, или языком G- и M-кодов. Подготовительные коды с адресом G,

определяют настройку СЧПУ на определенный вид работы. Вспомогательные коды с адресом M предназначены для управления режимами работы станка.

Например, если программист хочет, чтобы инструмент перемещался по прямой линии, он использует G01. А если необходимо произвести смену инструмента, то в программе обработки он указывает M06.

Для управления многочисленными функциями станка с ЧПУ применяется довольно большое число различных кодов.

G-code был разработан компанией Electronic Industries Alliance в начале 1960-х. Финальная доработка была проведена в феврале 1980-го года как RS274D стандарт. Комитет ИСО утвердил G-code, как стандарт ISO 6983-1:1982, Госкомитет по стандартам СССР — как ГОСТ 20999-83. В советской технической литературе G-code обозначается, как код ИСО-7 бит.

Производители систем управления используют G-code в качестве базового подмножества языка программирования, при этом добавляя различные функции и расширяя его по своему усмотрению.

Программа, написанная с использованием G-code, имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры — группы, состоящие из одной или более команд. Основные (в стандарте называются подготовительными) команды языка начинаются с буквы G:

- перемещение рабочих органов оборудования с заданной скоростью (линейное и круговое);
- выполнение типовых последовательностей (таких, как обработка отверстий и резьб);
- управление параметрами инструмента, системами координат, и рабочих плоскостей.

Со времен появления первых станков с ЧПУ до внедрения новейших обрабатывающих центров появились различные языки для

программирования обработки. Сегодня программирование в G- и M-кодах является крайне популярным.

Системы ЧПУ Fanuc (Япония) были одними из первых, адаптированных под работу с G- и M-кодами ISO и использующими этот стандарт наиболее полно. Стойки ЧПУ и других известных производителей, например Heidenhain и Sinumerik (Siemens), также имеют возможности по работе с G- и M-кодами, но все же некоторые коды могут отличаться. Нет необходимости знать все коды всех систем ЧПУ, обычно достаточно знать набор основных G- и M-кодов, а о возникшей разнице в программировании специфических функций можно узнать из документации к конкретной системе.

Некоторые производители систем ЧПУ предлагают диалоговый язык программирования. Этот язык делает общение с системой проще, особенно для новых операторов, так как основой для него служат англоязычные предложения, сокращения, вопросы и графические элементы, которые вводятся оператором станка в интерактивном режиме.

Таблица 14 – Фрагмент управляющей программы

Операция 010	
1	2
N010	T1 D1 M06 ; perehod 1
N015	G54 G90 G17 G95 G96
N020	M03 M08 S935
N030	G0 G40 X42 Y67 Z0 F0,3 ; obrabotka 42 mm
N035	G1 Y-21.66
N040	G2 X26.30 Y-36.64 CR=15
N045	G1 X-159.31 Y-28.84
N050	G2 X-173.68 Y-13.86 CR=15
N055	G1 Y-13.93
N060	G2 X-159.31 Y28.92 CR=15
N065	G1 X26.30 Y36.72
N070	G2 X41.93 Y21.73 CR=15
N075	G2 X37.17 Y10.77 CR=15
N080	G1 X25.64 Y0; obrabotka 24 mm
N085	G1 Z-24
N090	G1 X11.94 Y-12.79

Продолжение таблицы 14 - Фрагмент управляющей программы

1	2
N095	G2 X-17.5 Y0 CR=17.5
N100	G2 X-3.87 Y-17.06 CR=15
N105	G1 X-35.02 Y-10
N110	G1 G42 X-136.31 Y-26.65
N115	G1 X142 Y-26
N120	G2 Y26 CR=26
N125	G1 X-136.31 Y26.65
N130	G1 G40 X125.59 Y10
N135	G1 X-35.02
N140	G0 Z50
N143	G0 X300 Y300
N145	M05 M09
N150	T2 D2 M06; sverlenie 26 mm
N155	M03 M08 S60
N160	G0 X-142 Y0 Z10
N165	G0 Z-19
N170	G1 Z-47 F0,25
N175	G1 Z-19
N180	G0 Z10
N185	G0 X300 Y300
N190	M05 M09
N195	M2
Операция 020	
N200	T3 D3 M06 ; perehod 1
N205	G54 G90 G17 G95 G96
N210	M03 M08 S935
N215	G0 G40 X-93 Y75; obrabotka 41 mm
N220	G0 Z41
N225	G1 Y-75 F0,3
N230	G0 X148 Y-68
N235	G1 Y68
N240	G0 Z88 ; obrabotka 88 mm
N245	G0 X-29.52 Y13.59
N250	G1 X70.12 Y-27.42
N255	G0 Z78 ; obrabotka 78mm, diametra 55mm
N260	G1 G42 X27.5 Y0
N265	G3 X-27.5 CR=27.5
N270	G3 X27.5 CR=27.5
N275	G0 Z60
N280	M05 M09

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

46

Продолжение таблицы 14 - Фрагмент управляющей программы

1	2
N300	T4 D4 M06; perehod 2
N305	M03 M08 S1015
N310	TRANS Z78; obrabotka pazov
N315	G0 G42 Z-21 ;first step
N320	G0 X34.18 Y28.8
N325	G2 X-16.03 Y41.55 CR=50 F0,18
N330	G0 X28.26 Y34.49
N335	G2 X-41.99 Y-15.27 CR=50
N340	G0 X-33.49 Y-29.99
N345	G2 X16.87 Y-41.06 CR=50
N350	G0 X28.33 Y-34.44
N355	G2 X42.19 Y14.91 CR=50
N360	G0 X34.18 Y28.8
N365	G0 Z-29 ; second step
N370	G2 X-16.03 Y41.55 CR=50
N375	G0 X28.26 Y34.49
N380	G2 X-41.99 Y-15.27 CR=50
N385	G0 X-33.49 Y-29.99
N390	G2 X16.87 Y-41.06 CR=50
N395	G0 X28.33 Y-34.44
N400	G2 X42.19 Y14.91 CR=50
N405	G0 X300 Y300
N410	M05 M09
N430	T5 D5 M06; perehod 3 obrabotka diam 36 mm
N435	M03 M08 S60
N440	TRANS Z88
N445	G0 X0 Y0 Z5
N450	G1 Z-25 F0,3
N455	G1 Z5 F
N460	G0 X300 Y300
N465	M05 M09
N485	T5 D5 M06; perehod 4 obrabotka diam 30 mm
N490	M03 M08 S360
N495	G0 X0 Y0 Z5
N500	G0 Z-20
N505	G1 Z-50 F0.3
N510	G1 Z-20
N515	G0 Z5
N520	G0 X300 Y300
N525	M05 M09

Окончание таблицы 14 – Фрагмент управляющей программы

1	2
N545	T6 D6 M06; perehod 4 obrabotka diam 13 mm
N550	M03 M08 S60
N555	TRANS Z78
N560	G0 X-10.99 Y 41.05 Z15
N565	G0 Z5
N570	G1 Z-20 F0.2
N575	G1 Z5
N580	G0 Z15
N585	G0 X41,05 Y10.99
N590	G0 Z5
N595	G1 Z-20
N600	G1 Z5
N605	G0 Z15
N610	G0 X10.99 Y-41.05
N615	G0 Z5
N620	G1 Z-20
N625	G1 Z5
N630	G0 Z15
N635	G0 X41,05 Y-10,99
N640	G0 Z5
N645	G1 Z-20
N650	G1 Z5
N655	G0 Z15
N660	G0 X300 Y300
N665	M05 M09
N670	M2

Краткий обзор команд, применяемых в программе обработки приведен в таблице 15.

Таблица 15 - Краткий обзор команд, применяемых в программе обработки

Команда	Расшифровка
1	2
G54	Активизация смещения нулевой точки детали №1
G90	Программирование в абсолютных размерах
G17	Выбор плоскости программирования XZ (токарная обработка)
G95	Подача с мм/об
G96	Постоянная скорость резания
G0	Ускоренное перемещение
G40	Коррекция инструмента, отключение
G42	Коррекция инструмента, справа от контура



Окончание таблицы 15 - Краткий обзор команд, применяемых в программе обработки

1	2
G1	Перемещение с заданной подачей
M06	Смена инструмента
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M08	Включение подачи СОЖ
M05	Выключение вращения шпинделя
M09	Выключение подачи СОЖ
M2	Конец программы
TRANS	Программируемое смещение системы координат
T	Номер инструмента
D	Номер коррекции инструмента
S	Частота вращения шпинделя
F	Подача
X	Ось
Z	Ось
Y	Ось
CR	Радиус для круговой интерполяции

#### 4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В данном дипломном проекте производится совершенствование технологического процесса детали «Корпус привода» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 10000 штук в год.

При разработке проекта были учтены: тип производства – среднесерийное; свойства и особенности обрабатываемого материала, применен прогрессивный инструмент, разработана управляющая программа.

В экономической части проекта будет произведен расчет капитальных затрат и определение экономической эффективности разрабатываемого технологического процесса.

Расчет капитальных затрат

##### 4.1. Размер капитальных вложений

*Определяем количество технологического оборудования*

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле:

$$q = \frac{t \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (24)$$

где

t – штучно-калькуляционное время операции, мин.;

N<sub>год</sub> – годовая программа выполнения деталей, шт.;

N<sub>год</sub> = 10000 шт.;

F<sub>об</sub> – действительный фонд времени работы оборудования;

k<sub>вн</sub> – коэффициент выполнения норм времени, k<sub>вн</sub> = 1;

k<sub>з</sub> – нормативный коэффициент загрузки оборудования, k<sub>з</sub> = 0,75 ÷ 0,85.

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле:

$$F_{об} = F_H \left(1 - \frac{k_p}{100}\right), \quad (25)$$

где  $F_H$  – 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; 117 – количество выходных и праздничных дней; 248 – количество рабочих дней. Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при двусменной работе:

$$F_H = 3968 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 9,0% для станка с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, составляет:

$$F_{об} = 3968 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 3610 \text{ ч.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (24). Для базового варианта.

$$g(\text{баз}) = \frac{t \cdot N_{\text{год}}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_{360}} = \frac{55,44 \cdot 10000}{3610 \cdot 1,075 \cdot 60} = 3,41 \quad (26)$$

Принимаемое количество станков – 4 шт.

Для проектируемого варианта.

$$g(\text{МА} - 650V) = \frac{t \cdot N_{\text{год}}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_{360}} = \frac{14,17 \cdot 10000}{3610 \cdot 1,075 \cdot 60} = 0,87 \quad (27)$$

Принимаемое количество станков – 1 шт.

Таблица 16 – Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт	Стоимость одного станка, тыс.р	Стоимость всех станков, тыс.р
Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр OKUMA	MA-650V	1	15	4200	4200

Капитальные вложения в оборудование ( $K_{об}$ ) с учетом загрузки станка составляет  $0,87*4200=3654$  тыс.р

#### 4.2. Расчет технологической себестоимости детали

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

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [ с.24]:

$$C = Z_m + Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{и} , \quad (28)$$

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

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

$Z_э$  – затраты на технологическую энергию, р.;

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

$Z_{и}$  – затраты на малоценный инструмент, р.

*Затраты на материалы*

$$Z_m = (M_з Q_з - M_{отх} Q_{отх}) K_{тр} \quad (29)$$

где  $M_з$  – вес заготовки, кг;

$Q_з$  – цена за один килограмм материалы заготовки, р.;

$M_{отх}$  – вес отходов, кг;

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

$K_{тр}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

Для существующего технологического процесса:

$$M_3=2,7 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 176,6 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{отх}} = 1 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{отх}} = 50 \text{ руб}$$

$$K_{\text{тр}}=1,05$$

$$Z_M = (2,7*176,6-1*50)*1,05= 448,161 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составят:

$$Z_M=448,161* 10000= 4481610 \text{ руб}$$

Для проектируемого технологического процесса:

$$M_3=2,5 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 176,6 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{отх}} = 0,8 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{отх}} = 50 \text{ руб}$$

$$K_{\text{тр}}=1,05$$

$$Z_M = (2,5*176,6-0,8*50)*1,05= 421,575 \text{ р.}$$

Затраты на годовую программу составят:

$$Z_M=421,575*10000= 4215750 \text{ р.}$$

*Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:*

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}+Z_{\text{н}}, \quad (30)$$

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

$Z_{\text{н}}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

$Z_{\text{э}}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

$Z_{\text{к}}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

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

$$Z_{\text{тр}} = C_{\text{т}} \cdot t \cdot k_{\text{мн}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{р}} \quad (31)$$

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

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

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,  $k_{\text{мн}}=0,49$ ;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,  $k_{\text{доп}}=1,2$

$k_{\text{есн}}$  – коэффициент, учитывающий страховые взносы,  $k_{\text{есн}}=1,3$

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент,  $k_{\text{р}}=1,15$

Численность станочников вычисляем по формуле [ ]:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_{\text{р}} 60}, \quad (32)$$

где  $F_{\text{р}}$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1805 ч.;

$k_{\text{мн}}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,  $k_{\text{мн}} = 0,49$ ;

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

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 10000$  шт.

Для существующего технологического процесса:

Расчет для операции 030 фрезерная:

$C_{\text{т}} = 115,2$  р.;

$t = 0,11$  ч.;

$k_{\text{мн}} = 0,49$ ;

$k_{\text{доп}} = 1,2$

$k_{\text{есн}} = 1,3$

$k_{\text{р}} = 1,15$

$Z_{\text{тр}} = 115,2 \cdot 0,11 \cdot 0,49 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 11,14$  руб.

Численность станочников:

$$F_p = 1805 \text{ ч.}$$

$$k_{\text{мн}} = 0,49$$

$$t = 4,38 \text{ мин}$$

$$N_{\text{год}} = 10000 \text{ шт.}$$

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{4,38 \cdot 10000 \cdot 1}{1805 \cdot 60} = 0,404 \text{ чел.}$$

Для остальных операций расчет производится аналогичным методом, результаты приведены в таблице 17 и 18.

Таблица 17 - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих

Наименование операции	t, ч	Ст, руб.	кмн	Кдоп	кесн	кр	Зпр
030 Фрезерная	0,11	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	11,14
050 Фрезерная	0,153	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	15,49
070 Фрезерная	0,058	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	5,87
080 Фрезерная	0,043	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	4,35
090 Фрезерная	0,015	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	1,52
120 Сверлильная	0,141	110,8	0,49	1,2	1,3	1,15	13,73
130 Сверлильная	0,021	110,8	0,49	1,2	1,3	1,15	2,05
150 Токарная	0,267	105,2	0,49	1,2	1,3	1,15	24,69
155 Фрезерная	0,028	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	2,84
170 Сверлильная	0,034	110,8	0,49	1,2	1,3	1,15	3,31
190 Фрезерная	0,054	115,2	0,49	1,2	1,3	1,15	5,47

Суммарная зарплата на фрезерные операции 53,85 руб.

Суммарная зарплата на сверлильные операции 24,69 руб.

Суммарная зарплата на токарные операции 19,09 руб.

Численность производственных рабочих сведем в таблицу 18

Таблица 18 - Численность производственных рабочих

наименование операции	t, ч	N, шт	Кмн	Fp, ч	Чст, чел
1	2	3	4	5	6
030 Фрезерная	0,11	10000	0,49	1805	0,29861
050 Фрезерная	0,153	10000	0,49	1805	0,41535
070 Фрезерная	0,058	10000	0,49	1805	0,15745
080 Фрезерная	0,043	10000	0,49	1805	0,11673

Окончание таблицы 18 - Численность производственных рабочих

090 Фрезерная	0,015	10000	0,49	1805	0,04072
120 Сверлильная	0,141	10000	0,49	1805	0,38277
130 Сверлильная	0,021	10000	0,49	1805	0,05701
150 Токарная	0,267	10000	0,49	1805	0,72482
155 Фрезерная	0,028	10000	0,49	1805	0,07601
170 Сверлильная	0,034	10000	0,49	1805	0,0923
190 Фрезерная	0,054	10000	0,49	1805	0,14659

Всего рабочих на фрезерные операции 1,25 чел

Всего рабочих на сверлильные операции 0,53 чел

Всего рабочих на токарные операции 0,72 чел

Для проектируемого технологического процесса:

Таблица 19 - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих

Наименование операции	t, ч	Ст, руб.	кмн	Кдоп	кесн	кр	Зпр
010 Комплексная с ЧПУ	0,035	128,5	0,49	1,2	1,3	1,15	3,95357
020 Комплексная с ЧПУ	0,093	128,5	0,49	1,2	1,3	1,15	10,5052
030 Комплексная с ЧПУ	0,1095	128,5	0,49	1,2	1,3	1,15	12,369

Суммарная зарплата 26,83 руб

Таблица 20 - численность производственных рабочих

Наименование операции	t, ч	N, шт	Кмн	Фр, ч	Чст, чел
010 Комплексная с ЧПУ	0,035	10000	0,49	1805	0,09501
020 Комплексная с ЧПУ	0,093	10000	0,49	1805	0,25246
030 Комплексная с ЧПУ	0,1095	10000	0,49	1805	0,29725

Всего рабочих 0,64 чел



Таблица 21 – Затраты на заработную плату станочников по существующему технологическому процессу

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р	Расчётная численность станочников, чел.
фрезерная	3	115,2	0,461	53,85	1,25
Сверлильная	3	110,8	0,196	24,69	0,53
Токарная	3	105,2	0,267	19,09	0,72
Сумма				97,63	2,5

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$З_{зп} = 97,63 \cdot 10000 = 976300 \text{ р.}$$

Таблица 22 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому технологическому процессу

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р	Расчётная численность станочников, чел.
Комплексная ЧПУ	с 3	128,5	0,2375	26,83	0,64
Сумма				26,83	0,64

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$З_{зп} = 26,83 \cdot 10000 = 268300 \text{ р}$$

*Заработная плата вспомогательных рабочих:*

$$З_{всп} = З_{н} + З_{эл} + З_{контр} + З_{тр} \quad (33)$$

$З_{н}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

$З_{э}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

$З_{к}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$З_{тр}$  - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{всп}} = \frac{C_{\text{Т}}^{\text{всп}} \cdot F_{\text{р}} \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{р}} \cdot k_{\text{есн}}}{N_{\text{год}}}, \quad (34)$$

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

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 10000$  шт.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент,  $k_{\text{р}} = 1,15$ ;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,  $k_{\text{доп}} = 1,2$ ;

$k_{\text{есн}}$  – коэффициент, учитывающий единый социальный налог,  $k_{\text{есн}} = 1,3$

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

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

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{\text{нал(эл)}} = \frac{q_{\text{п}} \cdot n}{H}, \quad (35)$$

где  $q_{\text{п}}$  – расчетное количество оборудования,

$n$  – число смен работы оборудования,  $n = 2$ ;

$H$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком,  $H = 8$  шт.

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

Для существующего технологического процесса:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{3,41 \cdot 2}{8} = 0,85$$

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,85 \cdot 0,05 = 0,042 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,85 \cdot 0,07 = 0,06 \text{ чел.}$$

$$Z_{\text{нал}} = \frac{79,5 \cdot 1805 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 21,88 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{тр}} = \frac{59,7 \cdot 1805 \cdot 0,042 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 0,81 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{контр}} = \frac{69,7 \cdot 1805 \cdot 0,06 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 1,35 \text{ р.}$$

Для проектируемого технологического процесса

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,87 \cdot 2}{8} = 0,22$$

$$Ч_{\text{эл}} = \frac{0,87 \cdot 2}{8} = 0,22$$

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,22 \cdot 0,05 = 0,011 \text{ чел.}$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,22 \cdot 0,07 = 0,015 \text{ чел.}$$

$$Z_{\text{нал}} = \frac{79,5 \cdot 1805 \cdot 0,22 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 5,66 \text{ р}$$

$$Z_{\text{эл}} = \frac{79,5 \cdot 1805 \cdot 0,22 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 5,66 \text{ р}$$

$$Z_{\text{тр}} = \frac{59,7 \cdot 1805 \cdot 0,011 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 0,212 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{контр}} = \frac{69,7 \cdot 1805 \cdot 0,015 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{10000} = 0,34 \text{ р.}$$

Таблица 23 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по существующему технологическому процессу

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	79,5	0,85	21,88
Транспортный рабочий	59,7	0,042	0,81
Контролер	69,7	0,06	1,35
Итого		0,952	24,04

Определим затраты на заработную плату за год:

$$Z_{\text{всп}} = 24,04 \cdot 10000 = 240400 \text{ р.}$$

Таблица 24 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому технологическому процессу

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	79,5	0,22	5,66
Электронщик	79,5	0,22	5,66
Транспортный рабочий	59,7	0,011	0,212
Контролер	69,7	0,015	0,34
Итого		0,466	11,872

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{всп} = 11,872 \cdot 10000 = 118720 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (30):

Для существующего технологического процесса

$$З_{зп} = 976300 + 240400 = 1216700 \text{ р.}$$

Для проектируемого технологического процесса

$$З_{зп} = 268300 + 118720 = 387020 \text{ р.}$$

### 4.3. Затраты на электроэнергию

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

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн} \cdot 60} \cdot Ц_э, \quad (36)$$

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

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,

$$k_N = 0,4;$$

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

$k_{од}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка,  $k_{од} = 1$  - при одном двигателе;

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

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

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

$Ц_э$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $Ц_э = 3,5$  р.

Производим расчеты по вариантам

$$З_{фв-14} = \frac{7 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,461 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 3,58 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{cp-5-16}} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,196 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,65 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{TB-30-15}} = \frac{5 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,267 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 1,48 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{MA-650}} = \frac{15 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 0,238 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 3,96 \text{ р.}$$

Полученные результаты занесем в таблицы 24 и 25.

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию по существующему технологическому процессу

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
ФВ-14	7	0,461	3,58
СР-5-1Б	3	0,196	0,65
ТВ-30-15	5	0,267	1,48
Итого			5,71

Определим затраты на электроэнергию плату за год:

$$Z_3 = 5,71 \cdot 10000 = 57100 \text{ р.}$$

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию по проектируемому технологическому процессу

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
МА-650V	15	0,238	3,96
Итого			3,96

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_3 = 3,96 \cdot 10000 = 39600 \text{ р.}$$

*Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования*

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{об}} = C_{\text{ам}} + C_{\text{рем}}, \quad (37)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (38)$$

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

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений,  $H_{амБ} = 12\%$  для базового оборудования,  $H_{амН} = 8\%$  – для нового оборудования;

$t$  – штучно-калькуляционное время, ч;

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

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $k_3 = 0,75$ ;

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

Затраты на ремонт технологического оборудования, приходящиеся на одну детапеоперацию:

$$C_{рем} = \frac{Ц_{об} \cdot K_p \cdot q_p}{N \cdot 100} \quad (39)$$

где  $K_p$  – коэффициент отчислений в ремонтный фонд (по данным предприятия).

$q_p$  – расчетное количество оборудования

$N$  – годовая программа выпуска, шт.

$$C_{ам(фв-14)} = \frac{586000 \cdot 0.12 \cdot 0.461}{3610 \cdot 0.75 \cdot 1} = 11,93 \text{ р.}$$

$$C_{ам(СР5-1Б)} = \frac{275000 \cdot 0.12 \cdot 0.196}{3610 \cdot 0.75 \cdot 1} = 2,39 \text{ р.}$$

$$C_{ам(тв-30-15)} = \frac{694000 \cdot 0.12 \cdot 0.267}{3610 \cdot 0.75 \cdot 1} = 4,62 \text{ р.}$$

$$C_{ам(МА-650)} = \frac{4200000 \cdot 0.08 \cdot 0.238}{3610 \cdot 0.75 \cdot 1} = 29,54 \text{ р.}$$

$$C_{рем(фв-14)} = \frac{586000 \cdot 2.6 \cdot 1.7}{10000 \cdot 100} = 2,59 \text{ р.}$$

$$C_{рем(СР5-1Б)} = \frac{275000 \cdot 2.6 \cdot 0.72}{10000 \cdot 100} = 0,51 \text{ р.}$$

$$C_{рем(тв-22-10)} = \frac{694000 \cdot 2.6 \cdot 0.98}{10000 \cdot 100} = 1,77 \text{ р.}$$

$$C_{рем(МА-650)} = \frac{4200000 \cdot 1.5 \cdot 0.87}{10000 \cdot 100} = 5,48 \text{ р.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования технологического процесса занесем в таблицы 27 и 28.

Таблица 27 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования существующего технологического процесса

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
ФВ-14	586	2,55	12	0,461	11,93	2,59
СР5-1Б	275	1,08	12	0,196	2,39	0,51
ТВ-30-15	694	1,48	12	0,267	4,62	1,77
Итого					18,94	4,87

Таблица 28 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемого технологического процесса

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
МА-650	4200000	1,31	8	0,238	29,54	5,48
Итого					29,54	5,48

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (37):

$$З_6 = 18,94 + 4,87 = 23,81 \text{ р.}$$

$$З_п = 29,54 + 5,48 = 35,02 \text{ р.}$$

Таблица 29 - Технологическая себестоимость годового объема выпуска детали

Статьи затрат	На одну деталь		На годовую программу	
	Базовый вариант	Проектный вариант	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на заготовку, руб.	448,161	421,575	4481610	4215750
Общие затраты на заработную плату, руб.	121,67	38,702	1216700	387020
Затраты на электроэнергию, руб.	5,71	3,96	57100	39600
Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования, руб	23,81	35,02	238100	350200
Итого суммарные затраты, руб.	599,351	499,257	5993510	4992570

#### *Затраты на эксплуатацию инструмента*

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента базового процесса

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_{п} \cdot C_{п}}{T_{ст} \cdot (\beta_{п} + 1)} \cdot T_{м} \cdot \eta_{и}, \quad (40)$$

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

$\beta_{п}$  - число переточек;

$C_{п}$  – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$  – период стойкости инструмента;

$T_{м}$  – машинное время;

$\eta_{и}$  - коэффициент случайной убыли инструмента,  $\eta_{и} = 1,05$ ;



Таблица 30 - Затраты на эксплуатацию инструмента базового процесса

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, мин	кол-во переточек	стоимость одной переточки, руб	маш.время	коэф.убыли	затраты
Фреза	П-125 2214-0155 ВК-8 ГОСТ 9473-80	700	65	8	80	1,62	1,05	3,8
Фреза	Ø100 ВК6 2214-0153	900	65	8	80	0,67	1,05	1,8
Фреза	34p-1139	700	65	8	80	7,1	1,05	17,1
Фреза	100 34p-1202	920	65	8	80	1,24	1,05	3,4
Фреза	Ø40x140 2223-7005	600	65	8	80	2,78	1,05	6,1
Фреза	Ø20x70 2223-7002	560	65	8	80	0,36	1,05	0,7
сверло	Ø28 2301-0953	800	80	12	30	0,11	1,05	0,1
сверло	Ø26 2301-0865	800	80	12	30	0,5	1,05	0,6
сверло	Ø6,7 2300-08865	200	70	12	30	1,18	1,05	0,7
сверло	Ø9,7 51p-694	200	70	12	30	0,12	1,05	0,1
развертка	10Н7 2363-0821	800	45	1	90	0,72	1,05	7,4
сверло	Ø15 2301-0880	450	70	12	30	0,15	1,05	0,1
Резец	30x30x150 И5-11 2103-7108	320	100	10	40	3,82	1,05	2,6
Резец	30x20x150 И5-9 2102-7107	320	100	10	40	0,77	1,05	0,5
Резец	12x12x125 И5-53 2141-7101	320	100	10	40	1,06	1,05	0,7
Фреза	Ø25 2223-0091 ГОСТ 17026-71	700	65	8	80	0,2	1,05	0,4
сверло	Ø13,1 51p-709	450	70	12	30	0,59	1,05	0,5
Фреза	Ø100 34P-1242	900	65	8	80	4,6	1,05	12,7

Суммарные затраты инструмента на одну деталь составляют

$$Z_{\text{инстр./дет.}} = 60,1 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составляют

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.149 ПЗ					Лист
										65

$$Z_{\text{инстр./год}} = Z_{\text{инстр./дет}} \cdot N = 60,1 \cdot 10000 = 601000 \text{ руб.}$$

Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта

Таблица 31 - Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, мин
пластина	R790-160408PH-NMH13A	600	220
пластина	R790-160408PH-NMH13A	600	220
пластина	N331.1A-08 45 08H-WM530	500	180
пластина	CCMW060204FP CD05	450	360
пластина	TCGX 06 T1 04-AL H10	450	360
пластина		300	200
пластина		300	200
пластина		300	200
пластина		300	200

Таблица 32 - Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, установок
фреза Ø31,75 мм	RA790-032M32S2- 16L	8500	1300
фреза Ø63,5 мм	RA790-063R25S1- 22M	9700	1300
фреза Ø101,5	R331.32- 101R25FM0.472	10200	1100
расточная головка	BR20-29CC06F-EH20	11500	900
расточная головка	825-36TC06-EH25	10900	550

Таблица 33 - Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, отв.
сверло Ø36 мм	880-D3600L40-02	5500	5750
сверло Ø30 мм	880-D3000L40-02	5500	4860
сверло Ø26 мм	880-D2600L40-02	4500	4320
сверло Ø13 мм	880-D1300L20-05	3200	4320
сверло Ø6,7 мм	860.1-0670-040A0-PM 4234	3400	1890
метчик	T100-KM100AA-M8 D210	1100	2680

Расчет затрат на пластину R790-160408PH-NMH13A и фрезу RA790-032M32S2-16L

Затраты на пластину определяются по формуле

$$Z_{пл} = \frac{C_{m_{пл}} \cdot T_o}{T_{cm}} \cdot K_{уб} \cdot n \quad (41)$$

где  $C_{m_{пл}}$  – стоимость пластины, руб

$T_{cm}$  – период стойкости пластины, мин

$T_o$  – время обработки пластиной, мин

$K_{уб}$  – коэффициент случайной убыли инструмента,  $K_{уб} = 1,05$

$n$  – количество пластин устанавливаемых на инструмент

$$Z_{пл} = \frac{600 \cdot 0,34}{220} \cdot 1,05 \cdot 3 = 2,92 \text{ руб}$$

Затраты на фрезу определяются по формуле

$$Z_{дер} = \frac{C_{m_{дер}} \cdot T_o}{T_{уст.пл} \cdot T_{ст.пл}} \cdot K_{уб} \quad (42)$$

где  $C_{m_{дер}}$  – стоимость фрезы, руб

$T_{уст.пл}$  – количество установок пластин, раз.

$$Z_{дер} = \frac{8500 \cdot 0,34}{1300 \cdot 110} \cdot 1,05 = 0,0212 \text{ руб}$$

Расчет затрат на метчик T100-КМ100АА-М8 D210

$$Z_{св} = \frac{C_{m_{св}} \cdot N_{отв}}{T_{отв}} \cdot K_{уб} \quad (43)$$

где  $C_{m_{св}}$  – стоимость одного метчика, руб

$T_{отв}$  – период стойкости, шт. отв.

$N_{отв}$  – количество отверстий в одной детали, шт

$$Z_{св} = \frac{1100 \cdot 6}{2680} \cdot 1,05 = 2,585 \text{ руб}$$

Для остальных инструментов расчеты проводятся аналогичным способом, результаты приведены в таблице 34

Таблица 34 – Затраты на инструменты

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, мин	количество пластин в инструменте, шт.	время работы, мин	количество деталей обработанных одним инструментом, шт	себестоимость, руб
пластина	R790-160408PH-NMH13A	600	220	3	0,34	647	2,9
пластина	R790-160408PH-NMH13A	600	220	5	0,53	415	4,5
пластина	N331.1A-08 45 08H-WM530	500	180	8	1,13	159	9,8
пластина	CCMW060204F P CD05	450	360	2	0,05	7200	0,2
пластина	TCGX 06 T1 04-AL H10	450	360	1	0,03	12000	0,1
пластина		300	200	2	0,19	1052	0,9
пластина		300	200	2	0,16	1250	0,7
пластина		300	200	2	0,67	298	3,1
пластина		300	200	2	0,34	588	1,6

Таблица 35 – Затраты на инструменты

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, установок	количество деталей обработанных одним инструментом, шт	себестоимость, руб
фреза Ø31,75 мм	RA790-032M32S2-16L	8500	1300	841176	0,2
фреза Ø63,5 мм	RA790-063R25S1-22M	9700	1300	539622	0,2
фреза Ø101,5 мм	R331.32-101R25FM0.472	10200	1100	175221	0,1
расточная головка	BR20-29CC06F-EH20	11500	900	6480000	0,1
расточная головка	825-36TC06-EH25	10900	550	6600000	0,2

Таблица 36 – Затраты на инструменты

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, отв.	кол-во отв. в одной детали	количество деталей обработанных одним инструментом, шт	себестоимость, руб
сверло Ø36 мм	880-D3600L40-02	5500	5750	1	5750	1,1
сверло Ø30 мм	880-D3000L40-02	5500	4860	1	4860	1,2
сверло Ø26 мм	880-D2600L40-02	4500	4320	1	4320	1,1
сверло Ø13 мм	880-D1300L20-05	3200	4320	4	1080	3,1
сверло Ø6,7 мм	860.1-0670-040A0-PM 4234	3400	1890	6	315	11,3
метчик	T100-KM100AA-M8 D210	1100	2680	6	446	2,6

Суммарные затраты инструмента на одну деталь составляют

$$Z_{инстр./дет.} = 44,5 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составляют

$$Z_{\text{инстр./год}} = Z_{\text{инстр./дет}} \cdot N = 44,5 \cdot 10000 = 445000 \text{ руб.}$$

*Определение годовой экономии от изменения техпроцесса*

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

$$Э_{\text{год}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{пр}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (44)$$

где  $C_{\text{б}}$ ;  $C_{\text{пр}}$  – технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, р.;

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

$$Э_{\text{год. б.}} = (599,351 - 499,257) \cdot 10000 = 1000940 \text{ р.}$$

*Анализ уровня технологии производства*

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100, \quad (45)$$

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

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

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (35) по базовому варианту:

$$Y_{\text{оп(ФВ-14)}} = \frac{0,461}{0,924} \cdot 100 = 49,9\%;$$

$$Y_{\text{оп(СР5-1Б)}} = \frac{0,196}{0,924} \cdot 100 = 21,2\%;$$

$$Y_{\text{оп(ТВ-30-15)}} = \frac{0,267}{0,924} \cdot 100 = 28,9\%;$$

$$Y_{\text{оп(МА-650)}} = \frac{0,238}{0,238} \cdot 100 = 100\% \text{ по проектируемому варианту.}$$

### 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:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100, \quad (46)$$

где  $g_{\text{пр}}$  – количество единиц прогрессивного оборудования,  $g_{\text{пр}} = 2$  шт.;

$g_{\Sigma}$  – общее количество использованного оборудования,  $g = 2$  шт.

$$Y_{\text{пр}} = \frac{2}{2} \cdot 100 = 100\%.$$

Определим производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (47)$$

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

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

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1805 \cdot 1,2 \cdot 60}{14,23} = 9133 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_{\text{б}} = \frac{1805 \cdot 1,2 \cdot 60}{55,44} = 2344 \text{ т/чел.год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр.}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} \cdot 100\%, \quad (48)$$

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

$$\Delta B = \frac{9133 - 2344}{2344} \cdot 100 = 290\%$$

В таблице 37 - представлены технико-экономические показатели проекта.

Наименование Показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	10000	10000	0
Масса заготовки	кг	2,7	2,5	-0,2
Количество видов оборудования	шт.	4	1	-3
Капитальные вложения с учетом коэффициента загрузки	тыс. руб	0	3654	+3654
Количество основных рабочих	Шт.	4	2	-2
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,924	0,238	-0,686
Технологическая себестоимость одной детали	руб.	599,351	499,257	-100,094
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100%	
Производительность труда	шт/чел.год	2344	9133	+6789
Рост производительности труда	%	100	290	+190
Коэффициент загрузки оборудования		0,85	0,87	-0,02
Годовой условный экономический эффект	тыс.руб.		1000,94	
Срок окупаемости	года		3,6	

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 1,19 раза в результате роста производительности труда, сокращения затрат на заработную плату.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Корпус привода», расчета снижения трудоемкости



технологического процесса и роста производительности труда, связанных с внедрением в производство более эффективного металлообрабатывающего оборудования был получен годовой экономический эффект в размере 1000,94 тыс.р и срок окупаемости проекта 3,6 года.

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

## **5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **5.1. Вводная часть**

В выпускной квалификационной работе совершенствуется технологический процесс механической обработки детали «Корпус привода», с применением современного обрабатывающего центра Okuma MA-650V. В связи с этим существует необходимость в переподготовке квалифицированных рабочих кадров, по профессии – «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением» 3 разряда. Переподготовка операторов станков с ЧПУ будет производиться из рабочих, проработавших на предприятии определенное время и имеющих опыт работы на производстве по профессии «Токарь» 4 разряда.

Целью курса переподготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением» является формирование знаний и умений, необходимых для наладки и подналадки обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; а также обработка простых и сложных деталей на обрабатывающих центрах с ЧПУ.

Задачей курса является достижение более высокой степени квалификации в данной сфере профессиональной деятельности.

Переподготовка операторов станков с ЧПУ производится на базе частного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Центр подготовки персонала Евраз-Урал», расположенного в г.Нижний Тагил по адресу ул. Metallургов, 1.

Для разработки учебного плана переподготовки оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ из токаря 4 разряда в учебном центре, необходимо проанализировать профессиональные стандарты «Оператора-наладчика обрабатывающих центров с числовым программным управлением».

## 5.2. Анализ профессионального стандарта

В настоящее время с России действует профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.08.2014г. № 530н. Согласно данному стандарту основной вид профессиональной деятельности по данной профессии - Наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей.

В таблице 38 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 38– Трудовые функции оператора наладчика

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции			
1	2	3	4	5	
Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации	
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/0 1.2	2	
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по техн-кой карте	A/0 2.2	2	
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/0 3.2	2	
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/0 4.2	2	

Окончание таблицы - 38– Трудовые функции оператора наладчика

1	2	3	4	5
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/0 5.2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/0 6.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/0 7.2	2
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	B/0 1.3	3
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	B/0 2.3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	B/0 3.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	B/0 4.3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/0 1.4	4
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/0 2.4	4

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей». Анализ представим в таблице 39.

Таблица 39 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	Код	А	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации				
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)				
Требования к опыту практической работы	-				
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке				
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте				
Дополнительные характеристики					

## Окончание таблицы 39 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование классификатора	Код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования
ЕТКС	§44	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 4-й разряд
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции представленные в таблице 40.

Таблица 40 - Трудовые функции

Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01. 2
Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02. 2
Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03. 2
Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04. 2
Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05. 2
Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06. 2
Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07. 2

Выбрана трудовая функция A/01.2 - «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

78

деталях и поверхностей деталей по 7–14 квалитетам» ее анализ приведен в таблице 41.

Таблица 41 - 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 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 однотипных 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 однотипных станков				

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

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

79

Окончание таблицы - 41 - Анализ трудовой функции А/01.2

1	2
	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 одноплатных 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 токаря в оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в «ЦПП Евраз-Урал».



### 5.3. Составление учебно-тематического плана переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» на базе «ЦПП Евраз-Урал»

Общая трудоемкость программы «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» составляет 144 часа. Учебный план содержит изучение 8 тем, итогом обучения является экзамен с присвоением уровня квалификации оператора после переподготовки – 3 разряд. Учебно-тематический план переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» приведен в таблице 42.

Таблица 42 – Учебно-тематический план переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Раздел, тема	Кол-во учебных часов			Форма контроля
	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
Теоретическое обучение	88	46	42	
Охрана труда и пожарная безопасность	4	4	-	Тестирование
Техническое черчение	12	4	8	Проверка чертежей
Допуски и посадки, технические измерения	8	8	-	Тестирование
Устройство металлорежущих станков с ЧПУ	14	6	8	Контрольные задания
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	14	6	8	Контрольные задания
Оснастка для станков с ЧПУ	12	6	6	Контрольные задания
Практическое обучение	42	-	42	Контрольные задания
Квалификационный экзамен	6	2	4	Экзамен
<b>ИТОГО по курсу</b>	<b>144</b>	<b>48</b>	<b>88</b>	

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

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

81

Проанализируем соответствие учебного плана требованиям профессионального стандарта. Результат представим в таблице 43.

Таблица 43 – Соответствие учебного плана требованиям профессионального стандарта

Тематика обучения	Трудовые действия	Требования профессионального стандарта
Теоретическое обучение		Необходимые знания
Охрана труда и пожарная безопасность		Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности Требования по рациональной организации труда на рабочем месте Правила пользования средствами индивидуальной защиты
Техническое черчение	Корректировка чертежа изготавливаемой детали	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
Допуски и посадки, технические измерения	Корректировка чертежа изготавливаемой детали	Система допусков и посадок, степеней точности; качества и параметры шероховатости
Устройство металлорежущих станков с ЧПУ	Наладка и подналадка станков	Способы и правила механической и электромеханической наладки, устройство обслуживаемых однотипных станков
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	Выбор инструмента	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента
Практическое обучение		Необходимые знания

Рассмотрим тему «Допуски и посадки, технические измерения».

Проведем методический анализ по данной теме.

#### 5.4. Анализ содержания темы «Допуски и посадки, технические измерения»

Тема «Допуски и посадки, технические измерения» согласно учебно-тематическому плану составляет 8 часов, из них 4 отводится на изучение теории и 4 часов на практическое обучение. Тематический план изучения данной темы, представлен в таблице 44.

Таблица 44 - Тематический план изучения темы «Допуски и посадки, технические измерения»

Наименование разделов Программы	Всего часов	В том числе:	
		Лекции	Практические занятия
Допуски и посадки	4	4	0
Технические измерения	4	4	0
Итого:	8	8	-

Изучение темы состоит из двух разделов, выбран первый раздел. В соответствии с тематическим планом теоретическое обучение составляет 2 занятий и практическое обучение 2 занятий.

Приведем фрагмент перспективно-тематического плана изучения темы «Допуски и посадки» в таблице 45.

Таблица 45 – Фрагмент перспективно-тематический план темы «Допуски и посадки»

№ урока	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Тип занятия	Средства обучения
1 (4ч -са)	Допуски и посадки	Дидактические: сформировать знания у слушателей о системе допусков и посадок, степеней точности; качества и параметры шероховатости развивающие: - развивать логическое мышление; воспитательные: - воспитывать интерес к выбранной профессии.	Рассказ, беседа, демонстрация презентации.	Лекция, ориентированная на усвоение новых знаний	Ноутбук, мультимедиа-проектор, презентация.
2 (4ч -са)	Технические измерения	дидактические: сформировать у обучаемых знания о правилах настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов воспитательные: - воспитывать бережное отношение к оборудованию, развивающие: - развивать волю при выполнении работы	рассказ, демонстрация презентации.	Лекции	Проектор, ноутбук, Презентация.

Далее в дипломном проекте приведен план конспект урока теоретического обучения на тему «Допуски и посадки».

## **5.5. Разработка занятия теоретического обучения**

Тема занятия: «Допуски и посадки».

Цели:

Образовательная: Формирование знаний основных понятий допусков и посадок;

Развивающая: Развитие у обучаемых логического мышления и умений обобщать полученные сведения и делать выводы;

Воспитательная: Воспитание у обучаемых интереса к выбранной профессии, с целью положительной мотивации обучаемых к дальнейшему обучению.

Тип занятия: лекция, ориентированная на усвоение новых знаний

Метод обучения: рассказ, беседа, объяснение

Оснащение урока: ноутбук, мультимедиапроектор, слайды, таблицы, доска, мел.

Продолжительность урока: 90 минут

Занятие проходит в учебном классе.

Ход урока представлен в таблице 46.

Таблица 46 - Деятельность преподавателя и учащегося на уроке (рассчитана на 2 академических час)

№ этапа	Наименование этапа урока	Деятельность преподавателя	Время (мин)	Деятельность учащихся
1	Организационная часть	Приветствие учащихся Проверка присутствующих	5	Приветствие преподавателя.
2	Сообщение темы и цели урока	Сообщает тему, цели урока.	5	Слушают. Запись темы урока.
3	Мотивация	Рассказывает о важности темы	5	Слушают.
4	Актуализация опорных знаний	Задает вопросы и анализирует их ответы. Дополняет и при необходимости поправляет обучающихся.	15	Предполагаемые ответы
5	Сообщение нового учебного материала	Рассказывает новый материал, по ходу рассказа демонстрирует слайды	45	Слушают, конспектируют, изучают слайды
6	Закрепление новых знаний	Тестирование Раздает вопросы теста	15	Отвечают на вопросы, сдают преподавателю

*Организационная часть:* Поприветствовать учащихся. Сообщить тему занятия: «Допуски и посадки».

*Мотивация учащихся:* Тема «Допуски и посадки» является необходимой для дальнейшей работы с техническими чертежами

Изложение нового учебного материала

Нулевая линия - линия, соответствующая некому размеру, от которой откладываются отклонения размеров при указании допусков и посадок. Все линии чертежа - нулевые. Размер этот называется номинальным размером.

Допуск - диапазон отклонения от нулевой линии. "Отверстие выполнено диаметром А с допуском +0,5" - это означает, что действительный диаметр отверстия находится между диаметром, заданным нулевой линией (номинальный размер=А) и диаметром А+0,5мм.

Предельное отклонение - разность между предельным (наиболее отклоняющимся) и номинальным размером.

Верхнее отклонение = верхнее предельное отклонение = разница между номинальным и наибольшим предельным размером.

Нижнее отклонение = нижнее предельное отклонение = разница между номинальным и наименьшим предельным размером.

Таблица 47 – Обозначение отклонений

Обозначение отклонения	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение
Для отверстия	ES	EI
Для вала	es	Ei

Поле допуска - диапазон размеров, ограниченный верхним и нижним отклонением от нулевой линии. Положение поля допуска обозначают:

Для отверстия: Прописные (большие) буквы латинского алфавита. A, B, C, CD, D...

Для вала: строчные (маленькие) буквы латинского алфавита. a, b, c, cd...

Отклонение, используемое для указания поля допуска называют основным отклонением - это отклонение поля допуска ближайшее к нулевой линии.

Таблица 48 – Основные отклонения.

	Основное отклонение
Для отверстия от A до H	EI (нижнее)
Для отверстия J до ZC	ES (верхнее)
Для вала a до h	es (верхнее)
Для вала j до zc	ei (нижнее)

Отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю (не может быть меньше) - называют основным и обозначают английской буквой H.

Вал, верхнее отклонение которого равно нулю (не может быть больше) - называют основным и обозначают английской буквой h.

На рисунке 8 - положение полей допусков (заштриховано) относительно нулевой линии. Слева указаны отрицательные или положительные отклонения.

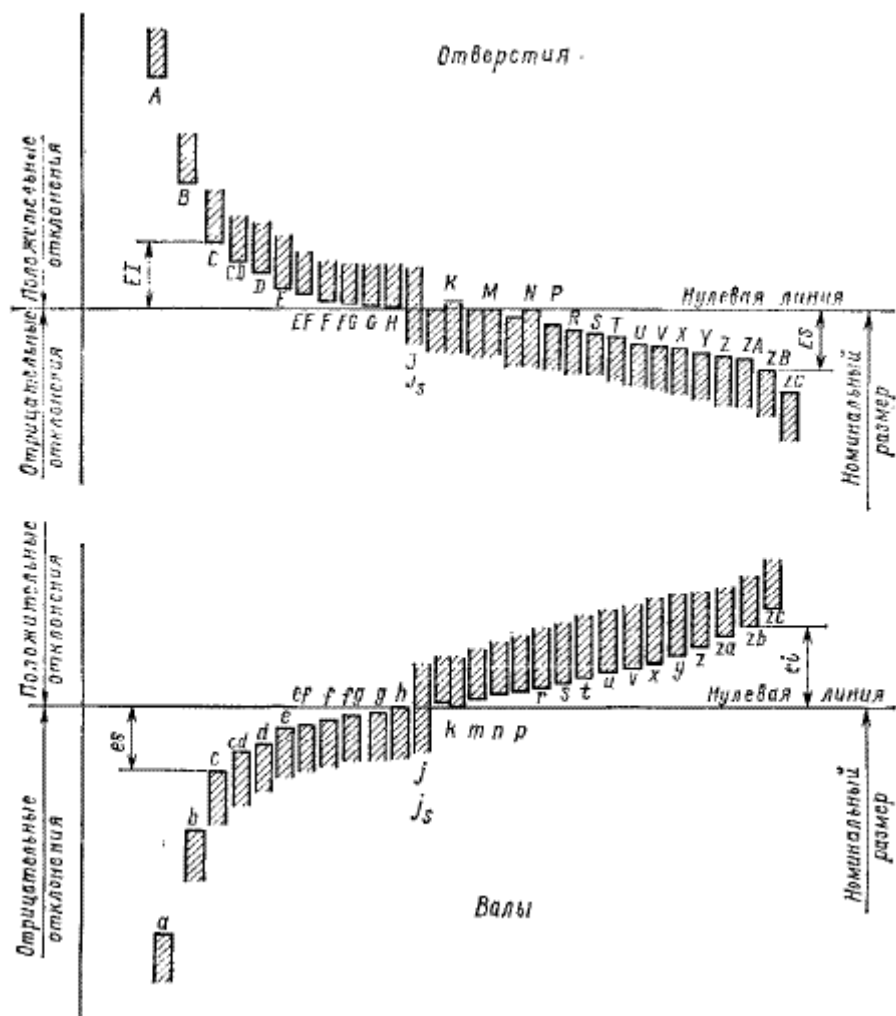


Рисунок 8 – Положение полей допусков относительно нулевой линии

Посадка - характер соединения узлов (деталей), определяемый величиной существующих в нем зазоров или натягов. Различают посадки с зазором, посадки с натягом и переходные (промежуточные) посадки.

Зазор – разность между размерами отверстия и вала до сборки, если размер отверстия больше размера вала.

Натяг - разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Натяг можно определять как отрицательную разность между размерами отверстия и вала.

Посадка с зазором – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, то есть наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала.

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



Посадка с натягом – посадка при которой всегда образуется натяг в соединении, то есть наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала.

Переходная посадка – посадка при которой возможно получение как зазора, так и натяга в соединении, в зависимости от действительных размеров отверстия и валов. При графическом изображении поле допусков отверстия и вала перекрываются полностью или частично.

Посадки в системе отверстия, смотри рисунок 9:

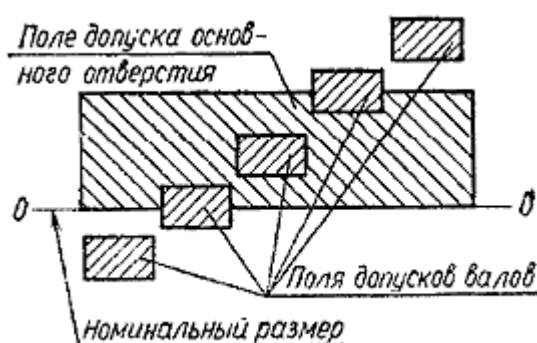


Рисунок 9 – Посадки в системе отверстия

Посадки в системе вала, смотри рисунок 10:

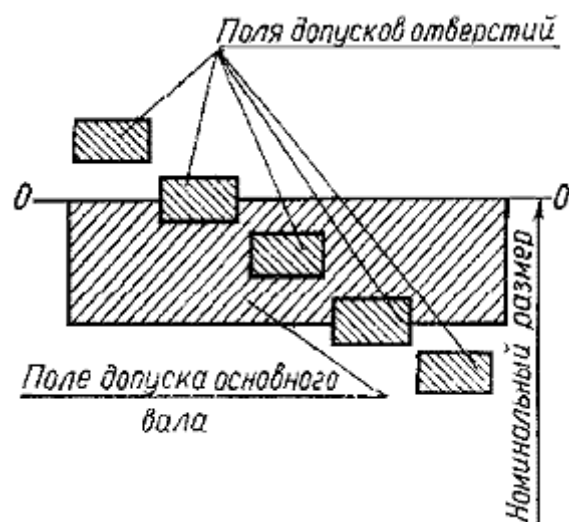


Рисунок 10 – Посадки в системе вала

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Квалитет - установленная совокупность допусков, определяющая допуск для данного линейного размера (одинаковая степень точности для всех номинальных размеров). Величины полей допусков обозначают буквами IT и порядковым номером квалитета.

*Заключительный этап*

Вопросы для закрепления новых знаний:

- 1) Дайте определение понятия допуск?
- 2) Какие отклонения обозначаются прописными латинскими буквами?
- 3) Какие отклонения обозначаются строчными латинскими буквами?
- 4) Дать определение понятия посадки с зазором?
- 5) Дать определение понятие нулевая линия?
- 6) Какие вы знаете посадки?

Предполагаемые ответы:

- 1) Допуск - диапазон отклонения от нулевой линии. "Отверстие выполнено диаметром  $A$  с допуском  $+0,5$ " - это означает, что действительный диаметр отверстия находится между диаметром, заданным нулевой линией (номинальный размер= $A$ ) и диаметром  $A+0,5$ мм
- 2) Для отверстия
- 3) Для вала
- 4) Посадка с зазором – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, то есть наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему.
- 5) Нулевая линия - линия, соответствующая некому размеру, от которой откладываются отклонения размеров при указании допусков и посадок. Все линии чертежа - нулевые. Размер этот называется номинальным размером
- 6) С зазором, с натягом, переходные.

## 5.5. Заключение методической части

В методической части был проанализирован профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», приведена учебная программа повышения квалификации токаря 4 разряда на операторов станка с ЧПУ 3 разряда, разработан учебно-тематический план дисциплины «Допуски и посадки, технические измерения» а также разработан урок теоретического обучения с последующим закреплением новых знаний в виде опроса. Обучение проводится на базе «ЦПП Евраз-Урал» в г.Нижний Тагил, ул.Металлургов,1.

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе предлагается усовершенствовать технологический процесс механической обработки детали «Корпус привода» путем замены универсальных станков новым современным токарным станком модели Okuma.

Так же предлагается заменить старый инструмент, используемый в базовом тех процессе на новый прогрессивный металлорежущий инструмент фирмы Sandvik Coromant. Для предлагаемого оборудования с системой ЧПУ разработана управляющая программа.

Предлагаемый технологический процесс экономически обоснован и окупится по расчетам за 3.6 года. Так же разработана методическая часть по переподготовки рабочей профессии Токарь 4 разряда на Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ 3 квалификации. Разработан план урока по теме «Допуски и посадки».

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали: Метод. рекомендации к выполнению практ. работы по технологии машиностроения / Т. А. Козлова. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф. – пед. ун-та, 1999. 33 с.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя: В 3 т. Т.1. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. 736с.
4. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных спец. Вузов. Минск.: Вышэйш. шк., 1979. 464 с.
5. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.
6. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Изд-во стандартов, 1990. 52 с.
7. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н. В. Бородина, Г. Ф. Бушков. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. - 90с.
8. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. М.: Высш.шк., 1976.536 с.
9. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. 169 с.
10. Мирошин Д.Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ [Текст]: Учеб. пособие. / Д.Г. Мирошин, Т.В. Шестакова, О.В. Костина, Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2009. 96 с.

					ДП 44.03.04.149 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1974. 136с.
12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущем станке. В 2 ч. М.: Машиностроение, 1974. 416с.
13. Основные и дополнительные команды проектирования: [Электронный ресурс]//Официальный сайт «Точные машины», 2006-2017. <http://www.precision-machines.ru/viewtopic.php?f=6&t=49&sid=6bca245a2001a205a6f5acde86faf843>
14. Основы технологии машиностроения. Учеб. для вузов /Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. 400 с.
16. Профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением», 2014. – 23с.
17. Режимы резания металлов: Справ./ Под ред. Ю. В. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 39 с.
18. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Киев: Вища шк. 1985. 255 с.
19. Справочник по программированию SIEMENS SINUMERIK 840D sl/828D Основы, 2011. – 609с.
20. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 1т- 656с.

					<i>ДП 44.03.04.149 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94

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

22. Стандарт предприятия ОАО «ЕВРАЗ НТМК» Система менеджмента качества управления персоналом. - Н.Тагил, 2013. – 83 с.

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

24. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии маши-ностроения: Учеб. пособ. Для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 278 с.

25. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей ма-шин.: Учеб. пособ. Для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 296 с.

26. Токарные станки с ЧПУ: [Электронный ресурс]//Официальный сайт «Станкоинс», 2016-2017. <http://stankoins.ru/product/tokarnyi-standok-s-chnpu-t252-2s/>

27. Учебное пособие для машиностроительных вузов / Под общ. ред. К. М. Великанова. 4-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. 285 с.

28. Харламов Г.А., Тарапанов А.С. Припуски на механическую обработку: Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.:ил.

29. Электронный каталог «Sandvik Coromant», 2015.

30. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: Учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2004. – 150 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**


Перечень графических материалов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов
Чертеж заготовки	ВКР 44.03.04.149.01	A2	1
Чертеж детали	ВКР 44.03.04.149.02	A2	1
Технологический эскиз			
Операция Комплексная с ЧПУ	ВКР 44.03.04.149	A1	2
Управляющая программа	ВКР 44.03.04.149	A1	1
Технико-экономические показатели	ВКР 44.03.04.149	A1	1



Фрагмент учебной программы на тему «Допуски и посадки»

Слайд 1

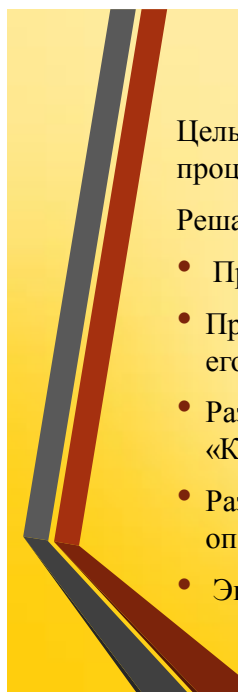


**Выпускная квалификационная работа**

*Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус привода»*

Выполнил студент группы ТО-402  
Васильев С.Ю

Слайд 2



Целью дипломного проекта является совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус привода».

Решаются следующие задачи:

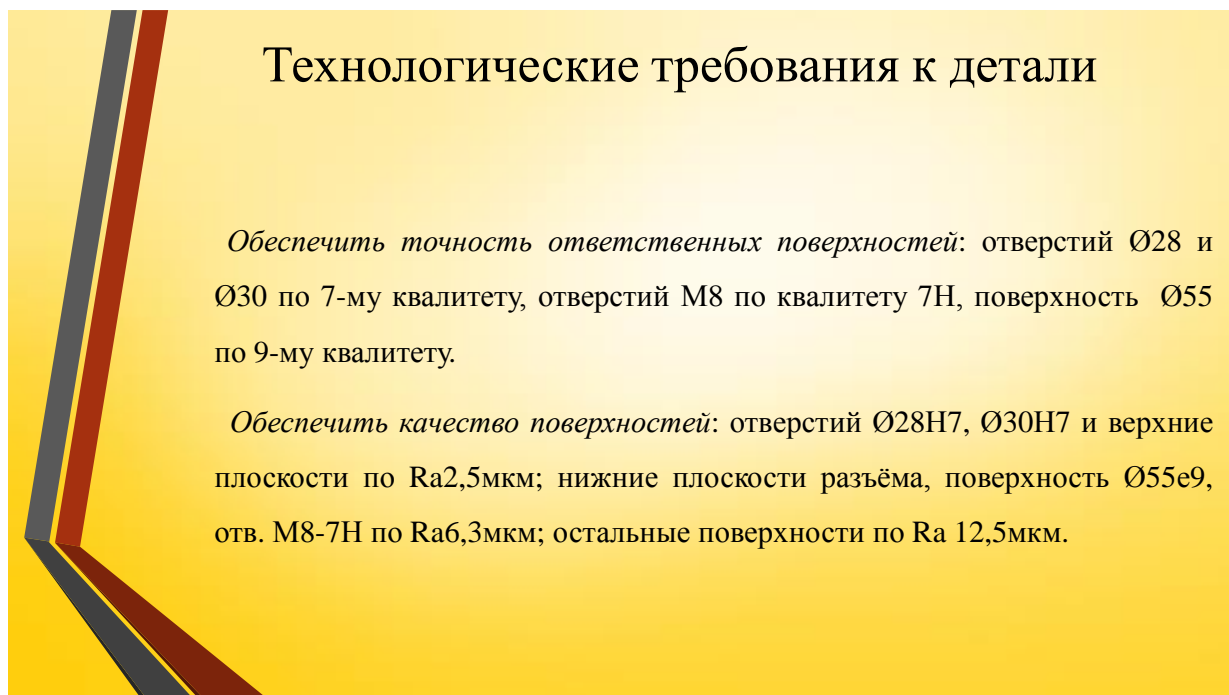
- Проанализировать вид заготовки изменить ее форму и размеры
- Проанализировать базовый технологический процесс и усовершенствовать его, используя новое оборудование, инструмент, оснастку
- Разработать управляющую программу механической обработки детали «Корпус привода»
- Разработать методику переподготовки рабочих кадров по профессии оператор наладчик станков с ЧПУ
- Экономически обосновать предлагаемые изменения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Слайд 3



Слайд 4



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

98

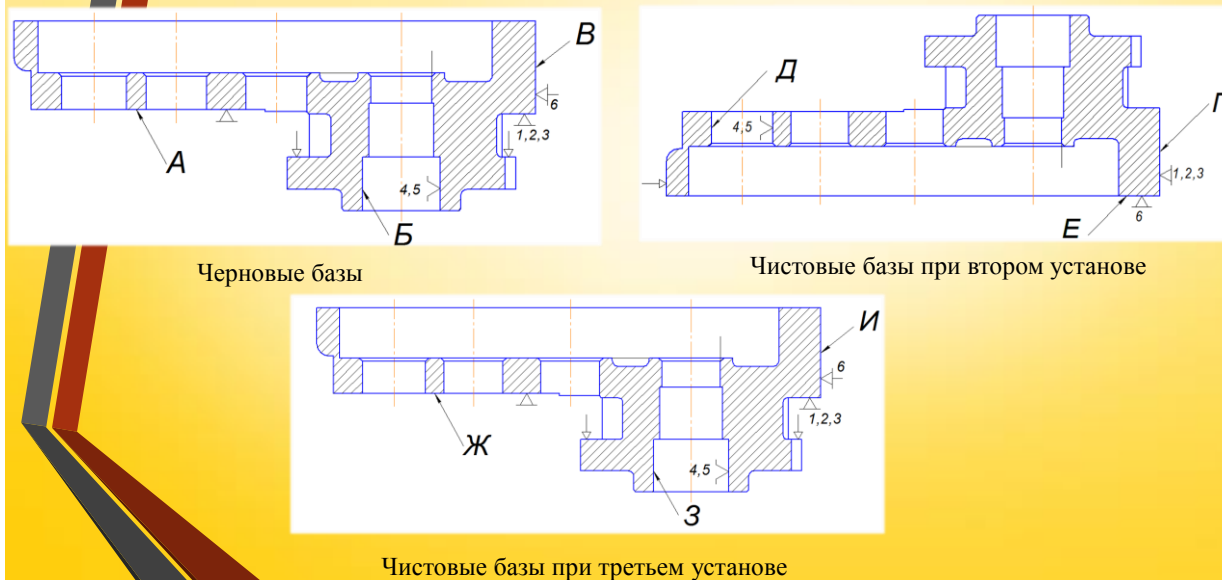
## Слайд 5

Обеспечить следующие допуски:

- допуск параллельности нижней и верхней плоскостей в пределах 0,05 мм на длине 100мм, относительно базы Е.
- допуск перпендикулярности поверхности  $\varnothing 55e9$  в пределах 0,1 мм на диаметр, относительно верхней плоскости.
- допуск симметричности отверстия  $\varnothing 36h14$  в пределах 1 мм на диаметр, относительно базы Д.
- позиционный допуск отверстий  $\varnothing 13$ мм в пределах 0,5мм на диаметр.
- позиционный допуск отверстий М8-7Н в пределах 0,5мм на диаметр относительно базы В

## Слайд 6

### Технологические базы



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

99

Слайд 7

## Сравнение базового и проектируемого вариантов технологических процессов

Базовый технологический процесс		Проектируемый технологический процесс	
Наименование операции	Используемое оборудование	Наименование операции	Используемое оборудование
20, 30, 50, 70, 80, 90, 155, 190 - Фрезерная	ФВ-14	010, 020, 030 – Комплексная с ЧПУ	OKUMA MA-650V
120, 130, 170 – Сверлильная	СР-5-1Б		
150 - Токарная	ТВ-30-15		

Слайд 8

## Оборудование, используемое в новом технологическом процессе



Обработка центр с ЧПУ OKUMA MA-650V

Слайд 9

### Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	10000	10000	0
Масса заготовки	кг	2,7	2,5	-0,2
Количество видов оборудования	шт.	4	1	-3
Количество основных рабочих	чел.	4	2	-2
Капитальные вложения с учетом коэффициента загрузки	тыс. руб	0	3654	+3654
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,924	0,238	-0,686
Технологическая себестоимость одной детали	руб.	599,351	499,257	-100,094
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100%	
Производительность труда	шт/чел.год	2344	9133	+6789
Рост производительности труда	%	100	290	+190
Коэффициент загрузки оборудования		0,85	0,87	-0,02
Годовой условный экономический эффект	тыс.руб.		1000,94	
Срок окупаемости	года		3,6	

Слайд 10

### Анализ трудовой функции

Таблица – Трудовая функция «Программирование станков с ЧПУ»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	A/01.2	Уровень (подуровень) квалификации	2
1	2				
<b>Трудовые действия</b>	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 поверхностей деталей по 7–8 qualitетам (на основе знаний и практического опыта) Контроль точности и работоспособности позиционирования обрабатывающего центра с ЧПУ с помощью измерительных инструментов				
<b>Необходимые умения</b>	Анализировать конструкторскую документацию станка и инструкцию по наладке и определять предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации для выполнения 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 однотипных обрабатывающих центров с ЧПУ				

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

ДП 44.03.04.149 ПЗ

Лист

101

## Слайд 11

Окончание таблицы

1	2
<b>Необходимые знания</b>	Система допусков и посадок, степеней точности, качества 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 однотипных 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 однотипных 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
<b>Другие характеристики</b>	Виды брака и способы его предупреждения и устранения
	Требования по рациональной организации труда на рабочем месте
	Выполнение работ под руководством наладчика более высокой квалификации
	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности

## Слайд 12

### Учебный план для переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Раздел, тема	Кол-во учебных часов			Форма контроля
	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
Теоретическое обучение	88	46	42	
Охрана труда и пожарная безопасность	4	4	-	Тестирование
Техническое черчение	12	4	8	Проверка чертежей
Допуски и посадки, технические измерения	8	8	-	Тестирование
Устройство металлорежущих станков с ЧПУ	24	12	12	Контрольные задания
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	24	12	12	Контрольные задания
Оснастка для станков с ЧПУ	12	6	6	Контрольные задания
Практическое обучение	42	-	42	Контрольные задания
Квалификационный экзамен	6	2	4	Экзамен
<b>ИТОГО по курсу</b>	<b>144</b>	<b>48</b>	<b>88</b>	

Слайд 13

## Учебный план для переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Раздел, тема	Кол-во учебных часов			Форма контроля
	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
Теоретическое обучение	88	46	42	
Охрана труда и пожарная безопасность	4	4	-	Тестирование
Техническое черчение	12	4	8	Проверка чертежей
Допуски и посадки, технические измерения	8	8	-	Тестирование
Устройство металлорежущих станков с ЧПУ	24	12	12	Контрольные задания
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	24	12	12	Контрольные задания
Оснастка для станков с ЧПУ	12	6	6	Контрольные задания
Практическое обучение	42	-	42	Контрольные задания
Квалификационный экзамен	6	2	4	Экзамен
<b>ИТОГО по курсу</b>	<b>144</b>	<b>48</b>	<b>88</b>	

Слайд 14

Спасибо за внимание!