

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ОПОРА»

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

Идентификационный код ВКР: 621

Екатеринбург 2018

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

Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации  
и методики профессионального обучения

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

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ОПОРА»**

Выпускная квалификационная работа  
По направлению подготовки 44.03.04  
Профессиональное обучение (по отраслям)  
Профиль подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
Профилизация «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 621

Исполнитель:

студент группы ЗТО-503

Н.В. Звиревич

Руководитель:

Ст. преподаватель

О.В. Костина

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 116 страницах, содержит 13 рисунков, 18 слайдов, 50 таблиц, 31 источник литературы, а также 3 приложения на 13 страницах.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ «ОПОРА», ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, РАСЧЕТ НОРМ ВРЕМЕНИ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, ПРОГРАМИРОВАНИЕ НА СТАНКЕ ЧПУ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, УЧЕБНО – ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

Совершенствование технологического процесса механической обработки в условиях среднесерийного производства достигнуто за счет применения современного обрабатывающего центра с ЧПУ.

Выбраны металлорежущий инструмент и элементы режима резания для всех операций. Рассчитаны нормы времени на изготовление одной детали.

Составлена управляющая программа.

Приведено экономическое обоснование проекта.

В методической части проанализирован профессиональный стандарт операторов-наладчиков ОЦ с ЧПУ. Разработан учебный урок на тему: «Подготовительные и вспомогательные функции».

					ДП 44.03.04.621.ПЗ			
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата				
Разраб.		Звиревич			Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Опора»	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Костина					2	116
Н. Контр.		Суриков				ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-503		
Зав. каф.		Бородина						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Служебное назначение детали и материала.....	7
1.2. Анализ технических требований к детали .....	8
1.3. Анализ технологичности детали .....	8
1.4. Анализ базового технологического процесса.....	11
1.5. Определение типа производства .....	11
1.6. Выбор исходной заготовки и метода ее получения .....	13
1.7. Нумерация поверхностей детали .....	16
1.8. Выбор технологических баз и разработка схем базирования.....	18
1.9. Этапы обработки поверхностей детали.....	20
1.10. Составление технологического маршрута обработки поверхностей детали.....	21
1.11. Разработка технологического маршрута обработки детали .....	23
1.12. Выбор технологического оснащения .....	26
1.13. Выбор режущего инструмента.....	30
1.14. Мерительный инструмент .....	36
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ .....	37
2.1. Расчет припусков на механическую обработку .....	37
2.2. Расчет точности обработки.....	41
2.3. Расчет режимов резания.....	43
2.4. Расчет технических норм времени.....	47
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ .....	51
3.1. Основные сведения о системе SIEMENS .....	51
3.2. Основные и дополнительные функции системы ЧПУ .....	51
3.3. Разработка управляющей программы .....	53
4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	57
4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия .....	57

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

4.2. Расчет капитальных затрат .....	58
4.3. Расчет технологической себестоимости детали .....	62
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	80
5.1. Введение .....	80
5.2. Анализ профессионального стандарта по профессии оператор – наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ .....	83
5.3. Содержание и анализ учебной программы переподготовки рабочих по профессии «Оператор станков с числовым программным управлением» .....	89
5.4. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Подготовительные и вспомогательные функции» .....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	99
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	100
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Перечень графического материала.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Конспект урока.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект слайдов к методическому разделу .....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших отраслей промышленности считается машиностроение. Оно создает наиболее активную часть основных производственных фондов – орудия труда. Следовательно, ускорение темпов его роста основа научно-технического прогресса во всех отраслях хозяйства страны.

Возрождение и развитие отечественной машиностроительной промышленности невозможно без интенсификации производства на основе широкого использования достижений науки и техники, применения прогрессивных технологий.

Повышение эффективности машиностроительного производства может быть осуществлено только при использовании высокотехнологичного оборудования и возможности работы на нем. Использования систем электронного управления, интеграция процессов и технологий для автоматизации. Смещение от отдельного специализированного производства к многоцелевому оборудованию, обеспечение высокой функциональности и производительности при максимальной точности, использование новых технологий, быстрое создание и моделирование процессов, применение современного режущего инструмента.

В современных условиях широкое распространение получает технологическое оборудование с числовым программным управлением, позволяющее производить весь комплекс обработки на одном станке. Оно отличается высокой производительностью, повышенной точностью, высокой концентрации обработки и снижением участия человека в процессе работы на нем.

Целью данного дипломного проекта является модернизация существующей технологии изготовления детали и предложением переноса

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ее части на современное оборудование с программным управлением (обрабатывающий центр).

При этом обеспечивается:

- снижение трудоемкости обработки детали;
- уменьшение численности рабочих;
- рост производительности труда;
- повышение точности обработки;
- уменьшение числа занятых станков;
- снижение себестоимости изготовления.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать исходные данные о детали;
- подобрать современное оборудование с ПУ и режущий инструмент;
- разработать и обосновать маршрут изготовления детали «Опора»;
- рассчитать экономическое обоснование технологического процесса;
- рассмотреть вопросы переподготовки рабочих в рамках методического раздела.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Служебное назначение детали и материала

Рассматриваемая в проекте деталь «Опора» является частью сборочной единицы «Адаптер» и предназначена для наматывания и разматывания электрокабеля в электрической части электропоезда.

Деталь «Опора» изготавливается из литейного алюминия марки АЛ9-1 ГОСТ 1583-93.

Сплав АЛ9-1 отличается от сплава АЛ9 наличием титана и пониженным содержанием примеси железа (до 0,3 %). По сравнению со сплавом АЛ9 он отличается более высокими механическими свойствами и лучшей коррозионной стойкостью.

Сплав АЛ9-1 предназначен для изготовления сложных по конфигурации деталей агрегатов и приборов, испытывающих средние нагрузки и работающих при температурах до 200 °С.

Химический состав сплава АЛ9-1 приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав сплава АЛ9-1 в %

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Zr	B	Pb	Mg
до 0,3	7-8	до 0,1	0,08- 0,15	90,85- 92,67	до 0,1	до 0,1	до 0,1	до 0,3	0,25- 0,4

Таблица 2 – Механические свойства сплава АЛ9-1

$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
230	2,0	не менее 75

Основное достоинство алюминиевого литейного сплава марки АЛ9-1 – высокая герметичность. Это достаточно весомое качество для материала, который идет на производство фасонных отливок. Линейная усадка, которую дает АЛ9-1 – всего 1%. Mg введен в состав этого сплава для

упрочнения, поскольку он образует упрочняющую фазу с кремнием – Mg<sub>2</sub>Si.

Данный сплав подходит для условий работы детали «Опора».

### 1.2. Анализ технических требований к детали

Основной технологической задачей при обработке опоры является обеспечение:

- 1) точности размеров (отверстия Ø115 по 7-му качеству, размера 227мм по 11-му качеству, поверхностей Ø580мм, Ø590мм и Ø636мм по 12-му качеству, остальные поверхности и размеры по 14-му качеству);
- 2) точности расположения поверхностей (допуск радиального биения поверхности Ø620h13 относительно базового отверстия «Е» в пределах 0,20мм; допуск торцевого биения правого и левого торцов относительно базового отверстия «Е» в пределах 0,08мм);
- 3) качества поверхностного слоя (отверстия Ø115 по Ra 2,5мкм; поверхности Ø590h12, Ø636h12, правый и левый торцы по Ra 6,3мкм; остальные поверхности по Ra 12,5мкм).

### 1.3. Анализ технологичности детали

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

Конструкция изделия может быть признана технологичной, если она обеспечивает простое и экономическое изготовление изделия и отвечает следующим основным требованиям:

- конфигурация деталей и их материалов позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объем механической обработки;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- при конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства;
- обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали;
- использованы стандартизация и унификация элементов детали (два типа размера фасок);
- для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей;
- 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;

По качественным показателям деталь является достаточно технологичной.

Технологический анализ детали может быть как качественный, так и количественный. Качественный анализ предшествует количественному и сводится к определению соответствия конструкции детали вышеуказанным требованиям.

Количественная оценка технологичности детали.

1. Коэффициент использования материала по формуле (1)

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (1)$$

где  $M_d$  – масса детали по чертежу, кг;

$M_z$  – масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_z} = \frac{47}{61,4} = 0,765.$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Полученный коэффициент использования материала соответствует крупносерийному производству.

Коэффициенты точности коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 14.205-83. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведем в таблицы 3 и 4, в которых  $T_i$  – качества,  $Ш_i$  – значения параметра шероховатости,  $n_i$  – количество размеров или поверхностей, для каждого качества или шероховатости.

Коэффициент точности определим по [22, стр. 229], а результаты занесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$	$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$
7	1	7	13	1	13
11	1	11	14	9	131
12	3	36			
				$\Sigma n_i = 15$	$\Sigma T_i \cdot n_i$

=198

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{198}{15} = 13,2$$

$$R_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,2} = 0,924.$$

Коэффициент шероховатости определим по [22, стр. 229], а результаты занесем в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	$n_i$	$Ш_i \cdot n_i$	$Ш_i$	$n_i$	$Ш_i \cdot n_i$
2,5	1	2,5	12,5	6	75
6,3	4	25,2			
				$\Sigma n_i = 11$	$\Sigma Ш_i \cdot n_i = 102,7$

$$Ш_{cp} = \frac{\Sigma Ш_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{102,7}{11} = 9,34$$

$$R_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}} = 1 - \frac{1}{9,34} = 0,893.$$

Деталь достаточно технологична, так как базы позволяют обеспечить принципы совмещения баз и их постоянства. Заданные допуски и технические требования соответствуют служебному назначению детали. Положительных качеств технологичности детали больше, чем отрицательных.

#### 1.4. Анализ базового технологического процесса

Базовый технологический процесс выполнялся на универсальном оборудовании токарно-карусельном станке 1563.

По признакам технологический процесс относят:

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

#### 1.5. Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное (мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное), массовое.

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями. Серийное производство является основным типом машиностроительного производства и условно подразделяется на крупно-, средне-, и мелкосерийное.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

изделий, непрерывно изготавливаемых в течении продолжительного времени. На большинстве рабочих мест при этом выполняется одна рабочая операция.

В данной работе тип производства может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по таблице 5.

Масса детали «Опора» равна – 47 кг.

В соответствии с заданием годовая программа выпуска – 13000 шт.

Таблица 5 – Ориентировочные данные для определения типа производства

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей, шт				
	Тип производства				
	Единичное	Мелко-серийное	Средне-серийное	Крупно-серийной	Массовое
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Крупносерийное производство характеризуется следующим:

- применяется высокопроизводительное оборудование, в т. ч. станки с числовым программным управлением;
- используется высокопроизводительная оснастка, в т. ч. зажимные приспособления с механизированным приводом, режущий инструмент с неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава, а также специальные средства для контроля деталей;
- оборудование на участке располагают в соответствии с технологическим процессом обработки детали;
- квалификация рабочего персонала средняя;

- технологический процесс обработки деталей разрабатывают в виде операционного процесса, т. е. выполняют маршрутные и операционные карты.

Для дипломного проекта выбирается групповая форма организации производственного процесса, которая характеризуется периодическим запуском деталей партиями, что является признаком серийного производства.

Количество деталей в партии (шт.) для одновременного запуска определяется по формуле [11, стр. 36]:

$$n = \frac{N \cdot a}{254},$$

где  $a$  – периодичность запуска в днях;

254 – количество рабочих дней в году;

$N$  – годовая программа выпуска.

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{13000 \cdot 6}{254} = 307 \text{ шт.}$$

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

Исходные данные:

- масса детали – 47 кг;
- габариты детали – Ø636x227 мм;
- материал – сплав АЛ9-1 ГОСТ 1583-93 ( $\sigma_{\text{в}} = 230$  МПа);
- годовое число деталей – 13000 шт.

Для изготовления деталей машиностроительные предприятия используют различные виды проката черных и цветных металлов, стальные слитки, чугун, алюминий, порошковые металлургические материалы и пр. При избранном конструктором материале детали возможны различные пути превращения полуфабриката в готовую деталь. Чем короче будет путь такого превращения, тем более экономичным оказывается технологический

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

процесс изготовления детали. Поэтому при разработке технологического процесса, прежде всего, необходимо оценить возможность изготовления детали непосредственно из полуфабриката.

Если для изготовления детали нельзя подобрать полуфабрикат, который сразу можно превратить в готовую деталь, то приходится сначала превращать полуфабрикат в заготовку, а затем заготовку в готовую деталь. В таких случаях приходится выбирать полуфабрикат, обеспечивающий экономичное получение заготовки, и изыскать способ получения заготовки, позволяющий превратить ее в деталь с наименьшими затратами труда и материала.

В современном машиностроении для получения заготовок деталей используют разнообразные технологические процессы [6], [32]:

- 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 [6], [32]:

- 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;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Учитывая заданный материал – сплав АЛ9-1, требуемой точностью изготовления заготовки для данной детали «Опора», мы выбираем способ получения заготовки – отливка в кокиль. Сравним два метода получения заготовки: отливка в песчаные формы и отливка в кокиль. Результаты для расчета приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные для расчета

Общие исходные данные	Наименование показателей	1-ый вариант	2-ой вариант
Материал детали сплав АЛ9-1 Масса детали $m_0 = 47 \text{ кг}$ Годовая программа N=13000 шт. Тип производства крупносерийное	Вид заготовки	Литье в песчаные формы	Литье в кокиль
	Масса заготовки	78,5 кг	61,4 кг
	Стоимость одной тонны заготовки	1540	1410
	Стоимость одной тонны стружки	790	790
	Коэффициент использования материала	0,598	0,765

Определим стоимость заготовки по формуле [11, стр. 62]:

$$C_3 = M \cdot C_M - M_0 \cdot C_0 + C_{з.ч.} \cdot T_{шт} \cdot \left(1 + \frac{C_{ц.}}{100}\right),$$

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

CM – оптовая цена на материал, руб.;

MO – масса отходов материала, кг.;

CO – цена одного кг. отходов, руб.;

Cз.ч. – средняя часовая зарплата, руб./час;

Tшт – штучное время черновой обработки детали, мин.;

CC – цеховые накладные расходы, примем 90%.

Cз для первого варианта:

$$C_3 = 78,5 \cdot 1,54 - 31,5 \cdot 0,79 + 95,7 \cdot 1,13 \cdot \left(1 + \frac{90}{100}\right) = 301,5 \text{ руб.}$$

$C_3$  для второго варианта:

$$C_3 = 61,4 \cdot 1,41 - 14,4 \cdot 0,79 + 91,7 \cdot 0,95 \cdot \left(1 + \frac{90}{100}\right) = 240,7 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_3 = (C' - C'') \cdot N = (301,5 - 240,7) \cdot 13000 = 790400 \text{ руб.}$$

Используемая для получения детали заготовка (отливка в кокиль), имеет следующие нормы точности [11, стр. 55-59]:

- класс размерной точности – 7;
- класс точности массы отливки – 7;
- припуск на обработку – 2,5...3,0мм;

Допуск размерной точности  $T = 2,00$ мм (ГОСТ 26645-85).

Таблица 7 – Общие припуски и размеры заготовки

Размер на чертеже, мм	Общий припуск $Z_0$ , мм	Размер заготовки, мм	Допуск на заготовку, мм	Окончательный размер заготовки, мм
Ø590	2·3,0	596	+1,6 -1,6	596 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>
227	2·2,5	232	+1 -1	232 <sup>+1</sup> <sub>-1</sub>
Ø636	2·3,0	642	+1,6 -1,6	642 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>
25	2,5	28	+0,5 -0,5	28 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>
21	2,5	24	+0,5 -0,5	24 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>
Ø115	2·3,0	109	+0,6 -0,6	109 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,6</sub>
170	2,5	172,5	+1,2 -1,2	172,5 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>
75	2,5	77,5	+1 -1	77,5 <sup>+1</sup> <sub>-1</sub>

### 1.7. Нумерация поверхностей детали

Для удобства проектирования маршрутов обработки каждой поверхности детали необходимо предварительно эти поверхности пронумеровать. Номера торцевых поверхностей слева направо должны увеличиваться.

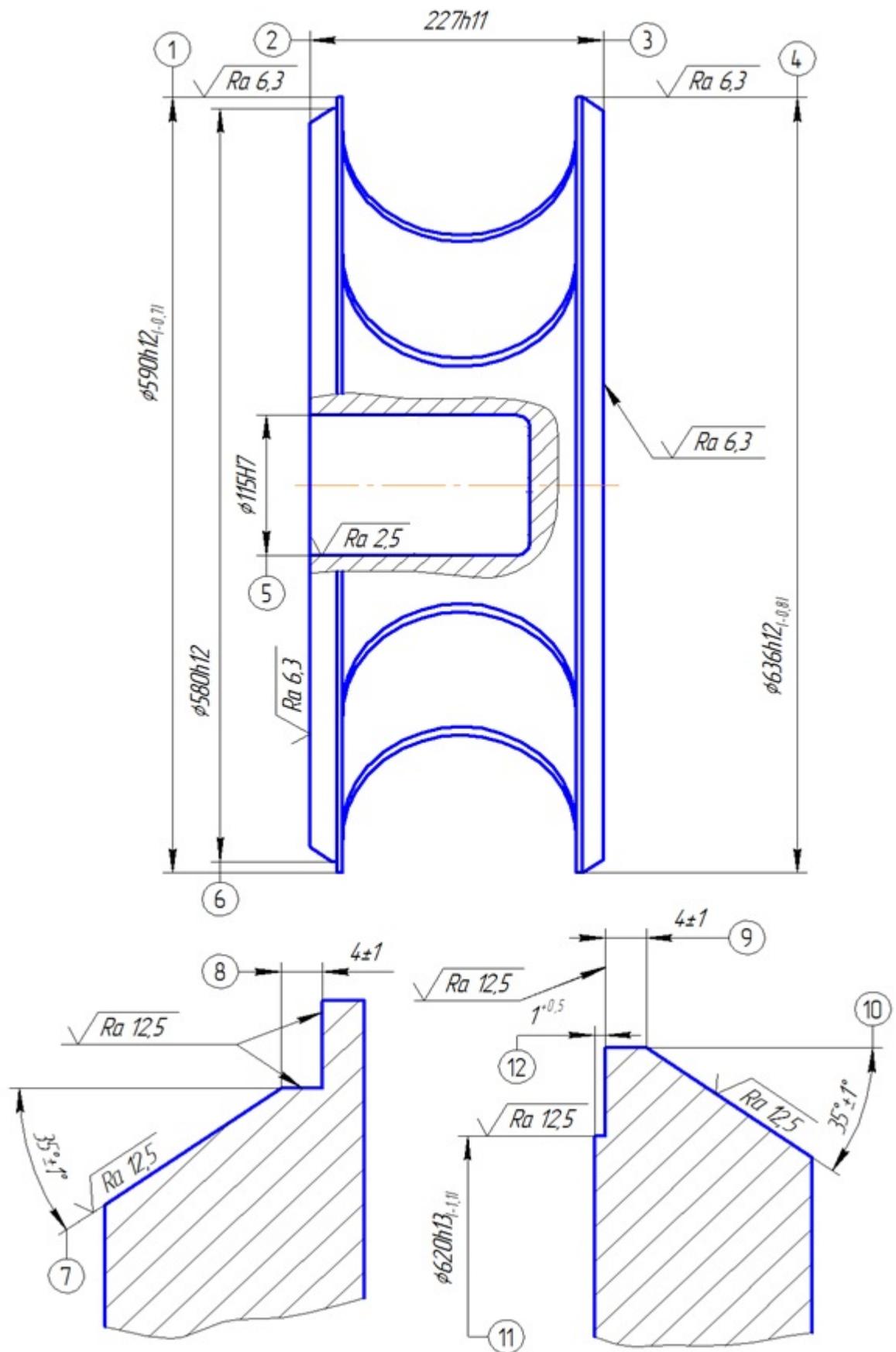


Рисунок 1 – Эскиз детали «Опора»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.621.ПЗ

Лист

17

## 1.8. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность размеров, получаемых в процессе обработки, выбор режущих инструментов и станочных приспособлений. Исходными данными для выбора баз является чертеж с техническими требованиями.

Основные принципы и требования к выбору технологических баз:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимают основные базы, т.е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. В случае несовпадения технологических и конструкторских баз возникает необходимость пересчета допусков, заданных конструктором, в сторону их уменьшения;

- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы. Для соблюдения этого принципа часто создают базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда у валов и т. п.);

- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

Следует иметь в виду, что наибольшая точность достигается при условии использования на всех операциях механической обработки одних и тех же комплектов баз, то есть при соблюдении их единства.

Оценку точности базирования при выполнении каждой операции рекомендуется производить в следующем порядке:

➤ установить, соблюдается ли принцип совмещения баз при выдерживании заданных размеров. При этом следует рассмотреть основные размеры или группы идентичных размеров детали по различным координатным направлениям, например, для цилиндрической детали: осевые размеры, радиальное биение поверхностей и другое. Если указанный принцип соблюдается, погрешность базирования равна нулю, а анализ точности базирования на этом заканчивается;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

➤ если принцип совмещения баз не соблюдается, установить, оказывает ли это влияние на точность обработки по разным параметрам. Следует иметь в виду, что в ряде случаев, точность размеров обеспечивается за счет наладки инструмента относительно друг друга и от базирования не зависит.

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 торцы и отверстие  $\text{Ø}115\text{H}7$ . К вспомогательным базам относят поверхности R95 и  $\text{Ø}636\text{h}12$ .

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

В нашем случае черновой базой будет поверхность «А» и торец «Б».

Торец «Б» лишает деталь трех степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), а поверхность «А» двух степеней свободы (двух перемещений), таким образом, базирование не полное.

Схема чернового базирования показана на рисунке 2.

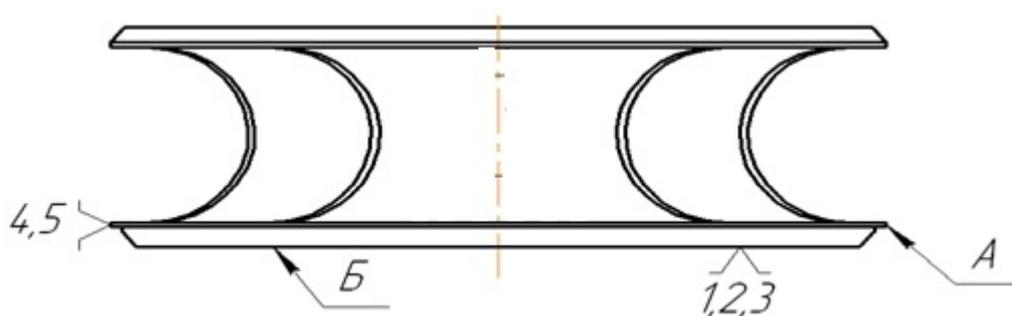


Рисунок 2 – Черновые базы

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. В нашем случае, чистовыми базами является торец «В» и поверхность «Г».

Торец «В» лишает деталь трех степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), а поверхность «Г» двух степеней свободы (двух перемещений). Таким образом, базирование полное.

Чистовое базирование представлено на рисунке 3.

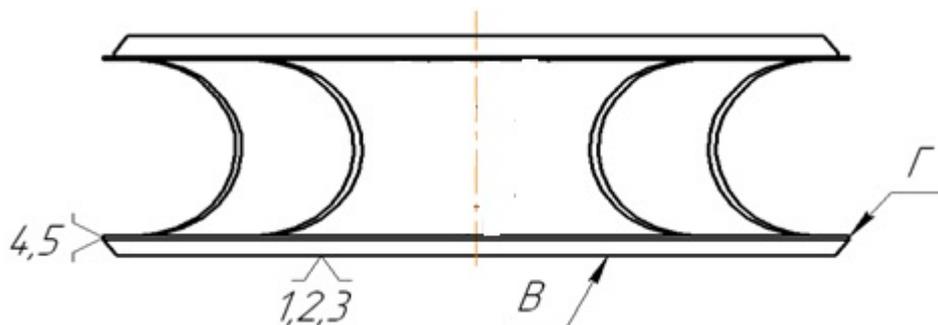


Рисунок 3 – Чистовые базы

Таблица 8 – Технологические базы в станочных операциях

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
005	Токарно-карусельная Точить торец 3, точить поверхность 4, точить поверхности 9,10,11,12	Наружная поверхность 1 и торец 2	
010	Токарно-карусельная Точить торец 2, точить поверхности 1, 6, 7, 8, расточить отверстие 5		Торец 3, и поверхность 4

### 1.9. Этапы обработки поверхностей детали

Для определения укрупненных операций, образующих маршрутное описание технологического процесса, необходимо определить этапы обработки каждой элементарной поверхности детали. В соответствии с рекомендациями литературы и состоянием поверхностей на рабочем чертеже, выделим необходимое число этапов механической обработки для обеспечения необходимых параметров каждой поверхности. Состояние поверхностей будет характеризоваться указанными на чертеже точностью и шероховатостью.

Для выбора методов обработки поверхностей необходимо учитывать

вид поверхности (цилиндр, плоскость и т.д.), ее положение (наружная или внутренняя), состояние (точность и шероховатость) и возможности технологического оборудования. Эти данные представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Методы обработки поверхностей детали «Опора»

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП
1	Поверхность	12	6,3	Точение однократное
2	Торец	11	6,3	Точение однократное
3	Торец	11	6,3	Точение однократное
4	Поверхность	12	6,3	Точение однократное
5	Отверстие	7	2,5	Точение черновое, чистовое, тонкое
6	Поверхность	12	6,3	Точение однократное
7, 8	Поверхность	14	12,5	Точение однократное
9, 10	Поверхность	14	12,5	Точение однократное
11, 12	Поверхность	14	12,5	Точение однократное

Если требуемая точность и шероховатость поверхности в пределах одного этапа может достигаться разными методами обработки, например тонким точением или однократным шлифованием, то необходимо выбрать один из них в соответствии с конкретными условиями.

### **1.10. Составление технологического маршрута обработки поверхностей детали**

Разрабатывая технологический процесс деталей необходимо выполнять следующие условия:

- выполнять операции черновой обработки, при которых снимают наибольшие слои металла, что позволяет сразу выявить дефекты заготовки и освободить от внутренних напряжений, вызывающих деформации;

➤ при выборе технологических баз, следует стремиться к соблюдению основных принципов базирования, совмещения и постоянства баз;

➤ отделочные операции следует выносить к концу технологического процесса обработки, за исключением тех случаев, когда поверхности служат базой для последующих операций.

Все эти условия соблюдены при разработке технологического процесса.

При разработке технологических операций необходимо особое внимание уделить выбору баз для обеспечения точности обработки деталей и выполнения технических требований чертежа.

При выборе баз необходимо принимать поверхности, не подлежащие обработке, а если деталь имеет несколько необработанных поверхностей, то за базу надо принимать ту поверхность, которая должна иметь наименьшее смещение относительно своей оси и быть наименьшим припуском на обрабатываемой поверхности.

Базы должны обеспечивать отсутствие недоступных деформаций детали, а так же простоту конструкций станочного приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали.

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки, необходимо правильно выбрать приспособления, которые должны способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшению условий труда, ликвидации предварительной разметки заготовки выверки и при установке на станке.

Применение станочных приспособлений и вспомогательных инструментов при обработке заготовок дает ряд преимуществ:

- повышает качество и точность обработки детали;
- сокращает трудоемкость обработки заготовок за счет резкого уменьшения времени, затрачиваемого на установку, выверку и закрепление;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- расширяет технологическую обработку станков.

Необходимо стремиться в одну технологическую операцию включить переходы обработки всех видов поверхностей, которые могут быть выполнены на данном станке на всех этапах обработки.

Составим предварительный маршрут обработки детали «Опора».

❖ Операция 005 Токарная с ЧПУ

Токарный обрабатывающий центр DMG Eco Turn 650 с операционной системой 4,5 на базе SIEMENS 840D solutionline.

Установ А. Точить торец 3, скос 10, поверхность 4, точить поверхности 9, 11, 12.

Установ Б. Точить торец 2, скос 7, поверхность 1, 6, 8; расточить отверстие 5 предварительно, окончательно.

Данные о маршруте обработки поверхностей занесем в таблицу 10.

Таблица 10 – Маршрутное описание технологического процесса

Операция,установ		Метод обработки	№ обрабатываемых поверхностей
Токарный ОЦ с ЧПУ			
005	Установ А	Подрезать торец Точить скос Точить поверхности	3 10 9,11,12
	Установ Б	Точить торец Точить скос Точить поверхности Расточить отверстие Просверлить отверстие Нарезать резьбу	2 7 8,4,1 5 13,14 13,14

### 1.11. Разработка технологического маршрута обработки детали

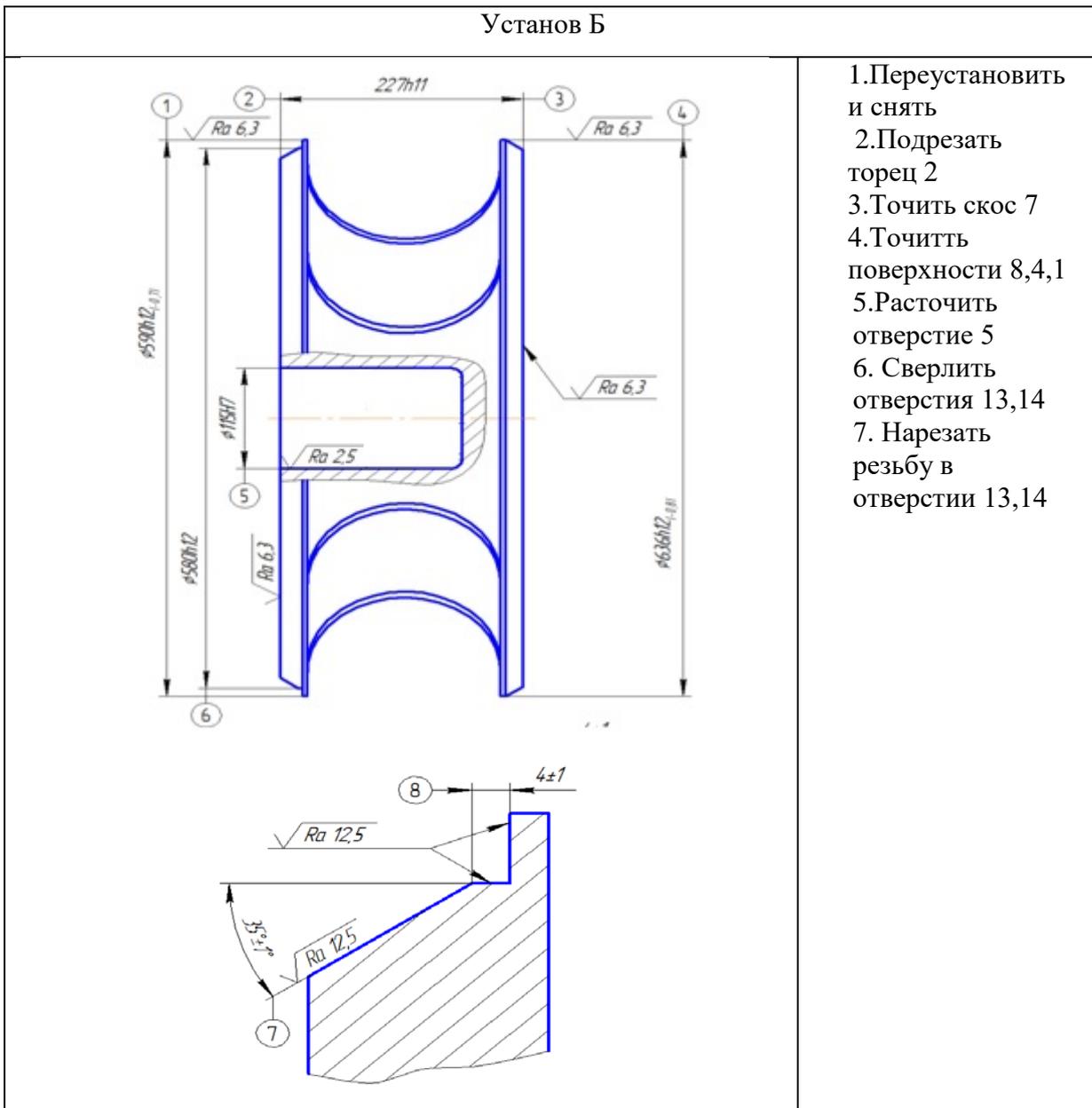
В усовершенствованном технологическом процессе предлагается заменить токарный вертикальный 8-ми позиционный полуавтомат модели 1Б286-8 на токарный обрабатывающий центр DMG Eco Turn 650 с операционной системой 4,5 на базе Siemens.

На следующем шаге необходимо оформить эскизы планов обработки по каждой операции. Данная последовательность действий оформляется в виде таблицы.

Таблица 11 – Описание технологического процесса

Операция 005 Установ А	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и снять</li> <li>2. Подрезать торец 3</li> <li>3. Точить скос 10</li> <li>4. Точить поверхности 9, 11, 12</li> </ol>

Окончание таблицы 11



## 1.12. Выбор технологического оснащения

Технологическое оснащение, это комплекс элементов, который обеспечивает выполнение процесса изготовления заданной точности и производительности с оптимальными затратами на производство. Роль технологического оснащения в осуществлении механической обработке детали очень велика.

Рациональный выбор всех элементов – металлорежущего оборудования; установочных и зажимных приспособлений; режущего, мерительного и вспомогательного инструментов позволяют обеспечить оптимальные режимы резания и высокую производительность.

В производственных условиях достигается высокое качество продукции и уменьшается себестоимость изготовления детали, облегчаются условия труда.

Выбор технологического оборудования (станков) зависит от:

- типа производства;
- требуемой производительности и себестоимости;
- метода обработки отдельных элементов детали;
- габаритных и обрабатываемых размеров;
- мощности, необходимой для резания;
- возможности обеспечения точности размеров и формы;
- степени удобства и безопасности работы на станке.

Для данной технологии выбираем токарный обрабатывающий центр DMG Eco Turn 650 с операционной системой 4,5 на базе SIEMENS 840D solutionline.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



Рисунок 4 – Токарный обрабатывающий центр DMG Eco Turn 650 с операционной системой 4,5 на базе Siemens 840D solutionline

Страна: Япония, Германия.

Производитель: DMG MORI SEIKI.

Группа: Токарные станки.

Система управления: SIEMENS.

Современный токарный станок с ЧПУ должен быть производительным, гибким и простым в управлении. Все эти характеристики объединили в себе модели серии Eco Turn. Обработка детали производится посредством револьверной головки, а так же за счет современной технологии привода с ускоренным ходом – 30 м/мин. Дизайн станка при этом обеспечивает хороший обзор при управлении.

Стандартное оснащение Eco Turn 650 впечатляет:

- технология управления 3D – 15” SLIMline® с operate 4,5 на SIEMENS 840D solutionline;
- высокая мощность шпинделя, крутящий момент до 2000 Нм;
- револьверная головка с 12 инструментальными станциями VDI 50, сервопривод со временем смены инструмента 1,4 секунды;
- скорость ускоренного хода 30м/мин. по всем осям;
- поддон для стружки;
- задняя бабка с гидроприводом;

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.621.ПЗ					

- полое зажимное устройство с диаметром прохода прутка Ø102 мм;
- DMG Netservice;
- DMG MORI SMARTkey®.



Рисунок 5 – SLIMline® с operate 4.5 SIEMENS 840D solutinline на Eco Turn в стандартном исполнении

Независимо от того, каковы предпочтения в области систем управления, Ecoline предлагает самые современные системы, которые поддерживают не только G-программирование, но и быстрое программирование циклических алгоритмов. Для облегчения ориентирования клавишные панели практически расположены, а окна разделены на меню.

Вот лишь несколько преимуществ данного управления:

- 15-ти дюймовый TFT-дисплей с удобным для обзора экраном;
- последнее поколение ПО, интуитивное руководство пользователя от чертежа до готовой детали;
- трехмерное моделирование деталей;
- программирование, ориентированное на применение на месте обработки;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

- многочисленные циклы нарезания резьбы без компенсирующего патрона, фрезерование карманов и наклонных контуров в стандартном исполнении;

- ЗУ для хранения программ, состоящее из ЧПУ-накопителя на 5 Мб и дополнительного накопителя на 2 Гб на одной CF-карте;

- скорость обработки блока в 1,5 раза выше.



Рисунок 6 – DMG MORI SMARTkey®

Личная авторизация с помощью DMG MORI SMARTkey® позволит каждому пользователю получить доступ в соответствии с его знаниями. Эти доступы подразделяются в программе управления станка (рабочие режимы) и обслуживания управления (уровень доступа).

Технические характеристики токарного обрабатывающего центра представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики ОЦ

Технические данные	Единица измерения	Показатель
Рабочая зона		
1	2	3
Диаметр устанавливаемый, макс.	мм	860
Диаметр над суппортом, макс.	мм	650
Диаметр обрабатываемый, макс.	мм	650
Поперечный ход (X)	мм	415
Продольный ход (Z)	мм	1/150
Ускоренный ход (X/Z)	м/мин	30/30
Главный шпиндель		
Головка шпинделя (плоский фланец)	мм	220h5
Диаметр прохода прутка, макс.	мм	102
Диаметр переднего подшипника	мм	160
Зажимной патрон	мм	315/400/500

## Окончание таблицы 12

1	2	3
Мощность привода	кВт	48/41
Крутящий момент, макс.	Нм	2000/1700
Диапазон скорости вращения, макс.	об/мин	2250
Точность позиционирования		
Согласно ISO 230-2 по оси X/Z (система непрямого измерения)	мкм	10/10
Согласно ISO 230-2 на оси C	“	36
Инструментальный револьвер		
Число инструментальных позиций		12
Из них приводных		12
Диаметр крепления держателя	мм	50
Мощность привода при 2000 об/мин	кВт	12,5
Крутящий момент, макс.	Нм	50
Скорость вращения, макс.	об/мин	3500
Задняя бабка		
Ход задней бабки	мм	1150
Конус крепления центра задней бабки	Мк	5
Усилие задней бабки, макс.	даН	1800
Направляющие		
Привод с шариковой винтовой парой по оси X/Z	мм	50x10
Вес станка		
Вес станка без транспортера стружки	кг	9000
Вес станка с транспортером стружки	кг	9600
Системы управления		
SLIMline® с Operate 4,5 на SIEMENS 840D solutionline		

### 1.13. Выбор режущего инструмента

Режущий инструмент выбирают с учетом:

- требования максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
- метода обработки;
- размеров обрабатываемых поверхностей;
- точности обработки и качества поверхности;
- промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- обрабатываемого материала;
- стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
- стадии обработки – черновая, чистовая, отделочная;
- типа производства.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Применение твердосплавных пластин обеспечивает повышение стойкости на 20-25% по сравнению с напаянными резцами.

Возможность повышения режимов резания за счет простоты восстановления режущих свойств многогранных пластин путем их поворота.

Сокращения затрат на инструмент в 2-3 раза за счет вспомогательного времени на смену и переточку резцов.

Уменьшения инструментального хозяйства за счет универсальности применения.

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «SECO».

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «SECO».

Операция 005 Токарная на ОЦ с ЧПУ.

Точить торец 3, поверхность 4, точить скос 10, точить поверхности 9, 11, 12.

T1. Державка токарная наружная MWLNL 2020K08 [31, стр. 224], где обозначено: M – крепление пластины (штифт + зажим), W – форма пластины (шестигранник 80°), L – тип инструмента (95°), N – задний угол (0°), L – направление резания (левое), h – высота хвостовика (20 мм), b – ширина хвостовика (20 мм), K – длина инструмента (125 мм). Вид державки представлен на рисунке 6.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

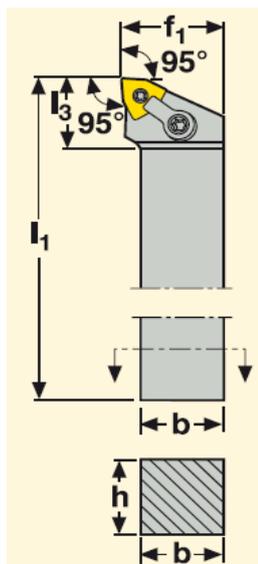


Рисунок 7 – Державка токарная наружная

Параметры державки:  $l_1 = 125$  мм,  $f_1 = 25$  мм,  $l_3 = 31$  мм,  $h = 20$  мм,  $b = 20$  мм [31, стр. 13-14].

Пластина WNMG 080408-M1 883 [31, стр. 397], где обозначено: W – форма пластины (шестигранник  $80^\circ$ ), N – задний угол ( $0^\circ$ ), M – класс допуска, G – тип СМП, 08 – номинальная длина режущей кромки (8 мм), 04 – толщина (4,76 мм), 08 – радиус вершины (0,8 мм), M1 – обозначение стружколома, 883 – материал пластины, твердый сплав без покрытия, предназначенный для отрезки и контурного точения закаленной стали, суперсплавов, титановых сплавов и цветных металлов [31, стр. 465].

На рисунках 8 и 9 показан принцип выбора инструмента с помощью каталогов фирмы «SECO».

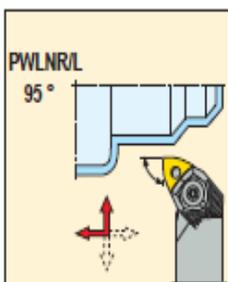
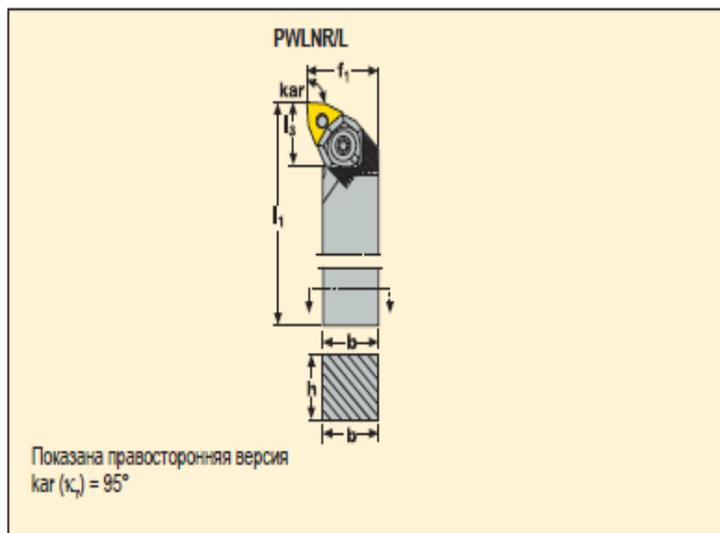
## Точение – Наружные державки



Державки для пластин WNGA, WNGG, WNMA, WNMG и WNMM



- Номенклатуру пластин см. на стр. 395-399, 429
- $\gamma_0^\circ$  = Передний угол,  $\lambda_s^\circ$  = Угол наклона
- Обозначение державок см. на стр. 14-15



	Обозначение	Размеры в мм					$\gamma_0^\circ$	$\lambda_s^\circ$	KG	
		h	b	$l_1$	$f_1$	$l_3$				
06	PWLNRL 1616H06	16	16	100	20,0	21	-6	-6	0,2	WN..0604..
	2020K06	20	20	125	25,0	21	-6	-6	0,4	WN..0604..
	2525M06	25	25	150	32,0	21	-6	-6	0,7	WN..0604..
	3225P06	32	25	170	32,0	21	-6	-6	1,1	WN..0604..
	3232P06	32	32	170	40,0	21	-6	-6	1,4	WN..0604..
	PWLNRL 1616H06	16	16	100	20,0	21	-6	-6	0,2	WN..0604..
	2020K06	20	20	125	25,0	21	-6	-6	0,4	WN..0604..
	2525M06	25	25	150	32,0	21	-6	-6	0,7	WN..0604..
	3225P06	32	25	170	32,0	21	-6	-6	1,1	WN..0604..
	3232P06	32	32	170	40,0	21	-6	-6	1,4	WN..0604..

Рисунок 8 – Фрагмент каталога фирмы «SECO», выбор державки

## WNMA, WNMG

Допуски:  
 $d = \pm 0,05$   
 $d = \pm 0,08$   
 $s = \pm 0,13$   
 $r_e = \pm 0,1$

Размер:  
 06  
 08

Размер	Размеры в мм				
	d	l	s	h	$r_e = r_{e1}$
0604	9,53	6,6	4,76	3,81	0,4-1,2
0804	12,70	8,7	4,76	5,15	0,4-1,6

WNMA

WNMG-FF2

W-FF2

-MF1

-MF2

W-MF2

	883	Твердый сплав без покрытия, разработанный для отрезки и контурного точения закаленной стали, суперсплавов, титановых сплавов и цветных металлов.
--	-----	--

Рисунок 9 – Фрагмент каталога фирмы «SECO», выбор пластины  
 Рекомендуемые режимы резания согласно каталога [31, стр. 53]:  $a_p \text{ max} = 4,0 \text{ мм}$ ,  $f = 0,30 \text{ мм/об}$ ,  $V_c = 495 \text{ м/мин}$ .

T2. Державка токарная наружная CEL 2020K10D [31, стр. 618].  
 Параметры державки:  $l_1 = 125 \text{ мм}$ ,  $f_1 = 25 \text{ мм}$ ,  $l_3 = 22 \text{ мм}$ ,  $h = 20 \text{ мм}$ ,  $b = 20 \text{ мм}$  (рис. 9).

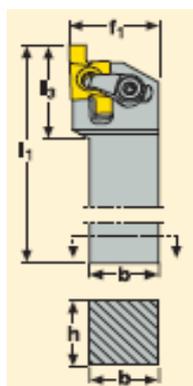


Рисунок 10 – Державка токарная наружная

Пластина 14ER 3.0FG CP500 [31, стр. 624].

Рекомендуемые режимы резания [31, стр. 616]:  $f = 0,1$  мм/об,  $V_c = 85$  м/мин.

T3. Державка токарная внутренняя A10L SCLCR06 [31, стр. 271].  
Параметры державки:  $l_1 = 125$  мм,  $f_1 = 5$  мм,  $l_3 = 12$  мм,  $h = 7$  мм,  $b = 7,7$  мм,  $dm_m = 8$  мм (рис. 10).

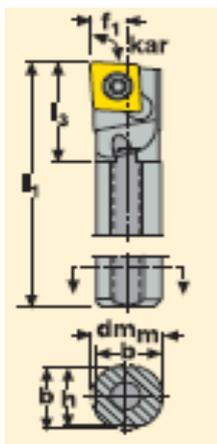


Рисунок 11 – Державка токарная внутренняя

Пластина CCGT 060204F-AL [31, стр. 345].

Рекомендуемые режимы резания [31, стр. 53]:  $f = 0,3$  мм/об,  $V_c = 495$  м/мин.

T4. Сверло SD203A-Ø14 [30, стр. 70].

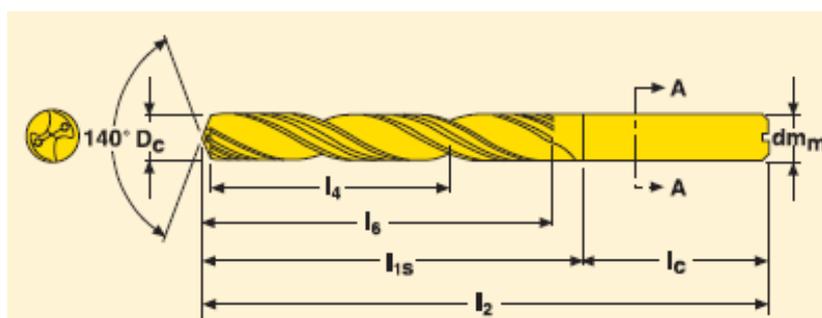


Рисунок 12 – Сверло цельное монолитное

Параметры сверла:  $l_2 = 124$  мм,  $l_{1s} = 79$  мм,  $l_c = 45$  мм,  $l_6 = 77$  мм,  $dm_m = 14$  мм [30, стр. 71].

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Рекомендуемые режимы резания [30, стр. 129]:  $f = 0,46$  мм/об,  $V_c = 350$  м/мин.

Т5. Метчик М16 СороТар 300 материал HSS-E-PM

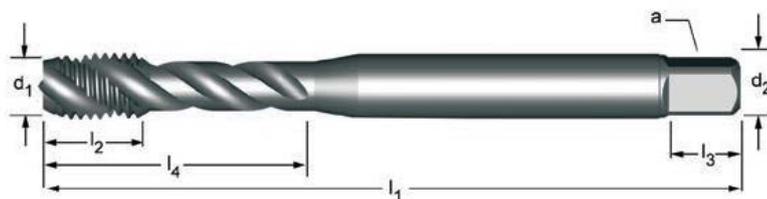


Рисунок 13 – Метчик машинный серии СороТар 300

Размеры метчика:  $l_1=110$ мм,  $l_2=30$ мм,  $d_2=12$ мм, угол при вершине  $15^\circ$  [30, с. 187].

Рекомендуемые режимы резания [30, стр. 189]:  $f = 1,5$  мм/об,  $V_c = 350$  м/мин.

#### 1.14. Мерительный инструмент

- микрометр МК-150-0,01 ГОСТ 6507-90
- штангенциркуль ШЦ-П-250-0,05 ГОСТ 166-89;
- штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90;
- индикатор 2ИГ кл 0 ГОСТ 18833-73;
- образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 2.1. Расчет припусков на механическую обработку

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

Заготовка – отливка в кокиль.

Материал – АЛ9-1 ГОСТ 1583-93.

Масса заготовки –  $m_3=61,4$  кг.

Определим припуск на отверстие  $\varnothing 115H7({}_{-0}^{+0,035})$ .

Технологический маршрут обработки отверстия  $\varnothing 115H7({}_{-0}^{+0,035})$ :

- растачивание черновое;
- растачивание чистовое;
- растачивание тонкое.

Расчет припусков расчетно-аналитическим методом

Определим элементы припуска [22, стр. 186 табл. 12, стр. 188 табл. 25] и занесем их в таблицу 13.

Определим пространственные отклонения заготовки [6, стр. 67, табл. 4,7]:

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

где  $\rho_{см}$  - смещение поверхностей, примем 2,5 мм;

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

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot l = 0,5 \cdot 170 = 0,085 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2,5^2 + 0,085^2} \approx 2,5 \text{ мм} = 2500 \text{ мкм.}$$

Остаточные пространственные отклонения [6, стр. 37]:

- после чернового растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2500 = 125 \text{ мкм,}$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2500 = 50 \text{ мкм,}$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Погрешность установки определим по [6, стр. 75, табл. 4.10] и занесем в таблицу 13.

Расчетный минимальный припуск рассчитаем по формуле и занесем в таблицу 13.

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

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 13.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np}.$$

Максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max i}^{np} - D_{\max i-1}^{np}.$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 13.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{ном}} = 2 \cdot Z_{0\min} + \frac{\sigma_3}{2} - \sigma_3 = 5,455 + \frac{1,2}{2} - 0,035 = 6,02 \text{ мм}.$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \sigma_{i-1} - \sigma_i.$$

$$5,97 - 5,12 = 1,2 - 0,35 = 0,85 \text{ мм},$$

$$0,588 - 0,145 = 0,35 - 0,087 = 0,443 \text{ мм},$$

$$0,242 - 0,190 = 0,087 - 0,035 = 0,052 \text{ мм}.$$

На рисунке 13 изобразим графическую схему припусков и допусков.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 13 – Расчет припусков и допусков на отверстие  $\varnothing 115H7^{(+0,035)}_{(-0)}$

№	Технологическое переходы обработки отверстия $\varnothing 115H7^{(+0,035)}_{(-0)}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер	Допуск $\delta$ , мм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мкм	
		$R_z$	h	p	$\varepsilon$				$D_{\min}^{np}$	$D_{\max}^{np}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	Заготовка	200	300	2500			106,160	1,20	106,20	107,40		
1	Черновое растачивание	50	50	125	150	2·3004	112,168	0,350	112,17	112,52	5,12	5,97
2	Чистовое растачивание	25	25	50	150	2·295	112,758	0,087	112,758	112,845	0,145	0,588
3	Тонкое растачивание	12	12		50	2·121	115	0,035	115,0	115,035	0,190	0,242

$$2 \cdot Z_{0\min} = 5,455 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 6,800 \text{ мм}$$

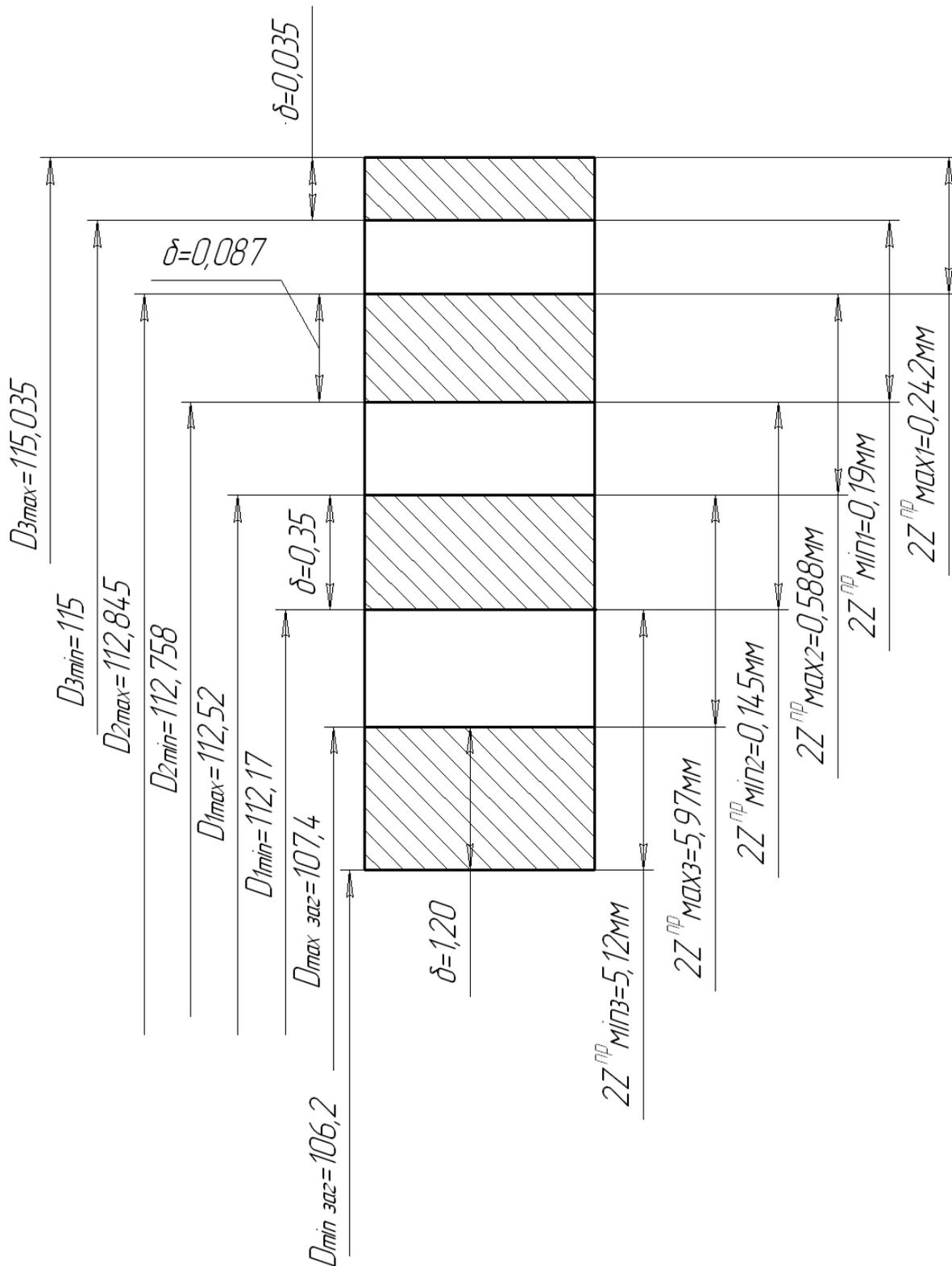


Рисунок 13 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\text{Ø}115\text{H}7\left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						40

На остальные обрабатываемые поверхности детали, т. е. на все кроме одной, рассчитанной аналитически, припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры, определяются по справочным данным и сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Припуски и допуски на обработку

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, мм	Отклонения, мм	
				ВО	НО
Заготовка	1	2·3,0	596	+1,6	-1,6
	2	2,5	232	+1,0	-1,0
	3	2,5	232	+1,0	-1,0
	4	2·3,0	642	+1,6	+1,6
Точение однократное	1	2·3,0	590	+0	-0,7
	2	2,5	227	+0	-0,25
	3	2,5	227	+0,15	-0
	4	2·3,0	636	+0	-0,8

## 2.2. Расчет точности обработки

Определим величину погрешности  $\Delta_{II}$  (на радиус), вызванную размерным износом резца [23, стр. 73-74].

$$\Delta_{II} = \frac{L}{1000} \cdot U_0,$$

где  $L$  длина пути резания,

$U_0$  относительный износ резцов при чистовом точении.

$$L = \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot N}{1000 \cdot S} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 170 \cdot 5}{1000 \cdot 0,12} = 334 \text{ мм}.$$

Тогда:

$$\Delta_{II} = \frac{334 \cdot 3}{1000} = 1,0 \text{ мкм}.$$

Определим колебания отжатый системы  $\Delta_y$  вследствие изменения силы  $P_y$  из-за непостоянных глубин резания и податливости системы при обработке согласно [23, стр. 27]:

$$\Delta_y = W_{\max} \cdot P_{y \max} - W_{\min} \cdot P_{y \min},$$

где  $W_{\max}$  и  $W_{\min}$  – наибольшая и наименьшая податливость системы.

$P_{y \max}$  и  $P_{y \min}$  – наибольшее и наименьшее значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением выдерживаемого размера.

Для станка 1Б286-8 нормальной точности наибольшее и наименьшее допустимые перемещения продольного суппорта под нагрузкой 12 кН составляет соответственно 350 и 270 мкм [23, стр. 30].

$$W_{\min} = \frac{270}{12} = 22,5 \text{ мкм/кН},$$

$$W_{\max} = W_{CT \max} + W_{ЗАГ \max},$$

$$W_{CT \max} = \frac{270 + 350}{12} = 52 \text{ мкм/кН},$$

$$W_{ЗАГ \max} = \frac{2}{d} \cdot \left(\frac{l}{d}\right)^3 = \frac{2}{115} \cdot \left(\frac{12}{115}\right)^3 \approx 0.$$

На предшествующей операции заготовка обработана с допуском  $\delta = 0,087$  мм на сторону  $0,087/2 = 0,0435$  мм, тогда колебание глубины резания составит:  $t_{\min} = Z_{\min} = 0,19$  мм;  $t_{\max} = 0,234$  мм.

Наибольшая и наименьшая силы  $P_{y \max}$  и  $P_{y \min}$  определяются по [23, стр. 274]:

$$P_{y \min} = 2,43 \cdot 0,19^{1,0} \cdot 0,12^{0,6} \cdot 151^{-0,3} = 0,057 \text{ кН},$$

$$P_{y \max} = 2,43 \cdot 0,234^{1,0} \cdot 0,12^{0,6} \cdot 151^{-0,3} = 0,095 \text{ кН},$$

$$\Delta_y = 0,095 \cdot 52 - 0,057 \cdot 22,5 = 3,66 \text{ мкм}.$$

Определим погрешность, вызванную геометрическими неточностями станка [25, стр. 53-55]:

$$\Sigma \Delta_{CT} = \frac{c \cdot l}{L} = \frac{20 \cdot 12}{300} = 1,0 \text{ мкм}.$$

Для токарных станков нормальной точности при диаметре обработки до 400 мм:  $C = 20$  мкм на длине  $L = 300$  мм по [6, табл. 23] при длине обработки  $l = 15$  мм.

Погрешность настройки станка [6, стр. 70-73]:

$$\Delta_H = \frac{K_H \cdot \Delta_{ИЗМ}}{2},$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $K_H$  – коэффициент, учитывающий отклонение закона распределения величины  $\Delta_{ИЗМ}$  от нормального закона распределения, примем  $K_H = 1$ .

Для заданных условий обработки [6, стр. 71-73]:  $\Delta_{ИЗМ} = 16$  мкм.

Тогда:

$$\Delta_H = \frac{1 \cdot 16}{2} = 8 \text{ мкм}.$$

Определим температурные деформации системы, приняв их в размере 15% от суммы всех погрешностей:

$$\Sigma \Delta_T = 0,15 \cdot (1,0 + 3,66 + 1,0 + 8,0) = 2,1 \text{ мкм}.$$

Суммарная погрешность обработки:

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma} &= 2 \cdot \sqrt{\Delta y^2 + \Delta_H^2 + (1,73 \cdot \Delta n)^2 + (1,73 \cdot \Sigma \Delta_{CT})^2 + (1,73 \cdot \Sigma \Delta_T)^2} = \\ &= 2 \cdot \sqrt{3,66^2 + 8^2 + (1,73 \cdot 1,0)^2 + (1,73 \cdot 1,0)^2 + (1,73 \cdot 2,1)^2} = 19,7 \text{ мкм} = 0,0197 \text{ мм}, \end{aligned}$$

Что лежит в поле допуска размера  $T_d = 0,035$  мм.

### 2.3. Расчет режимов резания

Определение режимов резания проведем для одной операции 005 токарной автоматной, остальные режимы резания для операции 005 на ОЦ с ЧПУ определим согласно рекомендациям фирмы «SECO», по каталогам.

Позиция I, точить торец 3:

- глубина резания  $t = 2,5$  мм;
- подача на оборот  $S_o = 0,64$  мм/об [23, стр. 266, табл. 11];
- скорость резания по [23, стр. 265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $T$  – стойкость резца, примем  $T = 60$  мин [23, стр. 268].

Определим коэффициент  $C_v$  и показатели степеней по [23, стр. 269, табл. 17]:

$$C_v = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20.$$

Тогда:

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,63^{0,35}} \cdot 0,89 = 140,7 \text{ м/мин}.$$

Число оборотов шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 140,7}{3,14 \cdot 636} = 70,4 \text{ об/мин}.$$

По паспорту станка примем:  $n_{СТ} = 72 \text{ об/мин}$ .

$$V_{СТ} = \frac{3,14 \cdot 636 \cdot 72}{1000} = 144 \text{ м/мин}.$$

Сила резания [23, стр. 271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Поправочный коэффициент [23, стр. 264, табл. 9]:  $K_p = 0,9$ .

Определим коэффициент  $C_p$  и показатели степеней по [23, стр. 273, табл. 22]:

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15.$$

Тогда:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,63^{0,75} \cdot 144^{-0,15} \cdot 0,9 = 353 \text{ Н}.$$

Мощность резания [23, стр. 271]:

$$N_1 = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{353 \cdot 144}{1020 \cdot 60} = 0,83 \text{ кВт}.$$

На остальные переходы операции 005 элементы режима резания определим аналогично.

Позиция II, точить поверхность 4:

- глубина резания  $t = 3 \text{ мм}$ ;
- подача на оборот  $S_o = 0,63 \text{ мм/об}$  [23, стр. 266, табл. 11];
- скорость резания [23, стр. 265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $T$  стойкость резца, примем  $T = 60 \text{ мин}$  [23, стр. 268].

Определим  $C_v$  и показатели степеней по [23, стр. 269, табл. 17]:

$$C_v = 350; x = 0,15; y = 0,35; m = 0,20.$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тогда:

$$V = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,63^{0,35}} \cdot 0,89 = 139,1 \text{ м/мин}.$$

Число оборотов шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 139,1}{3,14 \cdot 636} = 69,7 \text{ об/мин}.$$

По паспорту станка примем:  $n_{СТ} = 72 \text{ об/мин}$ .

$$V_{СТ} = \frac{3,14 \cdot 636 \cdot 72}{1000} = 144 \text{ об/мин}.$$

Сила резания по [23, стр. 271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Поправочный коэффициент [23, стр. 264, табл. 9]:  $K_p = 0,9$ .

Определим коэффициент  $C_p$  и показатели степеней по [23, стр. 273, табл. 22]:

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15.$$

Тогда:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,63^{0,75} \cdot 160^{-0,15} \cdot 0,9 = 2408 \text{ Н}.$$

Мощность резания [23, стр. 271]:

$$N_2 = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2408 \cdot 160}{1020 \cdot 60} = 6,3 \text{ кВт}.$$

Позиция III, точить скос 10:

- глубина резания  $t = 10 \text{ мм}$ ;
- подача на оборот  $S_o = 0,48 \text{ мм/об}$  [23, стр. 266, табл. 11];

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 10^{0,15} \cdot 0,48^{0,35}} \cdot 0,89 = 122 \text{ м/мин}.$$

$$n = \frac{1000 \cdot 122}{3,14 \cdot 636} = 61 \text{ об/мин}; \text{ примем } n_{СТ} = 63 \text{ об/мин}.$$

$$V_{СТ} = \frac{3,14 \cdot 636 \cdot 63}{1000} = 126 \text{ м/мин};$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 10^1 \cdot 0,48^{0,75} \cdot 126^{-0,15} \cdot 0,96 = 2534 \text{ Н}.$$

Мощность резания [23, стр. 271]:

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N_3 = \frac{2534 \cdot 63}{1020 \cdot 60} = 2,8 \text{ кВт}.$$

Позиция IV, точить поверхности 9, 11, 12:

- глубина резания  $t = 1$  мм;

- подача на оборот  $S_o = 0,63$  мм/об [23, стр. 266, табл. 11];

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,63^{0,35}} \cdot 1,0 = 181 \text{ м/мин},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 181}{3,14 \cdot 620} = 93 \text{ об/мин}; \text{ по паспорту станка примем: } n_{CT} = 100 \text{ об/мин};$$

$$V_{CT} = \frac{3,14 \cdot 620 \cdot 100}{1000} = 195 \text{ м/мин};$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,63^{0,75} \cdot 195^{-0,15} \cdot 0,96 = 175 \text{ Н}.$$

Мощность резания:

$$N_4 = \frac{175 \cdot 195}{1020 \cdot 60} = 0,85 \text{ кВт}.$$

Суммарная мощность на операции:

$$N_e = \sum_i^5 N_i = (0,83 + 6,3 + 2,8 + 0,85) = 10,78 \text{ кВт}.$$

Мощность станка:

$$N_{CT} = N_{дв} \cdot \eta = 110 \cdot 0,8 = 88 \text{ кВт}, \text{ что удовлетворяет условию:}$$

$$N_{CT} = 88 \text{ кВт} > N_E = 10,78 \text{ кВт} - \text{станок выбран верно.}$$

На остальные операции режимы резания определим согласно каталогов фирмы «SECO», частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}; \text{ об/мин, а результаты занесем в таблицу 15.}$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 15 – Сводная таблица режимов резания

Операция	Переход	Глубина резания $t$ , мм	Подача на оборот $S_0$ , мм/об	Подача за минуту $S_m$ , мм/мин	$V$ принятая, м/мин	$n$ принятая, об/мин
005 Токарная	Подрезать торец 3	2,5	0,64	46	144	72
	Точить поверхность 4	3	0,63	45	144	72
	Точить скос 10	10	0,48	30	126	63
	Точить поверхности 9, 11, 12	1	0,63	63	195	100
005 Токарная с ЧПУ	Подрезать торец 3	2,5	0,30	77	495	255
	Точить скос 10	10	0,30	74	495	248
	Точить поверхности 9	1	0,30	74	495	248
	Точить поверхности 11, 12	1	0,10	25	85	254
	Точить торец 2	2,5	0,30	84	495	281
	Точить скос 7	10	0,30	81	495	271
	Точить поверхности 8,4,1	3	0,30	80	495	267
	Расточить отверстие 5	3	0,30	411	495	1371
	Сверлить отверстия 13, 14	7	0,46	1035	350	2250
	Нарезать резьбу в отв. 13, 14	0,92	1,5	525	350	1200

#### 2.4. Расчет технических норм времени

Определение норм времени производится на основании данных отраслевых нормативов и по рекомендациям. В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [13, стр. 99]

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

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

$n$  – количество деталей в партии ( $n = 307$ ), шт.;

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

$t_0$  – основное время, мин.;

$t_B$  – вспомогательное время, мин.;

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

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

Вспомогательное время определяется по формуле [13, стр. 99]:

$$t_B = t_{yc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{изм},$$

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

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

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

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

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [13, стр. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг},$$

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

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

Основное время рассчитывается по формуле [13, стр. 100]:

$$t_o = \frac{l}{S_M} \cdot i,$$

где  $l$  – расчетная длина, мм;

$i$  – число рабочих ходов.

Расчетная длина рассчитывается по формуле [13, стр. 101]:

$$l = l_o + l_{вр} + l_{пер},$$

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

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

$l_{пер}$  – величина перебега, мм.

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

Установ А.

Переход 1. Подрезать торец 3, скос 10, поверхность 9.

Длина обрабатываемой поверхности:  $l_o = 322$  мм.

Величина врезания и перебега [13, стр. 95]:

$$l_{вр} + l_{пер} = 7 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 322 + 7 = 329.$$

Число проходов  $i = 1$ .

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{01} = \frac{329}{225} = 1,46 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхности 11, 12.

$$l_o = 7,4 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 1 \text{ мм}; l = 7,4 + 1 = 8,4.$$

Число проходов  $i = 1$ .

$$t_{02} = \frac{8,4}{25} = 0,34 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на установке А:

$$t_{0A} = 1,46 + 0,34 = 1,80 \text{ мин.}$$

Установ Б.

Переход 1. Подрезать торец 2, скос 7, поверхности 8, 4, 1.

$$l_o = 244 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 6,5 \text{ мм}; l = 244 + 6,5 = 250,5.$$

Число проходов  $i = 1$ .

$$t_{03} = \frac{250,5}{245} = 1,01 \text{ мин.}$$

Переход 2. Расточить отверстие 5.

$$l_o = 227,5 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 7 \text{ мм}; l = 227,5 + 7 = 234,5.$$

Число проходов  $i = 1$ .

$$t_{04} = \frac{234,5}{411} = 0,57 \text{ мин.}$$

Переход 3. Сверлить отверстия 13, 14.

$$l_o = 50 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 5 \text{ мм}; l = 50 + 5 = 55 \text{ мм.}$$

Число проходов  $i = 2$ .

$$t_{05} = \frac{55}{1035} \cdot 2 = 0,11 \text{ мин.}$$

Переход 4. Нарезать резьбу в отв. 13, 14.

$$l_o = 50 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 5 \text{ мм}; l = 50 + 5 = 55 \text{ мм.}$$

Число проходов  $i = 2$ .

$$t_{05} = \frac{55}{525} \cdot 2 = 0,2 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на установке Б:

$$t_{0A} = 1,01 + 0,57 + 0,11 = 1,69 \text{ мин.}$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Общее машинное время на операции:

$$t_0 = 1,80 + 1,69 = 3,49 \text{ мин.}$$

Определим элементы вспомогательного времени [13, стр. 98]:

$$t_{yc} = 2,02 \text{ мин.}; t_{yn} = 6,11 \text{ мин.}; t_{изм} = 6,35 \text{ мин.}$$

$$t_B = 2,02 + 6,11 + 6,35 = 14,48 \text{ мин.}$$

Оперативное время [7, стр. 101]:

$$t_{оп} = t_0 + t_B = 3,49 + 14,48 = 17,97 \text{ мин.}$$

Время технического обслуживания [13, с. 102]:

$$t_{тех} = \frac{6 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{6 \cdot 17,97}{100} = 1,07 \text{ мин.}$$

Время организационного обслуживания [13, стр. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{8 \cdot 17,97}{100} = 1,44 \text{ мин.}$$

Время на отдых [13, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{2,5 \cdot 17,97}{100} = 0,45 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 17,97 + 1,07 + 1,44 + 0,45 = 20,93.$$

Подготовительно-заключительное время [13, с. 216-217]:

$$T_{п-з} = 17 \text{ мин.}$$

$$T_{ш-к} = \frac{17}{307} + 20,93 = 21 \text{ мин.}$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

#### 3.1. Основные сведения о системе SIEMENS

Станки с ЧПУ являются основными средствами технического оснащения технологического процесса производства деталей. Эффективное программное обеспечение станков с ЧПУ позволяет реализовать цепочку процессов, которая обеспечивает максимальную производительность предприятия. Компания Siemens является лидером в области по выпуску систем ЧПУ. Системы ЧПУ Sinumerik выпускаются для широкого ряда станков с ЧПУ. Эти системы ЧПУ имеют широкий ряд опций для различных областей применения, от мелких мастерских до крупных предприятий аэрокосмической промышленности. Модель 802D обеспечивает эффективную обработку на стандартизованных токарных и фрезерных станках, шлифовальных и высечных станках. Модель 840D обеспечивает максимально возможную производительность и гибкость при любых типах обработки, в том числе и на сложных многоосевых системах. Программное ядро системы ЧПУ (VNCK) позволяет производить расширенную симуляцию обработки на станке в NX CAM или на виртуальных станках.

#### 3.2. Основные и дополнительные функции системы ЧПУ

Управляющая программа разрабатывается с применением G и M функций и использованием постоянных циклов программирования. Перечень подготовительных, вспомогательных и дополнительных функций для программирования приведен в таблицах 16, 17, 18.

Таблица 16 – Подготовительные функции

Подготовительные функции (G коды)	Описание
1	2
G00	Быстрое позиционирование
G01	Линейная интерполяция
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелке

Окончание таблицы 16

1	2
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G04	Пауза
G17	Выбор плоскости XY
G18	Выбор плоскости XZ
G19	Выбор плоскости YZ
G20	Ввод дюймовых данных
G21	Ввод метрических данных
G40	Отмена коррекции на радиус инструмента
G41	Левая коррекция на радиус инструмента
G42	Правая коррекция на радиус инструмента
G43	Коррекция на положение инструмента
G52	Локальная система координат
G54 - 59	Заданное смещение

Таблица 17 – Вспомогательные функции

Вспомогательные функции (М коды)	Описание
M00	Программируемый останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Завершение программы
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M05	Останов шпинделя
M06	Смена инструмента
M07	Включение охлаждения №2
M08	Включение охлаждения №1
M09	Отключение охлаждения
M10	Зажим
M11	Разжим
M19	Останов шпинделя в заданной позиции
M30	Конец информации

Таблица 18 – Дополнительные функции

Дополнительные функции и символы	Описание
1	2
X,Y,Z	Команды осевого перемещения
A,B,C	Команды кругового перемещения вокруг осей X, Y, Z
I,J,K	Параметры круговой интерполяции параллельные осям X,Y,Z
F	Функция подачи
D	Значение коррекции на радиус инструмента

Окончание таблицы 18

1	2
R	При круговой интерполяции (G02 или G03) R определяет радиус, который соединяет начальную и конечную точки дуги. В постоянных циклах R определяет положение плоскости отвода. При работе с командой вращения R определяет угол поворота координатной системы
S	Функция главного движения
T	Значение определяющее номер инструмента, который необходимо переместить в позицию смены, путем поворота инструментального магазина
N	Нумерация кадров УП
/	Пропуск кадра
;	Комментарии в УП

### 3.3. Разработка управляющей программы

Управляющая программа была разработана для операции 005 Комплексная на токарном ОЦ с ЧПУ.

Таблица 19 – Управляющая программа, установ А

Кодирование информации, содержание слайда	Содержание перехода
1	2
wwp	Референтная точка смены инструмента
t1d1	Номер и корректор инструмента
g0 g54 g18 g90	Быстрое позиционирование, смещение нулевой точки, плоскость XZ, задание размеров в абсолютной системе координат
g96 s495 lims=2000 m4	Постоянная скорость резания, ограничение скорости резания, вращение шпинделя против часовой стрелки
CYCLE95("contur",1,0,0,0.3,0.2,0.1,0.1,10,0,0,1)	Постоянный цикл контурной наружной обработки
wwp	Референтная точка смены инструмента
T2d1	Номер и корректор инструмента

Окончание таблицы 19

1	2
g0 g54 g18 g90	Быстрое позиционирование, смещение нулевой точки, плоскость XZ, задание размеров в абсолютной системе координат
g96 s85 lims=1000 f0.1 m4	Постоянная скорость резания, ограничение скорости резания, вращение шпинделя против часовой стрелки
CYCLE93(317.6,-19.5,3,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,5,2)	Постоянный цикл нарезание канавки
wwp	Референтная точка смены инструмента
m30	Конец программы
Contur G18 G90 DIAMON ;*GP* G0 Z0 X0 ;*GP* G1 X616.84 ;*GP* Z-16 X635.6 ;*GP* Z-22.5 ;*GP* X640 ;*GP* m17	Обработка наружного контура, конец подпрограммы
wwp N1000 G0 G18 G40 G500 G90 G95 X400 Z600 S300 T0 D0 M4 M9 N1010 M17	Подпрограмма ухода в референтную точку

Таблица 20 – Управляющая программа, установ Б

Кодирование информации, содержание слайда	Содержание перехода
1	2
wwp	Референтная точка смены инструмента
t1d1	Номер и корректор инструмента
g0 g54 g18 g90	Быстрое позиционирование, смещение нулевой точки, плоскость XZ, задание размеров в абсолютной системе координат
g96 s495 lims=2000 m4	Постоянная скорость резания, ограничение скорости резания, вращение шпинделя против часовой стрелки

Продолжение таблицы 20

1	2
CYCLE95("contur",1,0,0,0.3,0.2,0.15,0.1,10,0,0,1)	Постоянный цикл контурной обработки
wwp	Референтная точка смены инструмента
t3d1	Номер и корректор инструмента
g0 g54 g18 g90	Быстрое позиционирование, смещение нулевой точки, плоскость XZ, задание размеров в абсолютной системе координат
g96 s495 lims=1000 m4	Постоянная скорость резания, ограничение скорости резания, вращение шпинделя против часовой стрелки
CYCLE95("contur1",1,0,0,0.3,0.2,0.1,0.1,11,0,0,1)	Постоянный цикл контурной обработки
wwp	Референтная точка смены инструмента
t4d1	Номер и корректор инструмента
g0 g54 g18 g90 g60	Быстрое позиционирование, смещение нулевой точки, плоскость XZ, задание размеров в абсолютной системе координат, точное позиционирование
g97 s350 m3	Постоянная скорость резания при сверлении, вращение шпинделя по часовой стрелке
spos=0	Позиционирование шпинделя (ось C) на 0°
SETMS(2)	Шпиндель 2 (шпиндель, приводящий в действие инструмент), становится так называемым "Мастер-шпинделем").
S2=1000 M2=3	Число оборотов и направление вращения второго шпинделя вводятся со знаком равенства (см. S1000 M3 для главного шпинделя станка).

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

ДП 44.03.04.621.ПЗ

Лист

55

Окончание таблицы 20

1	2
TRANSMIT	Трансформация осей
DIAMOF	Значения X относятся к радиусу.
G17	Плоскость XY
G0 X150 Z2	Перемещения на быстром ходу в заданные координаты
F161	подача
Mcall CYCLE83(5,0,1,-30,-15,0,0,1,0,3,5,1,0.1)	Постоянный цикл сверления для нескольких отверстий
otv;	Координаты отверстий
holes2(0,0, ,180,2)	
mcall	Отключение модальности
t5d1	Номер и корректор инструмента
Mcall CYCLE84(5,0,1,-30,0,3,1.5,0,350,350,1,0.1)	Постоянный цикл нарезания резьбы
otv;	Координаты отверстий
holes2(0,0, ,180,2)	
mcall	Отключение модальности
TRAFOOF	Отключение функции трансформации TRANSMIT
DIAMON	значения X относятся к диаметру
SETMS(1)	Главный шпиндель становится "мастер-шпинделем"
m30	Конец программы
Contur G18 G90 DIAMON ;*GP* G0 Z0 X0 ;*GP* G1 X566.9 ;*GP* Z-17 X579.65 ;*GP* Z-21 ;*GP* X589.65 ;*GP* Z-26 ;*GP* X600 ;*GP* m17	Обработка наружного контура, конец подпрограммы
Contur 1 G18 G90 DIAMON ;*GP* G0 Z0 X115 ;*GP* G1 Z-170 RND=5 ;*GP* X105 ;*GP* m17	Растачивание отверстия, конец подпрограммы

## 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

Настоящие условия хозяйствования и развитие рыночных отношений внесли существенные изменения в хозяйственную деятельность предприятий. Прежде всего, изменились целевые ориентиры: смысл предпринимательской деятельности заключается в росте стоимости компании, повышении ее конкурентноспособности.

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

Развитие науки и техники создает возможности по-разному решать производственные задачи, что вызывает необходимость выбора, в каждом отдельном случае, наиболее рационального способа решения и средства его осуществления. При этом технические и управленческие решения следует принимать на основе экономического анализа и существующих расчетов.

Выбор методики расчета экономической эффективности мероприятий дипломного проекта, будет производиться с учетом совершенствования и повышением уровня технологического процесса обработки детали «Опора», основываясь на экономические данные предприятия АО «Уралтрансмаш». В дипломном проекте универсальные операции заменены на комплексную операцию на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ. Исходя из этого и будет рассчитан экономический эффект от спроектированного варианта технологического процесса.

В экономической части проекта выполнен расчет капитальных затрат и определен экономический эффект от усовершенствованного технологического процесса. Сравнение двух вариантов технологических процессов, базового и проектируемого, осуществляется путем расчета

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

себестоимости работ по каждому варианту и определяется условно-годовая экономия [24].

#### 4.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле:

$$K = K_{об} + K_{про}, (1)$$

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

$K_{про}$  – капитальные вложения в программное обеспечение, руб.;

т.к. предприятие располагает оборудованием для программирования станков с ЧПУ, то затрат на программное обеспечение нет.

Определяем количество технологического оборудования.

Количество технологического оборудования определяем по формуле:

$$C = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, (2)$$

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

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

$N_{год} = 13000$  шт. (базовый вариант);

$N_{год} = 13000$  шт. (проектируемый вариант);

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

$k_{ВН}$  – коэффициент выполнения норм времени (1- для старых; 1,2- для новых);

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования (0,7-0,8).

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле:

$$F_{об} = F_n \left( 1 - \frac{K_p}{100} \right), (3)$$

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

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

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

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

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

Следовательно, количество рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_H = 241 \cdot 8 + 6 \cdot 7 = 1970 \text{ ч.};$$

- при двухсменной работе (базовый вариант):

$$F_H = 1970 \cdot 2 = 3940 \text{ ч.};$$

- при трехсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

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

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2% на универсальном оборудовании, 9% для ОЦ с ЧПУ.

Отсюда, действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (3), составляет:

$$F_{об} = 3940 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 3861 \text{ ч} - \text{базовый вариант};$$

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

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (2).

Данные по расчетам сводим в таблицу 21 по базовому варианту.

$$C_{1A286-6} = \frac{0,17 \cdot 13000}{3861 \cdot 1 \cdot 0,75} = 0,76 \text{ шт.};$$

$$C_{1B286-8} = \frac{0,27 \cdot 13000}{3861 \cdot 1 \cdot 0,75} = 1,21 \text{ шт.}$$

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (2).

Данные по расчетам сводим в таблицу 22 по проектируемому варианту.

$$C_{\text{ОЦ с ЧПУ}} = \frac{0,35 \cdot 13000}{5378 \cdot 1,02} = 0,83 \text{ шт.}$$

После расчета всех операций значений ( $T_{\text{ШТ(Ш-К)}}$  и  $C_P$ ), определяем принятое число рабочих мест ( $C_{\text{П}}$ ), округляя до ближайшего целого полученное значение ( $C_P$ ).

Таблица 21 – Количество станков по штучно-калькуляционному времени по базовому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ( $T_{\text{ШТ(Ш-К)}}$ ), ч	Расчетное количество станков ( $C_P$ )	Принимаемое количество станков ( $C_{\text{П}}$ )	К <sub>з.ф.</sub>
1A286-6	0,17	0,76	1	0,76
1B286-8	0,2	0,98	1	0,98
2H55	0,07	0,23	1	0,23
	$\Sigma T_{\text{ШТ(Ш-К)}} = 0,44$	1,97	$\Sigma C_{\text{П}} = 3$	

Таблица 22 – Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ( $T_{\text{ШТ(Ш-К)}}$ ), ч	Расчетное количество станков ( $C_P$ )	Принимаемое количество станков ( $C_{\text{П}}$ )	К <sub>з.ф.</sub>
ОЦ с ЧПУ	0,35	0,83	1	0,83
	$\Sigma T_{\text{ШТ(Ш-К)}} = 0,35$	0,83	$\Sigma C_{\text{П}} = 1$	

Определение капитальных вложений в оборудование.

Сводная ведомость оборудования по базовому варианту представлена в таблице 23, а по проектируемому варианту представлена в таблице 24.

Таблица 23 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. рублей			Стоимость всего оборудования, тыс. рублей
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Первоначальная стоимость	
Токарный автомат	1A286-6	1	11	11	1763,5	-	-	1763,5
Токарный автомат	1B286-8	1	15	15	1850,5	-	-	1850,5
Итого		2		26				3614,0

Таблица 24 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. рублей				Стоимость всего оборудования, тыс. рублей
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	DMG Eco Turn 650	1	41	41	9635,5	-	-	-	9635,5
Итого		1		41	9635,5				9635,5

Капитальные вложения в оборудование ( $K_{об}$ ), с учетом загрузки станка на 0,83%, составляют 7997,5 тыс. рублей.

Определение капитальных вложений в приспособление.

Капитальные вложения в приспособления отсутствуют, так как деталь зажимается в стандартных трехкулачковых патронах, поставляемых с оборудованием и включенных в стоимость оборудования.

### 4.3. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах. В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле:

$$C = Z_M + Z_{ЗП} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (4)$$

где  $Z_M$  – затраты на материалы, руб.;

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

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

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

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

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

Затраты на материалы.

Базовый вариант – заготовка отливка в землю из-за малого использования материала предлагается поменять заготовку на отливку в кокиль.

Затраты на материалы ( $Z_M$ ), рассчитываются по формуле:

$$Z_M = Z_p + Z_з, \quad (5)$$

где  $Z_p$  – затраты на заработную плату основных рабочих, изготавливающих заготовку, руб.;

$Z_з$  – затраты на основные материалы заготовок, руб.

$$Z_з = (M_з \cdot Q_з - M_{отх} \cdot Q_{отх}) \cdot k_{тр}, \quad (6)$$

где  $M_з$  – вес заготовки, кг;

$M_{з\text{ баз}}$  – 78,5 кг (базовый вариант);

$M_{з\text{ нов}}$  – 61,4 кг (проектируемый вариант);

$Q_з$  – стоимость одного килограмма материала заготовки;

$Q_{з\text{ баз}}$  – 154 руб/кг (базовый вариант);

$Q_{з\text{ нов}}$  – 141 руб/кг (проектируемый вариант);

$M_{отх}$  – вес отходов, кг;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$M_{\text{отх баз}} - 31,5 \text{ кг}$  (базовый вариант);

$M_{\text{отх нов}} - 14,4 \text{ кг}$  (проектируемый вариант);

$Q_{\text{отх}}$  – стоимость одного килограмма отходов;  $Q_{\text{отх}} = 79 \text{ руб/кг}$ ;

$k_{\text{тр}}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;  $k_{\text{тр}} = 1,025$ .

$$Z_p = k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_p \cdot \Sigma(t^i \cdot C_i), (7)$$

где  $k_{\text{есн}}$  – коэффициент, учитывающий единый социальный налог;

$$k_{\text{есн}} = 1,26;$$

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий премиальные выплаты;

$$k_{\text{пр}} = 1,25;$$

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

$$k_{\text{доп}} = 1,23;$$

$k_p$  – районный коэффициент;  $k_p = 1,2$ .

$t^i$  – штучно-калькуляционное время на изготовление заготовки;

$$t_{\text{баз}}^i = 0,17 \text{ ч.}; t_{\text{нов}}^i = 0,19 \text{ ч.}$$

$C_i$  – часовая тарифная ставка рабочего, изготавливающего заготовку;

$$C_{i\text{баз}} = 108,4 \text{ руб.}; C_{i\text{нов}} = 101,6 \text{ руб.}$$

Коэффициент использования материала характеризует технологичность заготовки и определяется по формуле:

$$k_{\text{им}} = M_{\text{д}}/M_{\text{з}}, (8)$$

где  $M_{\text{д}}$  – масса детали;  $M_{\text{д}} = 47 \text{ кг}$ ;

$M_{\text{з}}$  – масса заготовки;  $M_{\text{з баз}} = 78,5 \text{ кг.}; M_{\text{з нов}} = 61,4 \text{ кг.};$

$$k_{\text{им}} = 47/78,5 = 0,598 \text{ (базовый вариант);}$$

$$k_{\text{им}} = 47/61,4 = 0,765 \text{ (проектируемый вариант).}$$

Произведем расчеты  $Z_p$ ,  $Z_z$ ,  $Z_m$  по формулам (5), (6), (7):

Базовый вариант:

$$Z_p = 1,26 \cdot 1,25 \cdot 1,23 \cdot 0,17 \cdot 108,4 = 35,69 \text{ руб.};$$

$$Z_z = (78,5 \cdot 154 - 31,5 \cdot 79) \cdot 1,025 = 9840,51 \text{ руб.};$$

$$Z_m = 35,69 + 9840,51 = 9876,20 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z_p = 1,26 \cdot 1,25 \cdot 1,23 \cdot 0,19 \cdot 101,6 = 37,40 \text{ руб.};$$

$$Z_z = (61,4 \cdot 141 - 14,4 \cdot 79) \cdot 1,025 = 7707,79 \text{ руб.};$$

$$Z_m = 37,40 + 7707,79 = 7745,19 \text{ руб.}$$

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

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (9)$$

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_p}, \quad (10)$$

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

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей, по обоим вариантам = 13000 тысяч штук;

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

$F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего = 1970 ч.

Действительный фонд времени одного рабочего определяется по производственному календарю на текущий год, где:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Потери:

28 – очередной отпуск;

6 – больничный лист;

2 – прочие; (итого потерь: 36 дней).

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет: 1682 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (10).

Результаты вычислений сводим в таблицу 25 по базовому варианту и в таблицу 26 по проектируемому варианту.

Таблица 25 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Токарная	4	120,5	0,17	20,49	1,31
Токарная	4	120,5	0,27	32,54	2,09
Итого:			0,44	53,03	3,40

Обработка одной детали на двух станках, потому что деталь обрабатывается с двух сторон и используется разный инструмент.

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Z_{\text{зп}} = 53,03 \cdot 13000 = 689390 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{мн}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,23; K_{\text{р}} = 1,2;$$

$$Z_{\text{зп}} = 689390 \cdot 1 \cdot 1,23 \cdot 1,2 = 1017539,64 \text{ руб.}$$

Таблица 26 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	123,8	0,35	45,43	2,7
Итого:			0,35	45,43	2,7

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Z_{\text{зп}} = 45,43 \cdot 13000 = 590590 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{мн}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,23; K_{\text{р}} = 1,2;$$

$$Z_{\text{зп}} = 590590 \cdot 1 \cdot 1,23 \cdot 1,2 = 871710,84 \text{ руб.}$$

Заработную плату вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$Z_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_P \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_P}{N_{\text{год}}}, \quad (11)$$

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

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

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

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

$k_P$  – районный коэффициент = 1,2.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{N}, \quad (12)$$

где  $g_n$  – расчетное количество оборудования, согласно расчетам:

$g_n = 1,97$  (базовый вариант);

$g_{\text{п}} = 0,83$  (проектируемый вариант);

$n$  – число смен работы оборудования;

$n = 2$  (базовый вариант);

$n = 3$  (проектируемый вариант);

$N$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком;  $N = 7$ .

$$Ч_{\text{налбаз}} = \frac{1,97 \cdot 2}{7} = 0,56 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{налнов}} = \frac{0,83 \cdot 3}{7} = 0,36 \text{ чел.}$$

Соответствующим методом определим численность электронщиков для проектируемого варианта, при условии обслуживания рабочим 6-ти станков:

$$Ч_{\text{элек}} = \frac{0,83 \cdot 3}{6} = 0,42 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 4% от числа станочников, а контролеров 8%. Отсюда:

$$Ч_{\text{транс}} = 0,04 \cdot 0,56 = 0,02 \text{ чел. (базовый вариант);}$$

$$Ч_{\text{контр}} = 0,08 \cdot 0,56 = 0,04 \text{ чел. (базовый вариант);}$$

$$Ч_{\text{транс}} = 0,04 \cdot 0,36 = 0,01 \text{ чел. (проектируемый вариант);}$$

$$Ч_{\text{контр}} = 0,08 \cdot 0,36 = 0,03 \text{ чел. (проектируемый вариант).}$$

По формуле (11) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих (базовый вариант):

$$З_{\text{нал}} = \frac{102,5 \cdot 1682 \cdot 0,56 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 10,96 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{транс}} = \frac{91,9 \cdot 1682 \cdot 0,02 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 0,35 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр}} = \frac{90,4 \cdot 1682 \cdot 0,04 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 0,69 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, за одну деталь, сведем в таблицу 27 по базовому варианту и в таблицу 28 по проектируемому.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 27 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Стропальщик	102,5	0,56	10,96
Транспортный рабочий	91,9	0,02	0,35
Контролер	90,4	0,04	0,69
Итого:		0,62	12,00

Определим затраты на заработную плату за год:

$$Z_{\text{зп}} = 12,00 \cdot 13000 = 156000 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (5):

$$Z_{\text{зп}} = 156000 + 1017539,64 = 1173539,64 \text{ руб.}$$

По формуле (11) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих (проектируемый вариант):

$$Z_{\text{нал}} = \frac{102,5 \cdot 1682 \cdot 0,36 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 7,05 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{элек}} = \frac{108,2 \cdot 1682 \cdot 0,42 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 8,68 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{транс}} = \frac{91,9 \cdot 1682 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 0,18 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{контр}} = \frac{90,4 \cdot 1682 \cdot 0,03 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{13000} = 0,52 \text{ руб.}$$

Таблица 28 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	102,5	0,36	7,05
Электронщик	108,2	0,42	8,68
Транспортный рабочий	91,9	0,01	0,18
Контролер	90,4	0,03	0,52
Итого:		0,82	16,43

Определим затраты на заработную плату за год:

$$Z_{\text{зп}} = 16,43 \cdot 13000 = 213590 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (5):

$$Z_{\text{зп}} = 213590 + 871710,84 = 1085300,84 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальное страхование.

Отчисления на социальное страхование составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Базовый вариант: } 1173539,64 \cdot 0,3 = 352061,89 \text{ руб.}$$

$$\text{Проектируемый вариант: } 1085300,84 \cdot 0,3 = 325590,25 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию.

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

$$Z_{\text{э}} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (13)$$

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

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,

$$k_N = 2 \div 4;$$

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

$k_{\text{од}}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка:

$$k_{\text{од}} = 0,7 \text{ при двух электродвигателях;}$$

$$k_{\text{од}} = 1,0 \text{ при одном двигателе;}$$

$k_w$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия,  $k_w = 0,4 \div 0,8$ ;

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

$\eta$  – КПД оборудования по паспорту станка;

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

$C_{\text{э}}$  – стоимость одного кВт/ч электроэнергии,  $C_{\text{э}} = 4,05 \text{ руб.}$

Производим расчеты по базовому и проектируемому вариантах по

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

формуле (13):

$$Z_3 (1A286-6) = \frac{11 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,17}{0,9 \cdot 1,2} \cdot 4,05 = 7,36 \text{ руб.};$$

$$Z_3 (1B286-8) = \frac{15 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,27}{0,9 \cdot 1,2} \cdot 4,05 = 15,95 \text{ руб.};$$

$$Z_3 (\text{DMG } 650) = \frac{41 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,35}{0,95 \cdot 1,2} \cdot 4,05 = 37,47 \text{ руб.}$$

Результаты расчета сводим в таблицу 29 по базовому варианту и в таблицу 30 по проектируемому.

Таблица 29 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
1A286-6	11	0,17	7,36
1B286-8	15	0,27	15,95
Итого:			23,31

Таблица 30 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
DMG Eco Turn 650	41	0,35	37,47
Итого:			37,47

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$23,31 \cdot 13000 = 303030 \text{ руб. (базовый вариант),}$$

$$37,47 \cdot 13000 = 487110 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывают по формуле:

$$Z_{\text{об}} = C_{\text{ам}} + C_{\text{рем}}, \quad (14)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{вн}}, (15)$$

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

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений, руб.;

$H_{амБ}$  – для базового оборудования = 12%;

$H_{амН}$  – для нового оборудования = 6%;

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

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

$F_{обНОВ} = 5910$  ч.;

$F_{обСТАР} = 3867$  ч.;

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

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

Производим расчеты по базовому и проектируемому вариантам по формуле (15):

$$C_{ам} (1A286-6) = \frac{1763500 \cdot 0,12 \cdot 0,17}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 10,75 \text{ руб.}$$

$$C_{ам} (1B286-8) = \frac{1850500 \cdot 0,12 \cdot 0,27}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 17,91 \text{ руб.}$$

$$C_{ам} (DMG 650) = \frac{9635500 \cdot 0,06 \cdot 0,35}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 39,49 \text{ руб.}$$

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

$Ц_{РЕбаз} = 350$  руб.,  $Ц_{РЕнов} = 840$  руб.

Вычисления производим по формуле:

$$C_{рем} = \frac{Ц_{РЕ} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{год}}, (16)$$

где  $\Sigma Re$  – сумма ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

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

$N_{год}$  – годовая программа, шт.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (16):

$$C_{\text{рем}} (1A286-6) = \frac{350 \cdot 1}{0,17 \cdot 13000} = 0,16 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем}} (1B286-8) = \frac{350 \cdot 2}{0,27 \cdot 13000} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем}} (\text{DMG } 650) = \frac{480 \cdot 1}{0,35 \cdot 13000} = 0,18 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание, эксплуатацию и ремонт технологического оборудования заносим в таблицу 31 по базовому варианту и в таблицу 32 по проектируемому.

Таблица 31 – Результаты расчета затрат по базовому варианту

Модель станка	Стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
1A286-6	1763,5	1	12	0,17	10,75	0,16
1B286-8	1850,5	2	12	0,27	17,91	0,20
Итого	3614,0	3		0,44	28,66	0,36

Таблица 32 – Результаты расчета затрат по проектируемому варианту

Модель станка	Стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
DMG 650	9635,5	1	6	0,35	39,49	0,18
Итого	9635,5	1		0,35	39,49	0,18

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле (14):

$$\text{Базовый вариант: } 28,66 + 0,36 = 29,02 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:  $39,49 + 0,18 = 39,67$  руб.

Затраты на эксплуатацию инструмента.

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_n \cdot C_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{и}, \quad (17)$$

где  $C_{и}$  – стоимость единицы инструмента, руб.;

$\beta_n$  – число переточек;

$C_n$  – стоимость одной переточки, руб.;

$T_{ст}$  – период стойкости инструмента;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей = 13000 шт.;

$T_m$  – машинное время;

$\eta_{и}$  – коэффициент случайной убыли инструмента = 0,98.

В таблице 33 укажем инструмент, используемый в базовом технологическом процессе, и время работы инструмента.

Таблица 33 – Инструмент базового технологического процесса

№ операции	Наименование инструмента	$T_m$ , мин.
005	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	8,5
	Резец канавочный ГОСТ 18884-73	0,17
010	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	7,65
	Резец расточной ГОСТ 18883-73	7,19
015	Сверло ГОСТ 10903	2,5
	Метчик ГОСТ 3266-81	0,5

Проводим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому технологическому процессу, для стандартного инструмента по формуле (17):

$$Z_{и} = \frac{956,1+8 \cdot 77}{60 \cdot 13000 \cdot 9} \cdot 8,5 \cdot 0,98 + \frac{855,3+9 \cdot 68}{60 \cdot 13000 \cdot 10} \cdot 0,17 \cdot 0,98 + \frac{956,1+7 \cdot 77}{60 \cdot 13000 \cdot 8} \cdot 7,65 \cdot 0,98 + \frac{1023+7 \cdot 92}{60 \cdot 13000 \cdot 8} \cdot 7,19 \cdot 0,98 + \frac{1106+0 \cdot 0}{50 \cdot 13000} \cdot 3,0 \cdot 0,98 = 98,8 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{эи}} = (\text{Ц}_{\text{пл}} \cdot n + (\text{Ц}_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \cdot \text{Ц}_{\text{компл}}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1}, \quad (18)$$

где  $\text{Ц}_{\text{пл}}$  – стоимость сменной многогранной пластины, руб.;

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

$\text{Ц}_{\text{корп}}$  – стоимость корпуса сборного инструмента, например, державка резца, руб.;

$k_{\text{компл}}$  – коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в одном корпусе сборного инструмента в течении времени его эксплуатации, (коэффициент эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента, качества его изготовления, режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия), шт.;

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

$Q$  – количество сменных поворотных пластин, используемых в одном корпусе сборного инструмента, в течении времени его эксплуатации, (величина так же определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины), шт.;

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

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

$b_{\text{фи}}$  – коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента, (экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой);

N – количество вершин сменной многогранной пластины, (для круглой пластины рекомендуется принимать N = 6), шт.

В таблицу 34 занесем параметры инструмента.

Таблица 34 – Параметры прогрессивного инструмента по проектируемому варианту

Операция	Инструмент	Машинное время, мин.	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарный период стойкости инструмента, мин.	Загрязны на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого загрязны, руб.
005	Державка токарная наружная MWLNL 2020K08 Пластина WNMG 080408-M1 883	1,46	25601,0 535,6	185	-	0,9	4,21
	Державка токарная наружная CEL 2020K10D Пластина 14ER 3.0FG CP500	0,34	20205,0 483,8	250	-	0,9	1,35
	Державка токарная наружная MWLNL 2020K08 Пластина WNMG 080408-M1 883	1,01	25601,0 535,6	185	-	0,9	2,81
	Державка токарная внутренняя A10L SCLCR06 Пластина CCGT 06024F-AL	0,57	22156,0 511,0	210	-	0,9	2,20
	Сверло SD203A-Ø14	0,10	16321	250	-	0,9	3,35
	Метчик СороТар 300	0,01		240	-	0,9	0,20
Итого:							14,12

Результаты расчета технологической себестоимости выпуска одной детали сводим в таблицу 35.

Таблица 35 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Базовый вариант, сумма руб.	Проектируемый вариант, сумма руб.
Затраты на материал	9876,20	7745,19
Заработная плата с начислениями	65,03	65,86
Затраты на технологическую электроэнергию	23,31	37,47
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	29,02	39,60
Затраты на инструмент	98,80	14,12
Итого:	10092,36	7898,24

Определение годовой экономии от изменения технологического процесса.

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

$$\mathcal{E}_{год} = (C_{б} - C_{пр}) \cdot N_{год}, \quad (19)$$

где  $C_{б}$  – технологическая себестоимость одной детали по базовому варианту;

$C_{пр}$  – технологическая себестоимость одной детали по проектируемому варианту;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей.

$$\mathcal{E}_{год} = (10092,36 - 7898,24) \cdot 13000 = 28523560 \text{ руб.}$$

Анализ уровня технологичности производства.

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{оп} = \frac{T^i}{T} \cdot 100\%, \quad (20)$$

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

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

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (20) по базовому варианту:

$$Y_{\text{оп}} (1A286-6) = \frac{0,17}{0,44} \cdot 100\% = 38,63\%;$$

$$Y_{\text{оп}} (1B286-8) = \frac{0,27}{0,44} \cdot 100\% = 61,36\%.$$

По проектируемому варианту:

$$Y_{\text{оп}} (\text{DMG 650}) = \frac{0,35}{0,35} \cdot 100\% = 100\%.$$

Доля прогрессивного оборудования.

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

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (21)$$

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

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

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot 100\% = 50\%.$$

Определим производительность труда на программной операции:

$$B = \frac{F_p \cdot K_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (22)$$

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

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

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в базовом технологическом процессе:

$$B_6 = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{55,6} = 2178,13 \text{ шт/чел.год.}$$

Производительность труда в проектируемом технологическом

процессе:

$$B_{\text{пр}} = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{21} = 5766,87 \text{ шт/чел.год}$$

Рост производительности труда

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} \cdot 100\%, \quad (23)$$

где  $B_{\text{пр}}$  – производительность труда в проектируемом варианте;

$B_{\text{б}}$  – производительность труда в базовом варианте.

$$\Delta B = \frac{5766,87 - 2178,13}{2178,13} \cdot 100\% = 164,76\%$$

В таблице 36 представлены технико-экономические показатели проекта:

Таблица 36 – Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения показателей		Изменение показателей
		Базовый вариант	Проектный вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	13000	13000	-
Количество оборудования	шт.	3	1	-2
Количество рабочих	чел.	5	3	-2
Сумма инвестиций	тыс. руб.		9635,5	
Трудоемкость обработки одной детали	н/ч.	0,44	0,35	-0,09
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	10092,36	7898,24	-2194,12
-затраты на заготовку		301,5	240,7	-60,8
-затраты на инструмент		98,8	14,12	-84,68
-затраты на заработную плату		65,03	65,86	-0,83
Доля прогрессивного оборудования	%	-	100	100
Производительность труда	шт/чел.год	2178,13	5766,87	+3588,74
Рост производительности труда	%	100	264,76	164,76
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,65	0,83	-0,18
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	-	28523,560	-
Срок окупаемости	год		1	

Как видно из расчетов, себестоимость продукции снижается в 1,27 раза, в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат на материалы, электроэнергию.

Рост производительности труда обусловливает применением современного оборудования и прогрессивного инструмента, что при неизменных материальных и трудовых затратах ведет к снижению себестоимости продукции.

Предлагаемый технологический процесс уменьшает себестоимость обработки детали, количество оборудования и рабочих обслуживающих данное оборудование, снижает затраты на электроэнергию, также и более короткий производственный цикл по сравнению с вариантом, условиями которого является применение универсального оборудования. Можно сделать вывод, что спроектированный технологический процесс является более эффективным по сравнению с технологическим процессом, построенным на использовании универсальных станков, и является более выгодным по сравнению с предыдущим вариантом.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Опора», 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 28523,560 т. руб. и срок окупаемости проекта в течение года.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 5.1. Введение

В методической части дипломного проекта рассмотрен и проанализирован профессиональный стандарт «Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ», проанализирован учебный план по переподготовке рабочих в Учебном центре дополнительного профессионального образования АО "Уралтрансмаш", разработан план занятия и методическое обеспечение к занятию.

Оператор или наладчик станков с ЧПУ – это важнейшее звено в современном производственном процессе.

В связи с ростом автоматизации, специалисты по работе на станках и обрабатывающих центрах с числовым программным управлением, все более востребованы на промышленных предприятиях.

В настоящее время изменения коснулись и самого характера образования. Использование современного оборудования, уникальных возможностей интеллектуальных программ обучения, позволяет изменить стиль обучения и резко сократить сроки овладения профессиональными знаниями. Это относится, в полной мере, к обучению программированию на стойке Siemens и составлению обучающих программ для обработки деталей на станке с ЧПУ. Таким образом, разработка методики интенсивного обучения по программированию, включающая в себя технологию создания обучающих программ, является актуальной и может быть полезной для обучающихся.

Важное место в программном обеспечении современных станков с ЧПУ занимают системы программирования. Основное их назначение - освободить программиста от необходимости работать на языке машинных команд. При обучении программированию применяются тренажеры и демо – программы обучения.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Системы программирования - это универсальные средства работы с информацией, с их помощью можно решать вычислительные задачи, обрабатывать тексты, получать графические изображения, осуществлять хранение и поиск данных и т.д. В общем, делать все, что делают средства прикладного программного обеспечения - специализированные исполнители.

В основу методики обучения профессиональному программированию, в обучающей программе было положено представление о программисте, как о специалисте широкого профиля. Разрабатывая управляющие программы, они могут раскрыть в себе разнообразные качества конструктора, технолога, оператора и программиста.

Основной целью деятельности учебного центра является подготовка новых рабочих и повышение квалификации кадровых рабочих, руководителей, специалистов и других служащих предприятия на основе системы непрерывного дополнительного профессионального образования, а также обучение, повышение квалификации работников предприятия для развития их кадрового ресурса в условиях инновационного развития и технологического перевооружения.

Подготовка и обучение ведется по следующим направлениям:

- организация обучения и обучение по договорам с предприятиями и организациями;
- обучение (профподготовка) лиц, стоящих на учете в центрах занятости;
- организация и проведение стажировки, практики студентов и выпускников начальных, средних и высших учебных заведений;
- организация обучения и обучение собственного персонала.

В учебном центре работают высококвалифицированные и опытные преподаватели, руководители практики, мастера производственного обучения, инструкторы производственной практики.

Для обучения используется технология структурного программирования.

Ее достоинством является то, что она позволяет сформировать у слушателей курсов алгоритмический стиль мышления, который необходим при изучении практически всего курса программирования и составления управляющих программ. Эта технология представляет собой процесс пошагового разбиения алгоритма на все более мелкие части, с целью получить такие элементы, для которых можно легко написать конкретные предписания.

Обучение рабочих ведется в учебном центре дополнительного профессионального образования, который является структурным подразделением АО "Уралтрансмаш". Учебный центр расположен в административном здании предприятия.

Обучение ведут высококвалифицированные и опытные преподаватели, руководители практики, мастера производственного обучения, инструкторы производственной практики. Учебный центр поддерживает постоянную связь со службой занятости населения.

Для обеспечения качественного процесса обучения – учебный центр имеет учебно-материальную базу, состоящую из: учебных кабинетов, лаборатории, компьютерного класса, двух интерактивных классов (токарный и фрезерный).

Высокотехнологичное современное оборудование в цехах предприятия, привлекаемое к учебному процессу, в соответствии с порядком использования производственного и технологического оборудования предприятия в образовательном процессе. А так же, учебно-методический кабинет, техническую библиотеку, читальный зал, кабинеты для сотрудников учебного центра, помещение для преподавателей, медицинский пункт, столовую. Все помещения оборудованы в соответствии с действующими правилами и санитарными нормами.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5.2. Анализ профессионального стандарта по профессии оператор – наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

На российских предприятиях внедряются профессиональные стандарты и для этого необходимо вести переподготовку слушателей согласно этим требованиям.

Проанализируем профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 августа 2014г. № 530н.

Согласно профессиональному стандарту в таблице 37 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ.

Таблица 37 – Описание трудовых функций, входящих в профессиональный стандарт

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень квалификации
1	2	3	4	5
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/01.2	2

Продолжение таблицы 37

1	2	3	4	5
	2	Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02.2	2
	2	Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	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/01.3	3

Окончание таблицы 37

1	2	3	4	5
	3	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04.3	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	С/01.4	4
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/02.4	4

Проанализируем обобщенную трудовую функцию - «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». Анализ приведен в таблице 38.

Таблица 38 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование	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	Код	А	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должности	Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации				
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)				
Требования к опыту практической работы	Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»				
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				

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции представленные в таблице 39.

Таблица 39 – Трудовые функции оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	В/01.3
Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3
Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3
Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04.3

Выберем и проанализируем трудовую функцию: «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7-8 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 40.

Таблица 40 – Анализ трудовой функции «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7-8 квалитетам»

Наименование	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7-8 квалитетам	Код	В/01.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8 – 14 квалитетам				
	Контроль с помощью измерительных инструментов точности и работоспособности позиционирования обрабатывающего центра с ЧПУ				
	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам (на основе знаний и практического опыта)				
Необходимые умения	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8 – 14 квалитетам				
	Использовать контрольно-измерительные инструменты				
	Налаживать обрабатывающие центры для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам				
Необходимые знания	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8 – 14 квалитетам				
Другие характеристики	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности				

Выберем и проанализируем трудовую функцию: «Программирование станков с числовым программным управлением ЧПУ». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 41.

Таблица 41 – Анализ трудовой функции «Программирование станков с числовым программным управлением ЧПУ»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	В/02.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей				
Необходимые знания	Органы управления и стойки ЧПУ станка				
	Режимы работы стойки ЧПУ				
	Системы графического программирования				
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами				

Выберем и проанализируем трудовую функцию: «Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом е (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 42.

Таблица 42 - Анализ трудовой функции «Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях»

Наименование	Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	Код	В/03.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
1	2				
Трудовые действия	Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях				
	Установка деталей в приспособлениях и на столе станка				
	Установка деталей в приспособлениях и на столе станка				

## Окончание таблицы 42

1	2
Необходимые умения	Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях
	Использовать контрольно-измерительные инструменты
	Выполнять установку и выверку деталей в нескольких плоскостях
Необходимые знания	Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях
	Порядок и правила установки и выверки деталей в нескольких плоскостях

Выберем и проанализируем трудовую функцию: «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 43.

Таблица 43 - Анализ трудовой функции «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам»

Наименование	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	Код	В/04.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам				
	Обработка отверстий в деталях по 7 - 8 квалитетам				
	Обработка поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам				
Необходимые умения	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке				
	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции				
	Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам				
Необходимые знания	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам				

### 5.3. Содержание и анализ учебной программы переподготовки рабочих по профессии «Оператор станков с числовым программным управлением»

Для усовершенствованного технологического процесса нам

необходимо переобучить рабочих с профессию «токарь» на профессию «оператор станков с ЧПУ». Для этого необходимо проанализировать учебный план для обучения токарей и профессиональный стандарт «Оператор станков с числовым программным управлением» и на основании анализа предложить оптимизированный учебный план.

В таблице 44 приведен учебный план для подготовки рабочих про профессии «токарь» в учебном центре АО «Уралтрансмаш».

Таблица 44 – Учебный план для подготовки токаря

№	Название дисциплин	Всего часов	В том числе		
			Теория	Практические занятия	Форма контроля (зачёт, экзамен)
1	2	3	4	5	6
	Теоретическое обучение	304	184	120	
1.	Блок социально-экономических дисциплин	16	16		зачёт
1.1.	Основы экономики	12	12		
1.2.	Охрана окружающей среды	4	4		
2.	Блок общепрофессиональных дисциплин	94	68	26	зачет
2.1.	Материаловедение	16	12	4	
2.2.	Чтение чертежей и схем	18	8	10	
2.3.	Основы электротехники	12	8	4	
2.4.	Допуски и технические измерения	16	8	8	
3.	Блок профессиональных дисциплин	16	16		
3.1.	Сведения из технической механики	10	10	-	
3.2.	Охрана труда и промышленная безопасность	6	6	-	
4	Блок специальных дисциплин	176	82	94	
4.1.	Введение	2	2		
4.2.	Универсальные и специальные приспособления, контрольно-измерительный инструмент	40	20	20	зачет
4.3.	Заточка и доводка режущего инструмента	34	10	24	
4.4.	Устройство и эксплуатация технологического оборудования	32	16	16	
4.5.	Технологический процесс обработки деталей	30	12	18	
4.6.	Стандартизация, сертификация и качество продукции	26	10	16	

Окончание таблицы 44

1	2	3	4	5	6
4.7.	Охрана окружающей среды	12	12	-	
5.	Практическое обучение	280		280	
	Консультация	8	8		
	Экзамен	6	6		экзамен
	ИТОГО	600	180	420	

Таблица 45 – Сравнение учебного плана токарей с требованиями профессионального стандарта оператора-наладчика

Учебно-тематический план (Блок общепрофессиональных дисциплин, профессиональных дисциплин и специальных дисциплин)	Профессиональный стандарт
1	2
Материаловедение	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов
Чтение чертежей и схем	Корректировка чертежа изготавливаемой детали
Основы электротехники	Основы электротехники, электроники, гидравлики и программирования в пределах выполняемой работы
Допуски и технические измерения	Система допусков и посадок, степеней точности; качества и параметры шероховатости
Сведения из технической механики	Способы и правила механической и электромеханической наладки, устройство обслуживаемых одноступенчатых станков
Охрана труда и промышленная безопасность	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности
Универсальные и специальные приспособления, контрольно-измерительный инструмент	Устройство и правила применения универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей
Заточка и доводка режущего инструмента	Выбор инструмента. Расчет режимов резания
Устройство и эксплуатация технологического оборудования	Органы управления и стойки ЧПУ станка. Режимы работы стойки ЧПУ. Изменять параметры стойки ЧПУ станка
Технологический процесс обработки деталей	Выбор технологических операций и переходов обработки

Окончание таблицы 45

1	2
Стандартизация, сертификация и качество продукции	Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
Охрана окружающей среды	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности
-	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами
-	Определение координат опорных точек контура детали
-	Системы графического программирования.
-	Составление управляющей программы. Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей
-	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)

На основе анализа видим, что часть дисциплин для переподготовки операторов обрабатывающих центров уже изучены ранее рабочими и поэтому их не надо изучать. А по части дисциплин необходимо актуализировать знания и внести в учебный план дисциплины, которые ранее не изучались.

В таблице 46 предлагается учебный план для переподготовки операторов обрабатывающих центров.

Программа переподготовки и повышения квалификации рабочих включает в себя теоретическое и производственное обучение. Всего на обучение отведено 156 часов, из них на производственное обучение отведено 117 часов.

Программа включает в себя изучение технического черчения и чтения чертежей, современного режущего инструмента, основ теории резания металлов, основ технологии обработки деталей, основ программирования и устройства обрабатывающих центров, наладку и настройку станка.

Срок обучения по профессии: «Оператор станков с ЧПУ» – 2,5

месяца, т.к. обучение проводится без отрыва от производства. После теоретического обучения рабочие на предприятии проходят производственную практику и выполняют пробную работу. На основании сдачи квалификационного экзамена по теоретическим вопросам, выполнению пробной работы и заключения с места прохождения производственной практики, им выдается удостоверение с присвоенным разрядом.

Таблица 46 – Учебный план переподготовки токарей на профессию оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

№	Наименование дисциплин	Всего (час.)	В том числе (час.)		Форма контроля
			Теория (час.)	Практика (час.)	
1	Инструктаж по охране труда при работе на станках с ЧПУ и пожарная безопасность	4	4	-	Личная роспись в соответ. документах
2	Современный режущий и мерительный инструмент	14	4	10	Зачет
3	Технология обработки деталей на станках с ЧПУ	14	7	7	Зачет
4	Классификация систем ЧПУ	4	4	-	Зачет
5	Основы программирования станков и обрабатывающих центров с ЧПУ	18	8	10	Зачет
6	Устройство обрабатывающих центров и станков с ПУ	6	2	4	Зачет
7	Наладка обрабатывающих центров с ЧПУ	12	4	8	Зачет
8	Самостоятельное выполнение работ	72	-	72	Зачет
9	Итого:	156	39	117	

Для проверки реализуемого учебного плана в учебном центре АО «Уралтрансмаш» на соответствие с требованиями профессионального стандарта, проведем сравнение преподаваемых дисциплин в учебном центре с наименованием трудовых функций, прописанных в

профессиональном стандарте для оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ. Данные сведем в таблицу 47.

Таблица 47 – Сравнения учебно-тематического плана с требованиями профессионального стандарта оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

Учебный план	Профессиональный стандарт
Инструктаж по безопасности труда при работе на станках с ЧПУ и пожарная безопасность	Техника безопасности при работе на станке с ЧПУ Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)
Основы резания металлов и режущий инструмент	Выбор инструмента
	Расчет режимов резания
Технология обработки деталей	Выбор технологических операций и переходов обработки
Классификация систем ЧПУ	Органы управления и стойки ЧПУ станка
Основы программирования станков и обрабатывающих центров с ЧПУ	Определение координат опорных точек контура детали
	Составление управляющей программы
	Системы графического программирования
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами
Устройство обрабатывающих центров	Органы управления и стойки ЧПУ станка
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка
Наладка обрабатывающих центров с ЧПУ	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)
	Режимы работы стойки ЧПУ
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка
Самостоятельное выполнение работ	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)
	Составление управляющей программы
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей

Оптимизированный учебный план предлагается внедрить в программу учебного центра для переподготовки по профессии «Оператор станков с ЧПУ» 3 разряда

Для разработки методической части дипломного проекта выберем тему: «Основы программирования станков и обрабатывающих центров с числовым программным управлением».

В учебном центре на данную тему выделено 18 часов.

Таблица 48 – Содержание темы «Основы программирования станков и обрабатывающих центров с числовым программным управлением»

№	Тема занятия	Виды занятий	
		теоретические	практические
1	Подготовительные и вспомогательные функции	2	
2	Интерфейс станка DMG Eco Turn 650 и системы ЧПУ	2	-
3	Постоянные циклы токарной обработки	2	12

В таблице 49 приведен перспективно-тематический план изучения данной темы.

Таблица 49 – Фрагмент перспективно-тематического плана на тему «Основы программирования станков и обрабатывающих центров с числовым программным управлением»

№ занятия	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения	Форма организации
1	2	3	4	5	6
1 (2ч)	Подготовительные и вспомогательные функции	Образовательные: сформировать знания об основных функциях применяемых при программировании станков с ЧПУ Воспитательные: воспитывать культуру общения, культуру речи с использованием специальной предметной терминологии; Развивающие: развивать профессиональный интерес и технический кругозор, творческое мышление	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (слайды презентации).	Презентация	Фронтальная

Окончание таблицы 49

1	2	3	4	5	6
2 (2ч)	Интерфейс станка DMG Eco Turn 650 и системы ЧПУ	<i>Образовательные:</i> сформировать знания об интерфейсе станка и основных окнах на панели станка, контекстных меню <i>Воспитательные:</i> воспитывать культуру общения, культуру речи с использованием специальной предметной терминологии; <i>Развивающие:</i> развивать профессиональный интерес и технический кругозор, творческое мышление	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (слайды презентации).	Презентация	Фронтальная
3 (2ч)	Постоянные циклы токарной обработки	<i>Образовательные:</i> сформировать у слушателей знания о применении и программировании основных циклов токарной обработки <i>Воспитательные:</i> воспитывать культуру общения, культуру речи с использованием специальной предметной терминологии; <i>Развивающие:</i> развивать профессиональный интерес и технический кругозор; развитию чувства самоконтроля и ответственности за результаты своей деятельности; получению чувства удовлетворенности от результата своего труда.	Словесные (беседа, рассказ, диалог, объяснение). Наглядные (слайды презентации)	Презентация, демонстрация, компьютерная программа	Фронтальная

**5.4. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Подготовительные и вспомогательные функции»**

Для разработки методики проведения занятия по дисциплине выберем из тематического плана тему № 1 «Подготовительные и вспомогательные функции» и разработаем методическое обеспечение для этого занятия. На изучение данной дисциплины учебным планом выделено 2 часа.

Тема занятия: Подготовительные и вспомогательные функции.

Цели:

Дидактическая: сформировать знания об основных функциях, применяемых при программировании станков с ЧПУ.

Развивающая: развивать профессиональный интерес и технический кругозор, творческое мышление.

Воспитывающая: воспитывать у обучаемых дисциплину, внимательность, аккуратность, самостоятельность.

Тип урока: комбинированный.

Методы обучения: рассказ, беседа, демонстрация слайдов.

Оснащение урока: ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды.

Таблица 50 - Модель деятельности преподавателя и слушателей на занятии

№ этапа	Наименование этапа урока	Деятельность преподавателя	Время (мин)	Деятельность учащихся
1	Организационная часть	Приветствие Проверка присутствующих	5	Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке
2	Сообщение темы и цели занятия	Сообщает тему, цели занятия.	5	Слушают, записывают тему урока.
3	Мотивация	Рассказывает о важности темы	5	Слушают.
4	Актуализация опорных знаний	Задаёт вопросы	15	Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.
5	Объяснение нового учебного материала	Преподаватель, рассказывает новый материал, по ходу рассказа демонстрирует слайды	40	Слушают, конспектируют, изучают слайды.
6	Закрепление новых знаний	Задаёт вопросы	15	Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.
7	Домашнее задание	Повторить пройденный материал.	5	Записывают.

Вопросы для актуализации опорных знаний

1. Сколько координат программируется в токарной обработке
2. Какие режимы резания Вы знаете?
3. Какие единицы измерения Вы знаете?

4. Как определяется направление вращения шпинделя?
5. Какой инструмент применяется при токарной обработке деталей?

Вопросы для закрепления новых знаний

1. Управляющая программа разрабатывается в системе координат ....
2. Угловые размеры в УП для современных УЧПУ выражают:
  - 1) в радианах
  - 2) градусах
  - 3) в радианах или градусах.
3. В кадр УП, задающий движение рабочего органа с рабочей подачей по прямой линии, должна входить функция
  - 1) G0, 2) M3, 3) G1, 4) M1, 5) G2.
4. Какие подготовительные функции можно использовать в пределах одного кадра:
  - 1) G0, G1, G2    2) G54, G1, G90    3) G0, G40, G42    4) G0, G91, G90
5. Ось Z при горизонтальном расположении оси вращения шпинделя и использовании стандартной системы координат станков с ЧПУ будет направлена:
  - 1) параллельно оси вращения шпинделя,
  - 2) вертикально,
  - 3) под углом 45°.

Конспект урока приведен в приложении Б, презентация к уроку приведена в приложении В.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Опора» в условиях серийного производства, с использованием оборудования с ЧПУ.

В усовершенствованном технологическом процессе применяется современный токарный обрабатывающий центр с числовым программным управлением. Это позволило сократить время механической обработки, увеличить производительность труда, снизить себестоимость продукции.

Предлагаемый технологический процесс обеспечивает экономические показатели выпуска продукции высокого качества, в условиях применения на предприятии современного оборудования и режущего инструмента.

При разработке проекта были учтены требования к материалу детали, к точности и шероховатости поверхностей.

На комплексную операцию была разработана управляющая программа.

В методической части проанализирован профессиональный стандарт «Оператора-наладчика обрабатывающих центров», учебный план. Рассмотрены вопросы связанные с переподготовкой персонала.

Поставленные задачи выпускной квалификационной работы решены, цели достигнуты.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барановская С. М., Фещенко Т. И. Технологическая документация в учебно-методическом комплексе: учебно-методическое пособие. - Минск: Республиканский институт профессионального образования, 2015. - 44 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67608>.

2. Белов П.С., Афанасьев А. Е. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. - Егорьевск : Егорьевский технологический институт, 2015. - 117 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31952>.

3. Бородина Н. В. Дипломное проектирование : учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / Н. В. Бородина, Г. Ф. Бушков ; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Урал. отд-ние Рос. акад. образования. - Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2011. - 89 с

4. Галкин М. Г., Коновалова И. В., Ашихмин В. Н., Смагнн А. С. Механическая обработка тел вращения: учебно-методическое пособие. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2015. - 222 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66171>.

5. Галяветдинов Н. Р., Сафин Р. Р., Хасаншин Р. Р., Кайнов П. А. Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов: учебное пособие. - Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. - 112 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62519>.

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

7. Дулькевич А. О. Токарная и фрезерная обработка. Программирование системы ЧПУ HAAS в примерах: учебное пособие. -

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Минск : Республиканский институт профессионального образования, 2016. - 72 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67767>.

8. Дуюн Т. А., Шрубченко И. В., Хуртасенко А. В., Воронкова М. Н., Мурыгина Л. В. Основы технологического проектирования в машиностроении: учебное пособие. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет, 2013. - 268 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49718>.

9. Завистовский С. Э. Металлорежущие станки: учебное пособие. - Минск : Республиканский институт профессионального образования, 2015. - 440 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67653>.

10. Клименков, С.С. Нормирование точности и технические измерения в машиностроении [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Минск : Новое знание, 2013. — 248 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/43874>. — Загл. с экрана.

11. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие-Екатеринбург: Издательство Урал. Гос. проф.- пед. университета 2012.- 169 с.

12. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 34 с.

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

14. Кондаков, А.И. Выбор заготовок в машиностроении: справочник [Электронный ресурс] : справ. / А.И. Кондаков, А.С. Васильев. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2007. — 560 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/770>.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

15. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник для бакалавров [Гриф Минобразования РФ] / И. М. Лифиц. - 11-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2014. - 411 с. [и предыдущие издания]

16. Лучкин В. К., Ванин В. А. Проектирование и программирование обработки на токарных станках с ЧПУ: учебное пособие. - Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2015. - 82 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64558>.

17. Макаров, А. В. Экономика машиностроения : учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / А. В. Макаров, А. Г. Мокроносов, Л. А. Захарова ; Рос. гос. проф.-пед. ун-т. - Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2010. - 289 с.

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

19. Мирошин Д. Г. Металлорежущие инструменты [Электронный ресурс] : [лекционный курс : учебная презентация] / [Д. Г. Мирошин] ; [Рос. гос. проф.-пед. ун-т]. - Электрон. дан. (1 файл : 3697 кбайтов). - Екатеринбург : РГППУ, 2014. - [136] сл.

20. Могильников В. А. Технология производства. Технологический анализ чертежа детали: методические указания к практическим занятиям, контрольно-курсовым и контрольным работам для студентов машиностроительных специальностей / В. А. Могильников. – Тула: изд-во ТулГУ, 2009. – 18 с.

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

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

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

23. Справочник технолога–машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.
24. Техничко-экономические расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. – сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.
25. Технология машиностроения [Текст]. Учеб для вузов [Гриф МО РФ] /Л.В.Лебедев и др.- М.: Изд. Центр «Академия», 2006. - 527 с.
26. Технология машиностроения [Текст]: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: 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.
27. Технология машиностроения. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / [А. В. Коломейченко и др.]. - Электрон.текстовые дан. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 266 с. - (Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/67470>)
28. Технология машиностроения[Текст]: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: 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.
29. Шапоринский С.А. Вопросы теории производственного обучения. – М: Высшая школа, 1981. 208 с.
30. Электронный каталог «Seco», Обработка отверстий, 2015 г.
31. Электронный каталог «Seco», Токарная обработка, 2015 г. [http://metallcheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/12x18h10t](http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12x18h10t) (Дата обращения 05.05.2018.).

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

## Перечень графического материала

№	Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Количество листов
1	Чертеж детали	ДП 44.03.04.621.02	A 1	1
2	Чертеж заготовки	ДП 44.03.04.621.01	A1	1
2	Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.621.Д03	A 1	1
3	Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.621.Д04	A 2	1
4	Управляющая программа	ДП 44.03.04.621.Д05	A 1	1

Конспект урока

Тема: «Подготовительные и вспомогательные функции»

Мотивация: Рассказать о станках с ЧПУ, как о неотъемлемой части современного машиностроительного производства. Затронуть разные виды стоек ЧПУ. Плавно перейти к устройству. Ознакомить с функциями и начать рассказывать о подготовительных и вспомогательных функциях.

Подготовительная функция (синоним G-коды) задает режим работы устройства ЧПУ (синоним стойка ЧПУ). ПФ кодируются адресом G и двузначным числом. В новых системах ЧПУ они кодируются адресом G и трехзначным числом.

Ниже перечислены наиболее часто применяемые подготовительные функции в двух и трехцифровом формате российских, немецких и некоторых др. фирм изготовителей устройств ЧПУ.

**G00 – Позиционирование.** Перемещение рабочих органов станка в заданную точку на быстром ходу. Предварительно запрограммированная скорость подачи игнорируется, но не отменяется.

**G01 – Линейная интерполяция.** Перемещение по прямой линии с запрограммированной скоростью от исходной точки к точке, координаты которой заданы в данном кадре.

**G02 – Круговая интерполяция.** Движение по часовой стрелке.

**G03 – Круговая интерполяция.** Движение против часовой стрелки.

**G04 – Выдержка.** Пауза. По этой команде происходит остановка в работе УП на определенное время, необходимая оператору для выполнения каких либо действий. Время остановки задается по адресу F в секундах.

**G17 – Выбор плоскости XY.**

**G18 – Выбор плоскости XZ.**

**G19 – Выбор плоскости YZ.**

**G53 – Отмена линейного сдвига.**

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**G54 – Смещение нулевой точки.** С помощью команд G54-59 можно программировать смещение всей системы координат.

**G90 – Абсолютный размер.** Отсчет всех размеров производится от активной нулевой точки. Это может быть либо ноль станка, либо ноль заготовки.

**G91 – Относительный размер.** Отчет всех точек производится в приращениях.

**G94 – Подача в миллиметрах в минуту.**

**G95 – Подача в миллиметрах на оборот.**

**G96 – Постоянная скорость резания.** Команда 96 указывает, что число записанное по адресу S, в слово «скорость шпинделя», равно скорости резания в метрах в минуту.

**G97 – Обороты в минуту.** Отменяет команду G96.

Вспомогательные функции (синоним M-коды). ВФ кодируются адресом M и задаются двухзначным числом. Эти функции несут управляющую информацию о рабочих органах станка.

**M00 – Программируемый останов (безусловный).**

**M02 – Конец программы**

**M03 – Включение основного шпинделя по часовой стрелке.**

**M04 – Включение основного шпинделя против часовой стрелки.**

**M05 – Выключение основного шпинделя.** Электрическое торможение основного шпинделя.

**M08 – Подача СОЖ.**

**M09 – Выключение СОЖ.**

**M13 – Включение СОЖ и вращения шпинделя по часовой стрелке**

**M14 – Включение СОЖ и вращения шпинделя против часовой стрелки**

**M25 – Открывание зажимного приспособления.**

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**M26 – Закрывание зажимного приспособления.**

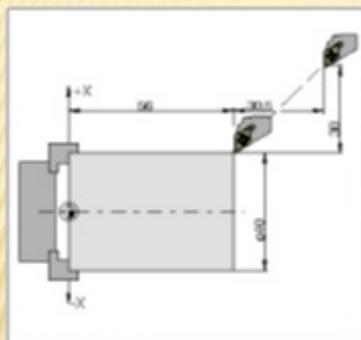
**M17 – Конец подпрограммы.**

**M30 – Конец программы, возврат в начало программы.**

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## G00 позиционирование (Быстрое перемещение)



### Формат

N... G00 X(U)... Z(W)...

Перемещение выполняется с максимальной скоростью до запрограммированной целевой точки. Одновременно могут использоваться абсолютные и инкрементные команды.

### Пример:

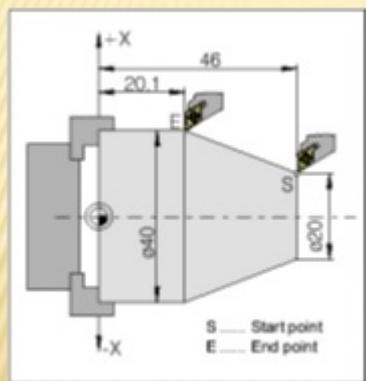
**G90** в абсолютных размерах

N50 G00 X40 Z56

**G91** в размерах с приращением

N50 G00 U-30 W-30.5

## G01 Линейная интерполяция (подача)



### G01 Линейная интерполяция (подача)

#### Формат

N... G01 X(U)... Z(W)... F...

Линейные перемещения направляющих (торцевая, продольная обработка, обработка конуса) при запрограммированной скорости подачи.

#### Пример:

**G90** в абсолютных размерах

N.. G95

N20 G01 X40 Z20.1 F0.1

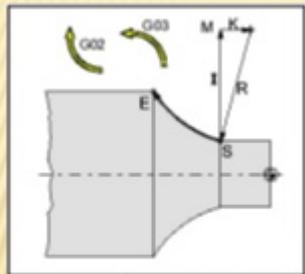
**G91** в размерах с приращением

N.. G95 F0.1

N20 G01 X20 W-25.9

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## G02 Круговая интерполяция по часовой стрелке G03 Круговая интерполяция против часовой стрелки



### Формат

N... G02 X(U)... Z(W)... I... K... F...

Или

N... G02 X(U)... Z(W)... R... F... X, Z...

Конечная точка дуги U, W, I, K, .....

Параметры круга в приращениях  
(расстояние от начальной точки до  
центра дуги, I относительно X, K  
относительно Z)

R..... Радиус дуги

Инструмент перемещается к целевой  
точке вдоль установленной дуги с  
запрограммированной скоростью  
подачи.

## G04 Пауза

### Формат

N... G04 X(U)... (сек)

Или

N... G04 P... (мсек)

Движение инструмента останавливается в последней достигнутой  
позиции для паузы, определенного X, U или P.

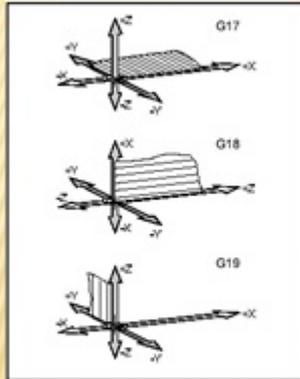
### Примеры:

N75 G04 X2.5 (время выдержки = 2,5 сек)

N95 G04 P1000 (время выдержки = 1 сек = 1000  
мсек)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## G17 – G19 Выбор плоскости



G17 плоскость XY  
G18 плоскость ZX  
G19 плоскость YZ

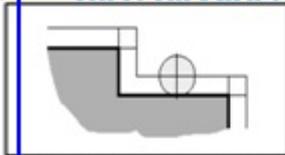
Формат:

N... G17/G18/G19

С использованием G17 – G19 определяется плоскость, в которой может быть выполнена круговая интерполяция и интерполяция в полярных координатах, и в которой вычисляется компенсация на радиус резца.

В оси вертикальной к активной плоскости, выполняется компенсация на длину инструмента.

## G41/G42 КОРРЕКЦИЯ НА РАДИУС РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА



### G41 Коррекция на радиус фрезы влево

Если инструмент (рассматриваемая в направлении подачи) находится слева от обрабатываемого контура, коррекция на радиус фрезы должна устанавливаться командой G 41.

**Примечания:**

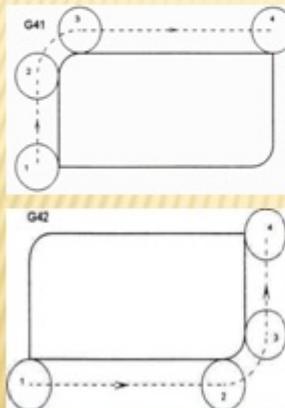
- Прямая смена между G41 и G42 невозможна, необходима предварительная отмена командой G40.
- Выбор команды допустим только в сочетании с G00 или G01.
- Необходимо безусловное программирование параметра H, параметр H эффективен модально.

### G42 Коррекция на радиус фрезы вправо

Если инструмент (рассматриваемая в направлении подачи) находится справа от обрабатываемого контура, коррекция на радиус фрезы должно устанавливаться командой G 42.

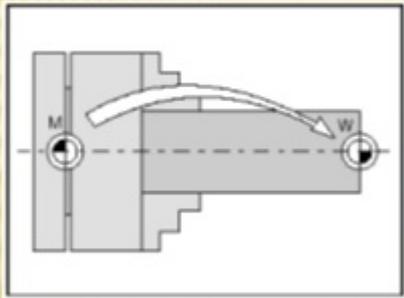
### G40 Отмена коррекции на радиус фрезы

Коррекция на радиус фрезы отменяется командой G40.



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

## СДВИГИ НУЛЯ G53-G57, G500-G599, SUPA



G53 Сдвиги нуля подавляются для одного кадра.  
G500 G54 - G599 отключены.  
G54-57 Устанавливаемые сдвиги нуля.  
G505-599 Устанавливаемые сдвиги нуля.  
SUPA Покадровое подавление, включая программируемые сдвиги нуля и сдвиги DRF (SUPpress All)

## G90 Программирование в абсолютных размерах

Формат:

N...G90

Адреса программируются следующим образом:

X.....Диаметр

U+/-...инкр., в диаметре (для некоторых циклов)

Z+/-...абсолютн. (относительно нулевой точки заготовки)

W+/-...инкр.. (фактическое) расстояние перемещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.621.ПЗ

Лист

112

## **G91 Программирование в размерах с приращением**

**Формат:**

N...G91

Адреса программируются следующим образом:

X,U.....Диаметр

Z,W.....инкр.. (фактическое) расстояние перемещения со знаком

### **G94 Скорость подачи в минутах**

Ввод команды G94 означает, что все значения, запрограммированные в «F» (подача), даются в мм/мин.

**Формат:**

N...G94 F...

### **G95 Скорость подачи в оборотах**

Ввод команды G95 означает, что все значения, запрограммированные в «F» (подача), даются в мм/оборот.

**Формат:**

N...G95 F...

### **G96 Постоянная скорость резания**

Единица: м/мин

Система управления выполняет постоянную калькуляцию скорости шпинделя в соответствии с необходимым диаметром.

**Формат:**

N...G96 S...

### **G97 Постоянная скорость вращения**

Единица: оборот/мин

**Формат:**

N...G97 S...

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Вспомогательные  
(технологические) функции**  
задаются буквой **M** и двухразрядным  
числом. Эти функции несут  
управляющую информацию о  
включении и выключении рабочих  
органов станка

### **M00 Программируемый останов (безусловный)**

Данная команда активирует остановку выполнения программы обработки.

Основной шпиндель, подача и подача хладагента выключаются. Стружкоградительная дверь может быть открыта без включения тревоги.

Выполнение программы может быть продолжено нажатием «NC START» .

После этого включается основной привод со всеми используемыми до этого значениями.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

### **М03 Включение основного шпинделя по часовой стрелке**

Шпиндель включается при условии, что запрограммирована скорость вращения шпинделя и скорость резания, стружкооградительная дверь закрыта, а заготовка правильно зажата.

М03 должна использоваться для всех инструментов правостороннего резания или верхнего расположения, если обработка выполняется за вращающимся центром.

### **М04 Включение основного шпинделя против часовой стрелки**

### **М05 Выключение основного шпинделя**

Электрическое торможение основного привода.  
В конце программы основной привода автоматически выключается.

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
						115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**M02 Конец основной программы**

**M08 Подача СОЖ**

**M09 Выключение СОЖ**

**M25 Открывание зажимного приспособления**

**M26 Закрывание зажимного  
Приспособления**

**M30 Конец программы**

					ДП 44.03.04.621.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116