

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

*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЫШКА КОРПУСА
ПРИВОДА»*

Выпускная квалификационная работа

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

Идентификационный код ВКР: 122

Екатеринбург 2017

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ
Заведующая кафедрой _____
_____ Н.В. Бородина
« ___ » _____ 20 ___ г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
*СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЫШКА КОРПУСА
ПРИВОДА»*

Исполнитель:
студент группы ТО-402

Ю.А. Баранова

Руководитель:
доцент

Т.А. Козлова

Нормоконтролер:
доцент, к.т.н.

В.П. Суриков

Екатеринбург 2017

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 89 страницах, содержит 5 рисунка, 48 таблиц, 30 источников литературы, а также 3 приложения.

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

В выпускной квалификационной работе разработаны предложения по совершенствованию технологического процесса механической обработки детали «Крышка корпуса привода».

Предлагается заменить универсальное оборудование современным токарным станком с ЧПУ с применением прогрессивного инструмента.

В работе приведено экономическое обоснование проектируемого технологического процесса, приведен силовой расчет зажимного приспособления, разработана управляющая программа, а так же методическая часть, где разработан план-конспект занятия теоретического обучения.

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
<i>Выполнил</i>	Баранова Ю.А.				Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Крышка корпуса привода»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	Козлова Т.А.							89
<i>Н. Контр.</i>	Суриков В.П.					ФГАОУ ВО РГПТУ ИИПО Гр. ТО-402		
<i>Утверд.</i>	Бородин Н.В.							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	7
1.1. Назначение и технические характеристики детали	7
1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	8
1.3. Формулировка основных технологических задач.....	10
1.4. Анализ базового технологического процесса.....	11
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	14
2.1. Определение типа производства	14
2.2. Выбор заготовки и методов её получения	15
2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования	17
2.4. Разработка технологического маршрута обработки детали	19
2.5. Выбор средств технологического оснащения	21
2.6. Выбор и описание металлорежущего инструмента	22
2.7. Расчет припусков	28
2.8. Назначение режимов резания	31
2.9. Расчет технических норм времени.....	33
3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ЗАЖИМНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	37
4. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	41
6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	67
6.1. Вводная часть.....	67
6.2. Анализ профессионального стандарта	68
6.3. Составление учебно-тематического плана переподготовки по профес- сии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» на базе	

«ЦПП Евраз-Урал».....	73
6.4. Анализ содержания темы "Основы программного управления станков с ЧПУ".....	75
6.5. Разработка плана урока по теме «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».....	76
6.6. Заключение методической части	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
ПРИЛОЖЕНИЕ А Перечень графических материалов	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Презентация нового материала	91
ПРИЛОЖЕНИЕ В Комплект технической документации.....	100

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 путём его автоматизации и механизации, оснащения высокопроизводительным оборудованием.

Целью выпускной квалификационной работы является совершенствование технологического процесса механической обработки детали. При этом обеспечивается:

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

Задачами дипломного проекта являются:

- анализ заводского технологического процесса;
- разработка технологического процесса механической обработки детали;
- выбор оборудования и оснастки;
- экономическое обоснование проекта;
- разработка управляющей программы обработки детали;
- разработка методической части проекта.

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Назначение и технические характеристики детали

Деталь «Крышка корпуса привода» (далее по тексту «Крышка») – относится к телам вращения типа фланец.

Деталь «Крышка» используется в приводе ковша трактора. Четыре отверстия $\varnothing 15$ на плоскости стыка предназначены для крепления крышки привода к корпусу приводного механизма ковша. Два отверстия $\varnothing 8$ предназначены для центровки детали. В отверстия $\varnothing 80H9$ устанавливаются подшипники качения для цапфы передаточного валика. Резьбовая поверхность $M95 \times 3-8g$ предназначена для крепления трубопровода охлаждающей жидкости. Четыре отверстия $\varnothing 3$ предназначены для шплинтов крепления трубопровода. Поверхность $\varnothing 175f9$ является посадочной в приводе ковша трактора.

Деталь «Крышка» изготавливается из конструкционной легированной стали марки 35X ГОСТ 4543-71.

Данная сталь широко распространена в машиностроении для изготовления осей, валов, шестерней, кольцевых рельс и других улучшаемых деталей. В таблице 1 приведен химический состав данной стали, а в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 - Химический состав в % материала 35X

C	Cr	Mn	Si	Ni	S	P	Cu
0,31 – 0,39	0,8 – 1,1	0,5 – 0,8	0,17 0,37	до 0,3	до 0,035	до 0,035	до 0,3

Таблица 2 - Механические свойства при $T=20^{\circ}C$ материала 35X

σ_B	σ_T	δ_5	ψ	A
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
655	490	16	45	590

Технологические свойства стали 35X:

- температураковки C° начала 1250, конца 800, сечения до 350мм охлаждаются на воздухе;

- свариваемость - ограниченно свариваемая, способы сварки: РД, РАД, АФ, ЭШ и КТ, рекомендуются подогрев и последующая термообработка;

- флокеночувствительность – чувствительна;

- склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Данная сталь оптимально подходит для изготовления детали «Крышка».

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

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

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный.

Качественный анализ

Достоинства:

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

При конструировании детали использовались простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы обработки.

Предусмотрены удобные и надежные технологические базы.

Обеспечена достаточная жесткость детали.

Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

Недостатком является резьбовая поверхность большого диаметра.

Можно считать конструкцию детали технологичной, т.к. положительных характеристик больше, чем отрицательных.

					ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Количественный анализ

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведём в таблицы 3 и 4, в которых T_i - квалитеты, $Ш_i$ - значение параметра шероховатости, n_i – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости, $Ш_{ср}$ - среднее значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей, $T_{ср}$ - средний квалитет точности обработки, коэффициент шероховатости поверхности – Кш.

Определим коэффициент точности, результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

T_i	N_i	$T_i \cdot n_i$
8	1	8
9	3	27
14	18	252

$$\sum n_i = 22;$$

$$\sum T_i \cdot n_i = 287.$$

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{287}{22} = 13,05 \quad (1)$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{ср}} = 1 - \frac{1}{13,05} = 0,923 \quad (2)$$

Коэффициент точности приближается к единице (0,923), что подчеркивает сравнительно невысокую точность механической обработки

Коэффициент шероховатости определим по [3. с.229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	N_i	$Ш_i \cdot n_i$
2,5	2	5
12,5	3	37,5
20	7	140
60	5	300

$$\sum n_i = 17$$

$$\sum Ш_i \cdot n_i = 482,5$$

$$Ш_{\text{ср}} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{482,5}{17} = 28, \quad (3)$$

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{Ш_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{28,38} = 0,965 \quad (4)$$

Коэффициент шероховатости также близок к единице (0,965), что в свою очередь говорит о сравнительно невысоких требованиях к шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Коэффициент использования материала:

$$K_M = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{ЗАГ}}} = \frac{2,7}{3,8} = 0,71 \quad (5)$$

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

1.3. Формулировка основных технологических задач

На основании анализа технических требований сформулированы основные технологические задачи:

Обеспечить точность размеров: поверхность М95х3 по качеству 8g; отверстие $\varnothing 80$ и поверхность $\varnothing 175$, линейный размер 15 мм по 9-му качеству; остальные поверхности и размеры по 14-му качеству.

Обеспечить качество: отверстия $\varnothing 80H9$ и поверхности $\varnothing 175f9$ по Ra2,5 мкм; остальные поверхности по Ra12.5 и Ra20 мкм;

- Обеспечить допуск торцевого биения поверхности $\varnothing 220$ относительно базы в пределах 0,05 мм.

- Обеспечить допуск торцевого биения поверхности $\varnothing 175$ относительно базы в пределах 0,05 мм.

- Обеспечить расположение 4-х отверстий Б по окружности – произвольно.

Чертеж содержит все сведения о детали: разрезы и сечения, размеры с допусками, требования к точности формы и взаимного расположения, требования к качеству поверхностей.

						<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
							10
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

1.4. Анализ базового технологического процесса

Характеристика технологического процесса

По признакам технологический процесс относят:

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

Общее число операций 13, в том числе токарных 4, сверлильных 3, слесарных 2, маркировка, стилоскопирование, контрольная, покрытие.

Анализ маршрута обработки детали

Заводской технологический процесс приведён в таблице 5.

Таблица 5 – Заводской тех. процесс механической обработки детали

№ операции	Наименование операции	Оборудование
1	2	3
010	Токарная	ТВ-22-10
020	Токарная	ТВ-22-10
030	Токарная	ТВ-22-10
040	Токарная	ТВ-22-10
050	Сверлильная	СП5-16
060	Сверлильная	СП5-16
070	Сверлильная	СП5-16

Последовательность механической обработки соответствует общепринятым этапам построения тех.процесса.

Недостатки базового технологического процесса

В базовом технологическом процессе механической обработки детали используют универсальное оборудование, универсальный режущий и мерительный инструмент.

Для условий среднесерийного производства необходимо применить более прогрессивные методы обработки, современные высокопроизводительные станки и более прогрессивный режущий инструмент.

В технологии производства детали целесообразно соблюдать принцип постоянства баз, так как при смене баз в ходе технологического процесса

точность обработки снижается из-за погрешности взаимного расположения новых и применявшихся ранее технологических баз. Однако в базовом технологическом процессе применялись несколько комплектов технологических баз. Подобные допущения возможно объяснить большим количеством операций, переустановов заготовки, т.е. износом поверхностей, принятых в качестве технологических баз, а также невозможностью обработки некоторых поверхностей на применяемом оборудовании с одних и тех же баз.

Для обработки детали используется специальный и стандартный режущий инструмент (резцы, фрезы, сверла, зенкеры и пр.); стандартный и специальный контрольный инструмент (штангенциркуль, калибры-пробки, шаблоны, контрольные приспособления). Среди применяемых марок материала для режущего инструмента были использованы кроме быстрорежущих сталей и некоторые марки твердых сплавов.

Назначенные режимы резания обеспечивают заданную точность обработки, но недостаточно экономически выгодны, что обусловлено применяемым материалом режущего инструмента.

Достоинства технологического процесса

По мощности и точности оборудование и вся технологическая оснастка в базовом технологическом процессе вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым, к детали и позволяет производить обработку в условиях соответствующих среднесерийному производству.

Таблица 6 – Заводской технологический процесс механической обработки

Операция	T _{шт-к}	Количество установов
10 Токарная	7,54	1
20 Токарная	16	1
30 Токарная	8,98	1
40 Токарная	6,34	1
50 Сверлильная	5,13	1
60 Сверлильная	3,05	
70 Сверлильная	1,61	1

$\Sigma T_{шт-к}=47,93$

При обработке детали Крышка в базовом варианте технологического процесса выполняется семь операций, на каждую из которых приходится один установ заготовки, за исключением операций 50 и 60.

При применении современных обрабатывающих центров становится возможным уменьшить количество установов, что приведет к уменьшению вспомогательного времени связанного с установкой и закреплением детали.

Кроме этого уменьшение количества установов позволяет повысить точность обработки за счет уменьшения погрешности базирования при каждом установе.

Для обработки детали используется специальный и стандартный режущий инструмент; стандартный и специальный контрольный инструмент (штангенциркуль, калибры-пробки, шаблоны, контрольные приспособления).

Назначенные режимы резания обеспечивают заданную точность обработки, но недостаточно экономически выгодны, что обусловлено применяемым материалом режущего инструмента.

Предлагается использовать современное высокопроизводительное оборудование и прогрессивный инструмент, которые будут соответствовать заданному типу производства.

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004-83).

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 изделий, непрерывно изготавливаемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция [9, с.30].

Тип производства ориентировочно может быть определен в зависимости от массы детали и объема выпуска по табл. 7.

Таблица 7 - Зависимость типа производства от объема выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	Единичное	Мелкосерийное	Среднесерийное, тыс.	Крупносерийное, тыс	Массовое, тыс
< 1,0	10	10 – 2000	1,5 – 100	75 – 200	200
1,0 – 2,5	10	10 – 1000	1 – 50	50 – 100	100
2,5 – 5,0	10	10 – 500	0,5 – 35	35 – 75	75
5,0 – 10,0	10	10 – 300	0,3 – 25	25 – 50	50
> 10	10	10 – 200	0,2 – 10	10 – 25	25

При массе детали $m=2,7$ кг и $N_B=15000$ шт, примем тип производства – среднесерийный.

Среднесерийное производство характеризуется изготовлением изделий партиями или сериями, которые запускаются в производство одновременно с периодической повторяемостью.

Технологическое оборудование – универсальное, специализированное и специальное.

Приспособления – специальные, переналаживаемые.

Режущий инструмент – универсальный и специальный.

Измерительный инструмент – специальный (калибры, пробки).

Станки – настроенные; располагают по ходу тех.процесса.

Виды заготовок – прокат, отливки по металлическим моделям, штамповки.

Технологические процессы - маршрутно-операционные и операционные (строятся по принципу дифференции – расчленения).

Квалификация рабочих – различная.

Себестоимость продукции – средняя.

2.2. Выбор заготовки и методов её получения

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильного выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависит характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента и в итоге, стоимость изготовления детали [9, с.42].

На выбор заготовки влияют исходные данные:

- масса детали 2,7 кг;
- габариты детали $\varnothing 220 \times 49$ мм;
- материал – Сталь 35Х ГОСТ 4543-71;
- годовое число деталей 15000 шт.

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						15
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Учитывая заданный материал – сталь 35Х, требуемой точностью изготовления заготовки, объем выпуска и тип производства – для данной детали «Крышка» оптимальный способ получения заготовки – штамповка на горизонтально-ковочной машине [9, с. 46 рис.3.2.].

Наиболее широко ГKM применяются для штамповки деталей, имеющих преимущественно форму тел вращения, усложненных боковыми отростками, поднутрениями, сквозными отверстиями и т.п. На ГKM можно штамповать поковки массой от 0,1 до 100 кг.

На ГKM можно делать поковки с глубокими выемками и отверстиями, тонкими стенками; выступы и буртики на внешних поверхностях поковок можно выполнять небольшой высоты. Благодаря наличию у ГKM двух плоскостей разъема штампов уклоны назначаются только на тех поверхностях поковок, которые при нахождении их в пуансоне или в матрице перпендикулярны направлению действия удара. По форме и размерам штамповки очень близки к готовой детали.

Эти достоинства горизонтально-ковочных машин обеспечивают все большее применение их для производства поковок. Однако следует отметить, что ГKM имеют и ряд недостатков. Например, при работе на горизонтально-ковочной машине возможность заштамповки окалина больше, чем на другом оборудовании. Поэтому приходится предусматривать специальные приспособления для очистки нагретой заготовки от окалины. Применение электронагрева в значительной степени позволяет устранить этот недостаток.

Таким образом, несмотря на некоторые недостатки, штамповка на горизонтально-ковочных машинах является весьма производительным и экономичным процессом.

Определим исходный индекс заготовки

Степень сложности поковки зависит от соотношения массы $G_{п}$ поковки к массе $G_{фиг}$ фигуры в виде цилиндра, призмы или параллелепипеда, описанного вокруг поковки [9, с. 48]:

					ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$K_c = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{фиг}}} = \frac{3,8}{14,62} = 0,25 \quad (6)$$

Что соответствует степени сложности поковок С3 – при $0,16 < K_c < 0,32$.

По содержанию углерода сталь 35Х относится к группе сталей М2.

Класс точности поковки – Т4 (ГОСТ 7505-89).

Ориентировочная величина расчетной массы:

$$M_{\text{п.р.}} = M_{\text{д}} * K_{\text{р}}, \text{ где}$$

$M_{\text{п.р.}}$ – расчетная масса, кг;

$M_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$K_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент (ГОСТ 7505-89).

$$M_{\text{п.р.}} = 2,7 * 1,5 = 4,05 \text{ кг}$$

Исходный индекс при массе поковки 4,05, группе стали М2, степени сложности С3 и классу точности поковки Т4 равен 10 [9., с. 50 таб.3.8.].

2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используются для определения положения изделия в процессе изготовления.

Выделяют основные и вспомогательные технологические базы, черновые и чистовые базы. К основным технологическим базам относят правый торец и поверхность $\varnothing 175\text{f}9$. К вспомогательным базам относят поверхность М95х3-8g и отверстие $\varnothing 80\text{H}9$.

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

В нашем случае черновой базой будет торец «А» и поверхность «Б». Торец «А» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), а поверхность «Б» – 2-х степеней свободы (двух перемещений). Таким образом, базирование не полное.

Схема чернового базирования показана на рисунке 1.

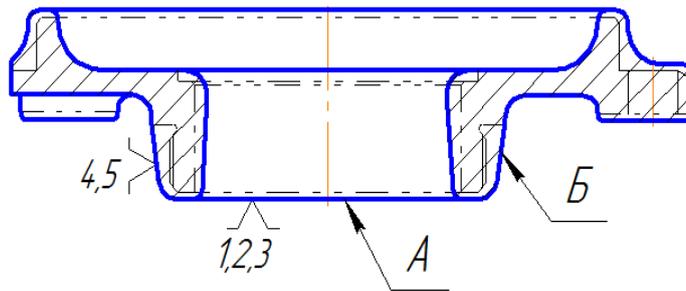


Рисунок 1 – Черновые базы

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

Правый торец «В» – лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), поверхность «Г» лишает деталь 2-х степеней свободы (двух перемещений). Таким образом, базирование полное.

Чистовое базирование представлено на рисунке 2.

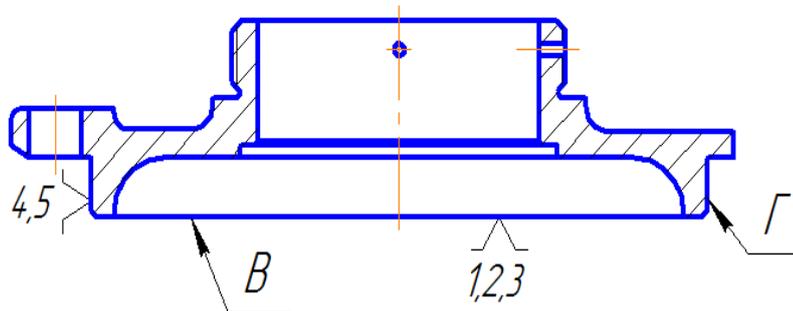


Рисунок 2 – Чистовые базы

Выбранная схема базирования обеспечивает:

- минимально возможное количество установов, что приводит к снижению вспомогательного времени, за счет снижения вспомогательных ходов;
- наиболее полное использование возможностей выбранного современного оборудования.

Принципы базирования – совмещения и постоянства баз – соблюдаются.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.4. Разработка технологического маршрута обработки детали

Основными задачами обработки резанием является изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных конструкторами материалов при минимально возможных производственных затратах. В зависимости от этих требований разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование и режущий инструмент.

Пронумеруем поверхности детали «Крышка корпуса привода» на рисунке 3.

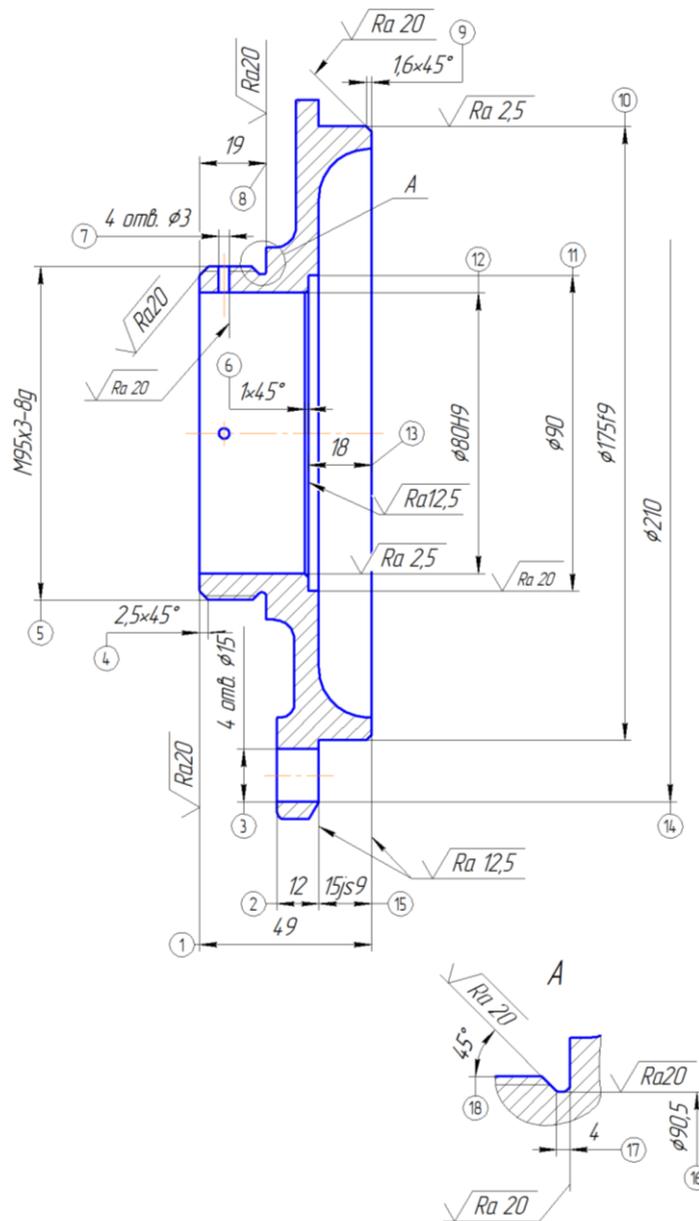


Рисунок 3 – Эскиз детали «Крышка корпуса привода»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

19

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

Таблица 8 – Технологический маршрут обработки детали «Крышка»

Наименование операции, установ	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность (рис.4)
010 Токарная с ЧПУ, установ А	Подрезать торец 51 мм, 15js9 мм; Точить поверхность Ø175,2 мм предварительно Подрезать торец 18 мм Точить поверхность Ø80,2мм предварительно Точить фаски 1,6x45 мм, 1x45 мм	6,9,10,11,12,13,14,15
	Точить поверхности Ø80js9 мм, Ø175js9 мм окончательно	10,12
010 Токарная с ЧПУ, установ Б	Подрезать торцы 22 мм, 19 мм, 49 мм Точить поверхность Ø95,4 мм Точить фаску 2,5x45 мм	1,2,4,5,8
	Точить поверхность Ø95 мм Точить канавку	5,17,19
	Нарезать резьбу М95х3-8g мм	5
	Сверлить 4 отверстия Ø15 мм	
	Сверлить 2 отверстия Ø8 мм	
	Сверлить 4 отверстия Ø3 мм	

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

В базовом варианте количество установов равно семи. В разрабатываемом технологическом процессе планируется производить два установа заготовки с обработкой всех необходимых поверхностей. Уменьшение количества установов существенно снизит долю вспомогательного времени на изготовление детали.

2.5. Выбор средств технологического оснащения

Технологическое оборудование выбирается согласно принятым методам обработки поверхностей. При этом должны учитываться максимальные размеры обрабатываемой детали ($\varnothing 220 \times 53$), значения режимов резания, возможность оборудования обеспечить данные режимы (число оборотов шпинделя, подачу), мощность привода, точность и жесткость оборудования.

В дипломном проекте предлагается использовать токарный станок с ЧПУ T252-2S.

Двухшпиндельный токарный станок T252-2S с ЧПУ предназначен для выполнения широкого спектра сложных токарных операций для изготовления деталей и компонентов средних размеров на основе серийного производства. Высокая производственная мощность, стабильность и скорость выполнения всех токарных работ на различных типах материалов.



Рисунок 4 - Токарный станок ЧПУ T252-2S

Таблица 9 – Техническая характеристика токарного станка

ХАРАКТЕРИСТИКИ	T252-2S
1	2
Максимальный диаметр над станиной, мм	250
Максимальный диаметр над суппортом, мм	250
Максимальный диаметр точения, мм	230
Перемещение по оси X, мм	170+15
Перемещение по оси Z, мм	270/700
Перемещение по оси Y, мм	± 30

Окончание таблицы 9 – Техническая характеристика токарного станка

1	2	
Скорость быстрого перемещения по осям X / Z / Y, м/мин	12/ 20/10	
Диаметр ШВП/шаг (X/Y), мм	32x5 / 40x10	
Направляющие	интегрированные - размер 30 (X1); 30 (X2); 32 (Z1); 40 (Z2); коробчатые направляющие (Y)	
Угол наклона суппорта	45°	
Высота центра шпинделя (от пола), мм	965	
ШПИНДЕЛЬ		
Конец шпинделя	A2-5/A2-6	A2-5/A2-6
Диаметр отверстия шпинделя, мм	51/65	51/65
Диаметр гидропатрона, мм	170/210	170/210
Мощность главного двигателя (постоянно 30 мин), кВт	30	30
Крутящий момент главного двигателя, Нм	140	85,9
Максимальная скорость вращения шпинделя, Об/мин	6000	6000
Привод зажима патрона, мм	Гидравлический	
РЕВОЛЬВЕРНАЯ ГОЛОВА	Револьвер. голова 1	Револьвер. голова 2
Количество позиций	12	12
Количество приводных позиций	12	12
Тип держателя инструмента	VDI 30/ BMT	VDI 30/ BMT
Момент на вращающемся инструменте, Нм	11	11
Ось Y на рев. голове 1	Опция	
Масса, кг	5700	
Габариты	4230 x 1750 x 2050	
Система ЧПУ	Fanuc 0i – TD(Fanuc 32i/ Siemens 828D/ Siemens 840D	

Таким образом, можно сделать вывод, что данный станок соответствует заданным требованиям обработки детали «Крышка» и может выполнять как токарные операции, так и сверлильные, резьбонарезные операции.

2.6. Выбор и описание металлорежущего инструмента

При выполнении данной работы выбор инструмента производился по системе ISO, которая обеспечивает оптимальные и однозначные решения, и находит все большее применение на многих отечественных предприятиях.

Важным фактором повышения эффективности производства является режущий инструмент, доля которого в себестоимости металлообработки

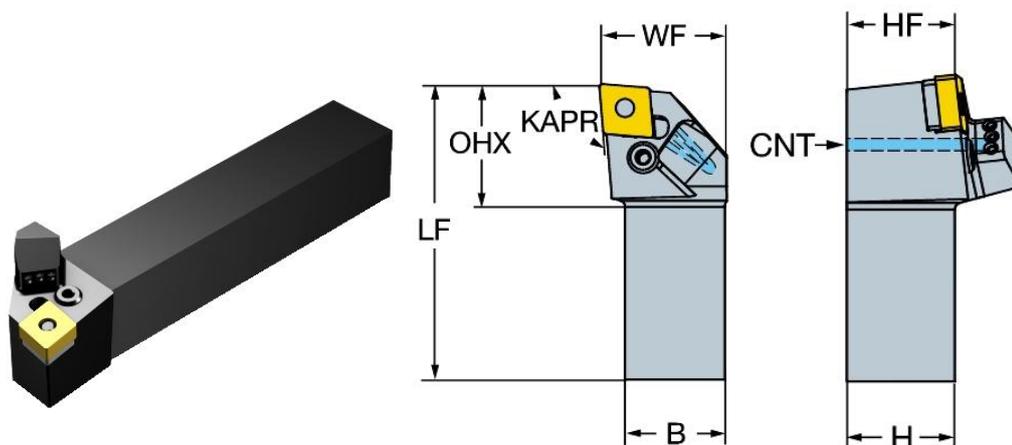
превышает 5%, но от выбора, которого существенно, до нескольких раз, зависят показатели технологического процесса.

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

Операция 010 Токарная с ЧПУ

Переход 1; Переход 3.

Резцовая головка PCLNL 2525M 16HP



Данные о продукции

Главный угол в плане (KAPR) 95 deg

Главный угол в плане (дюйм.) (PSIR) -5 deg

Мах угол врезания (RMPX) 0 deg

Мах вылет (ONX) 32,6 мм

Ширина хвостовика (B) 25 мм

Высота хвостовика (H) 25 мм

Функциональная длина (LF) 150 мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

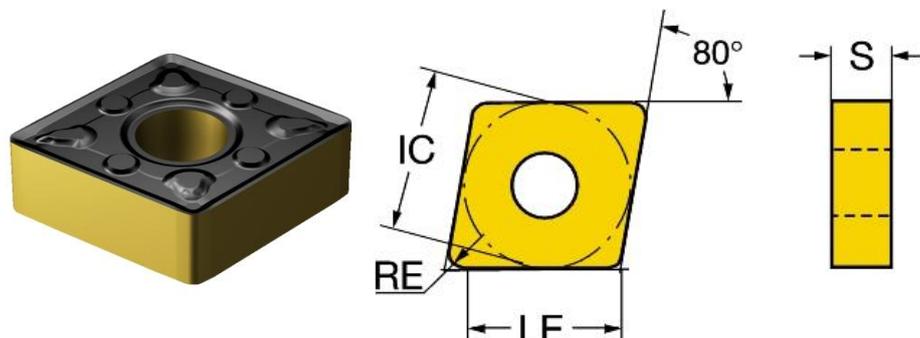
23

Функциональная ширина (WF) 32 мм

Функциональная высота (HF) 25 мм

Эталонная пластина (MIDM) CNMG 16 06 08

Твердосплавная пластина CNMG 16 06 08-WM 4325



Тип операции (CTPT) Medium

Размер и форма пластины (CUTINTSIZESHAPE) CN1606

Форма пластины (SC) C

Эффективная длина режущей кромки (LE) 15,32 мм

Радиус при вершине (RE) 0,794 мм

Угол между главной режущей кромкой и wiper (KRINS) 95 deg

Сплав (GRADE) 4325

Толщина пластины (S) 6,35 мм

Задний угол главный (AN) 0 deg

Рекомендуемые режимы резания:

Глубина резания ap 3.5 мм(0.7-6.5)

Подача fn 0.4 мм/р(0.2-0.7)

Скорость резания vc 305 m/min(395-230)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

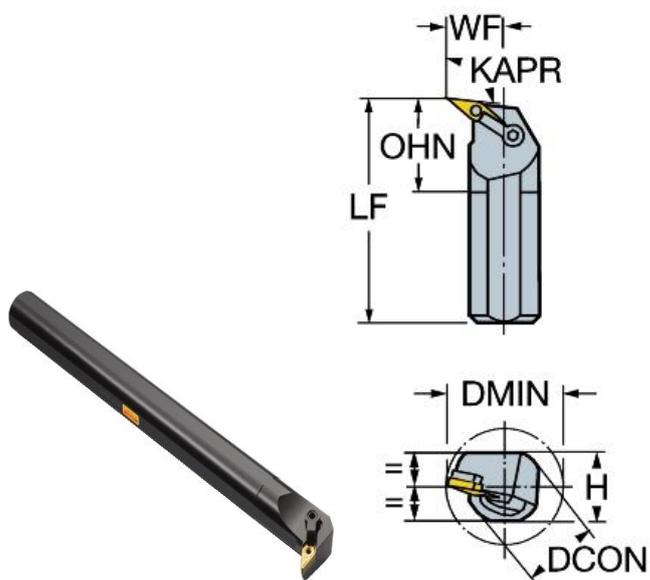
ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

24

Переход 2; переход 4

Резцовая головка RVMJN 20 3



Главный угол в плане (KAPR) 93 deg

Главный угол в плане (дюйм.) (PSIR) -3 deg

Мах угол врезания (RMPX) 50 deg

Мин диаметр отверстия (DMIN1) 57,15 мм

Мин вылет (OHN) 63,5 мм

Мах вылет (OHX) 127 мм

Диаметр соединения (DCON) 31,75 мм

Высота хвостовика (H) 29,972 мм

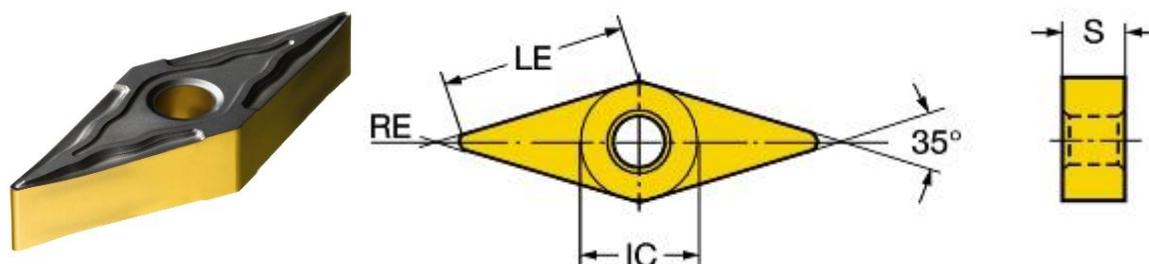
Функциональная ширина (WF) 28,575 мм

Функциональная высота (HF) 0 мм

Диаметр корпуса (BD1) 31,75 мм

Эталонная пластина (MIIDM) VNMG 16 04 04

Твердосплавная пластина VNMG 16 04 04-MF 4325



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

25

Размер и форма пластины (CUTINTSIZESHAPE) VN1604

Диаметр вписанной окружности (IC) 9,525 мм

Форма пластины (SC) V

Эффективная длина режущей кромки (LE) 16,206 мм

Радиус при вершине (RE) 0,397 мм

Сплав (GRADE) 4325

Толщина пластины (S) 4,763 мм

Рекомендуемые режимы резания

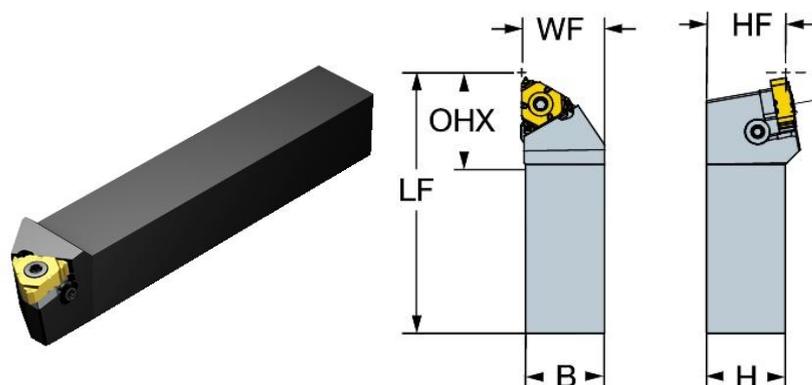
Глубина резания a_p 1 мм(0.5-4)

Подача f_n 0.2 мм/р(0.1-0.3)

Скорость резания v_c 395 м/мин(460-345)

Переход 5

CoroThread 266LFA-1212-16



Мах вылет (ОНХ) 23,4 мм

Ширина хвостовика (В) 12 мм

Высота хвостовика (Н) 12 мм

Функциональная длина (LF) 80 мм

Функциональная ширина (WF) 12,5 мм

Функциональная высота (HF) 12 мм

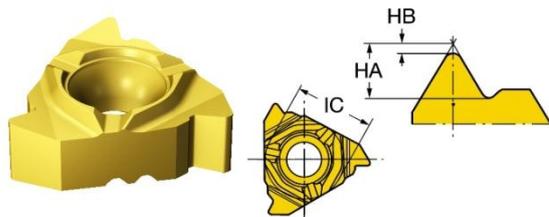
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

26

Твердосплавная пластина CoroThread 266RG-16мм01A300M 1135



Шаг резьбы (TP) 3 мм

Число зубьев (NT) 1

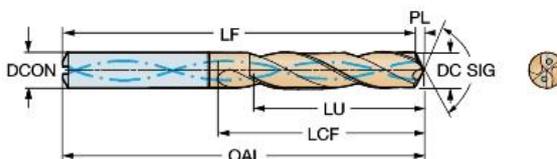
Класс точности резьбы (TCTR) 6

Диаметр вписанной окружности (IC) 9,525 мм

Сплав (GRADE) 1135

Толщина пластины (S) 3,969 мм

Для сверления отверстий будут использоваться сверла серии CoroDrill 860



Переход 6 сверление отверстий диаметром 15 мм

860.1-1500-068A1-мм 2214 CoroDrill 860 15 мм

Диаметр резания (DC) 15 мм

Рабочая длина (LU) 68 мм

Переход 7 сверление отверстий диаметром 8 мм

860.1-0800-024A1-мм 2214 CoroDrill 860 8 мм

Диаметр резания (DC) 8 мм

Рабочая длина (LU) 68 мм

Переход 8 сверление отверстий диаметром 3 мм

860.1-0300-009A1-мм 2214 CoroDrill 860 3 мм

Диаметр резания (DC) 3 мм

Рабочая длина (LU) 48 мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

27

2.7. Расчет припусков

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

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

Расчетно-аналитический метод определения припусков

Для проведения расчета припусков выбирается наиболее ответственный размер, в нашем случае это отверстие $\text{Ø}80H9^{(+0,074)}_{+0}$ изготовленное по 9 качеству точности.

Технологический маршрут обработки отверстия $\text{Ø}80H9^{(+0,074)}_{+0}$.

- растачивание черновое;
- растачивание чистовое;

Определим элементы припуска [28, с. 186 табл.12; с. 188 табл.25] и занесем их в таблицу 10.

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

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

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

$\rho_{конц}$ - отклонение от concentричности примем 1,5 мм

$$\rho = \sqrt{1 + 1,5^2} = 1,800$$

Остаточные пространственные отклонения [4, с. 37]:

- после чернового растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 1,800 = 90 \text{ мкм}$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 1,800 = 72 \text{ мкм}$$

					ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Погрешность установки определим по [4, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 10.

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

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (8)$$

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 10.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np} \quad (9)$$

Максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max i}^{np} - D_{\max i-1}^{np} \quad (10)$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 10.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{оном}} = 2 \cdot Z_{\text{оmin}} + \frac{\sigma_3}{2} - \sigma_3 = 3,274 + \frac{1,6}{2} - 0,074 = 4 \text{ мм}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \sigma_{i-1} - \sigma_i \quad (11)$$

$$4,33 - 2,92 = 1,6 - 0,19 = 1,41 \text{ мм}$$

$$0,47 - 0,534 = 0,19 - 0,074 = 0,116 \text{ мм}$$

На рисунке 6 изобразим графическую схему припусков и допусков.

Таблица 10 - Расчет припусков и допусков на отверстие $\varnothing 80H9^{(+0,074)}_{+0}$

Технологические переходы обработки отверстия $\varnothing 80H9^{(+0,074)}_{+0}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер D_p , мм	Допуск δ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мм	
	R_z	h	ρ	ε				D_{\min}^{np}	D_{\max}^{np}	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	160	200	1800	-	-	75,2	1,6	75,2	76,8	-	-
Предварительное растачивание	25	25	90	140	2*2165	79,53	0,19	79,53	79,72	2,92	4,33
Окончательное растачивание	10	10	72	100	2*235	80	0,074	80	80,074	0,354	0,47

$$2 \cdot Z_{0\min} = 3,274 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 4,8 \text{ мм}$$

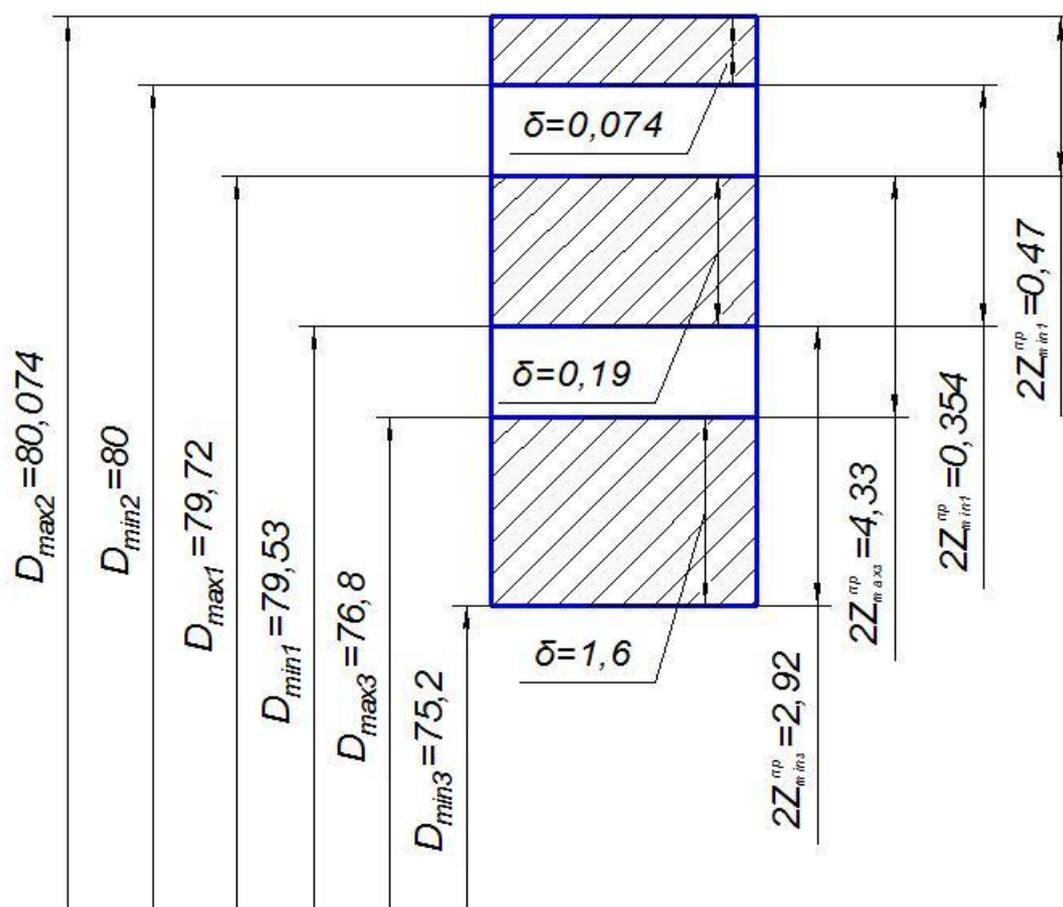


Рисунок 6 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 80H9^{(+0,074)}_{+0}$

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

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

30

Опытно-статистический (табличный) метод расчета припусков

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

Припуски определяются по ГОСТ 7505-89

Таблица 11 - Расчет припусков на механическую обработку и допусков опытно-статистическим методом.

Чертежный размер, мм	Припуск на сторону, мм	Штамповочный размер, мм	Допуск, мм	
			верхнее отклонение	нижнее отклонение
Ø95	2,5	Ø100	+1,3	-0,7
Ø175	2,5	Ø180	+1,4	-0,8
12	1,9	16	+0,9	-0,5
15	1,9	17	+0,5	-0,9
49	2,1	53,2	+1,1	-0,5

С целью технологичности принимаем припуск на сторону для размеров 12, 15, 49 равный 2,0 мм.

2.8. Назначение режимов резания

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

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

Произведем выбор режимов резания по каталогу фирмы «Sandvik Coromant», результаты занесем в таблицу 12.

Таблица 12 - Элементы режима резания операция 010 Токарная с ЧПУ

Наименование операции, перехода, позиции	ap max, мм	fn, мм/об	V, м/мин
1	2	3	4
Операция 010 Токарная с ЧПУ			
Установ А			
Переход 1	3,5	0,4	305
Переход 2	0,2	0,2	395

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

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

31

Окончание таблицы 12 – Элементы режима резания операция 010 Комплексная

1	2	3	4
Установ Б			
Переход 3	5	0,4	305
Переход 4	2,25	0,2	395
Переход 5	1,83	3	140
Позиция 6	7,5	0,2	60
Позиция 7	4	0,12	60
Переход 8	1,5	0,1	60

где a_p – глубина резания, мм;

V_c – скорость резания, м/мин;

f_n – подача, мм/об.

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

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot k_c}{60 \cdot 10^3}, \quad (12)$$

где V_c – скорость резания, м/мин

a_p – глубина резания, мм

f_n – подача, мм/об

k_c удельная сила резания, Н/мм, выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, при твердости детали «Крышка» до 235 НВ удельная сила резания составит $K_c = 2300$ Н/мм, тогда получим

$$P_c = \frac{305 \cdot 3,5 \cdot 0,4 \cdot 2300}{60 \cdot 10^3} = 16,3683 \text{ кВт}$$

Рассчитаем потребляемую мощность на каждом переходе, полученные результаты занесем в таблицу 13.

Таблица 13 – Потребляемая мощность

Наименование операции, перехода, позиции	a_p max, мм	f_n , мм/об	V , м/мин	P_c , кВт
1	2	3	4	5
Операция 010 Токарная с ЧПУ				
Установ А				

Окончание таблицы 13 – Потребляемая мощность

1	2	3	4	5
Переход 1	3,5	0,4	305	16,3683
Переход 2	0,2	0,2	395	0,605
Установ Б				
Переход 3	5	0,4	305	23,3833
Переход 4	2,25	0,2	395	6,81375
Переход 5	1,83	3	140	29,463
Позиция 6	7,5	0,2	60	3,45
Позиция 7	4	0,12	60	1,104
Переход 8	1,5	0,1	60	0,27083

По паспортным данным станка максимальная мощность главного привода 30 кВт, что немного больше максимально необходимой мощности при точении.

По паспортным данным станка максимальная мощность привода инструмента в револьверной головке 7,1 кВт, что больше максимально необходимой мощности при сверлении.

2.9. Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы (операции) при определенных организационно-технических условиях.

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции [9, с.99].

Технические нормы времени в условиях серийного производства определяются по формуле:

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{пз}}{n} + T_{шт.} \quad (13)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, мин.;

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

n – размер партии деталей, шт.

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

Штучное время:

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обс} + t_{отд} \quad (14)$$

где $t_{осн}$ – основное время, мин.;

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

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

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

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

$$t_{осн} = \frac{L_{расч}}{S_{мин}} \quad (15)$$

где $L_{расч}$ – расчётная длина, мм;

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин.;

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

$$t_{вс} = t_{ус} + t_з + t_{уп} + t_{изм} \quad (16)$$

Оперативное время:

$$t_{оп} = t_{осн} + t_{всп} \quad (17)$$

Время на обслуживание рабочего места, затрачиваемое на смазывание станка, смену инструмента, удаление стружки, подготовка станка к работе в

начале смены и приведение его в порядок после окончания работы (определяется в процентах от оперативного времени):

$$t_{\text{обс}} = 0,06 \cdot (t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}) = 0,06 \cdot t_{\text{оп}} \quad (18)$$

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

$$t_{\text{отд}} = 0,04 \cdot (t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}}) = 0,04 \cdot t_{\text{оп}} \quad (19)$$

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

Основное время

Переход 1

$$t_{\text{осн1}} = \frac{133}{185} = 0,72 \text{ мин}$$

Переход 2

$$t_{\text{осн2}} = \frac{68}{119} = 0,57 \text{ мин}$$

$$t_{\text{осн1-2}} = 0,72 + 0,57 = 1,29 \text{ мин}$$

Вспомогательное время

$$t_{\text{ус}} = 0,17 \text{ мин}$$

$$t_3 = 0,17 \text{ мин}$$

$$t_{\text{уп}} = 0,15 \text{ мин}$$

$$t_{\text{изм}} = 1,75 \text{ мин}$$

$$t_{\text{вс}} = 0,17 + 0,17 + 0,15 + 1,75 = 2,24 \text{ мин}$$

Время на обслуживание рабочего места

$$t_{\text{обс}} = 0,06(2,24 + 1,29) = 0,21 \text{ мин}$$

Время на отдых и личные потребности

$$t_{\text{отд}} = 0,06(2,24 + 1,29) = 0,14 \text{ мин}$$

Штучное время

$$t_{\text{ш}} = 1,29 + 2,24 + 0,21 + 0,14 = 3,88 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время

$$t_{\text{шк.к}} = 3,88 + \frac{19,8}{177} = 3,99 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Для остальных переходов нормы времени определим аналогично, а результаты занесем в таблицу 14.

Таблица 14 - Технические нормы времени операция 010 Токарная с ЧПУ, мин

Операция, переход	t _о	t _в			t _{об}	t _{от}	t _{шт}	t _{п.з.}	t _{шт.к}
		t _{ус}	t _{уп}	t _{изм}					
Установ А		0,34	0,15	1,75	0,21	0,14	3,88	19,8	3,99
Переход 1	0,72								
Переход 2	0,57								
Установ Б		0,34	0,15	2,03	0,22	0,15	4,19	19,8	4,08
Переход 3	0,61								
Переход 4	0,23								
Переход 5	0,04								
Переход 6	0,35								
Переход 7	0,15								
Переход 8	0,09								

$$\Sigma t_{шт.к} = 8,07$$

Сравним технические нормы времени базового технологического процесса с проектируемым, результаты сравнения занесем в таблицу 15.

Таблица 15 – Сравнение базового и проектируемого вариантов

Базовый вариант		Проектируемый вариант	
1	2	3	4
Наименование операции Оборудование	Время, шт.к	Наименование операции Оборудование	Время, шт.к
10 Токарная Тв-22-10	7,56	10 Токарная с ЧПУ Т252-2S	8,07
20 Токарная Тв-22-10	15,18		
30 Токарная Тв-22-10	9		
40 Токарная Тв-22-10	6,42		
50 Сверлильная СР5-16	5,16		
60 Сверлильная СР5-16	3,06		
70 Сверлильная СР5-16	1,62		
Итого:	47,93		8,07

Из таблицы видно, что штучно-калькуляционное время в проектируемом варианте сокращается почти в 6 раз.

3. СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ЗАЖИМНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Основную группу технологической оснастки составляют приспособления механосборочного производства. Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства к технологическому оборудованию, используемые при выполнении операций обработки, сборки и контроля.

Применение приспособлений позволяет: устранить разметку заготовок перед обработкой, повысить её точность, увеличить производительность на операции, снизить себестоимость продукции, облегчить условия работы и обеспечить её безопасность, сократить число рабочих необходимых для выпуска продукции.

Для базирования заготовки детали «Крышка» выбран трехкулачковый самоцентрирующийся патрон с механизированным приводом.

Механизированный привод устанавливается на конце шпинделя противоположном патронному концу. Обычно это вращающийся гидроцилиндр, пневмоцилиндр или пневмокамера.

Гидроцилиндр имеет много достоинств, в частности – большое усилие зажима заготовки, равномерность захвата кулачками заготовки, плавность работы. Вместе с этим, гидроприводы более дорогие, требуют наличия у станка автономной гидросистемы.

Пневмоцилиндр сочетает в себе достаточное усилие зажима, относительную плавность работы, дешевизну, не требует отдельного источника сжатого воздуха, а питается из цеховой сети сжатого воздуха.

В качестве исходного механизированного привода принимается пневмоцилиндр двустороннего действия с односторонним штоком. Параметры определяются расчетным путем, после чего подбирается стандартный пневмоцилиндр.

Таким образом приспособление для зажима заготовки представляет собой комбинацию пневмотического цилиндра и трехкулачкового

самоцентрирующегося патрона. При подаче воздуха в штоковую полость, поршень перемещается в сторону, противоположную патрону, рычаги сдвигают кулачки, осуществляется зажим заготовки.

Перемещение поршня цилиндра осуществляется специальным пневмопереключателем двухстороннего действия. В цилиндр воздух подается через специальную вращающуюся пневматическую муфту. Переключатель, муфта, цилиндр и цеховая магистраль сжатого воздуха соединены между собой воздухопроводной арматурой через пункт подготовки сжатого воздуха, включающий фильтры, влагоотделители и прочее.

При токарных операциях наибольшее значение имеет сила P_z , по которой обычно производится расчет. Сила P_z стремится повернуть заготовку в патроне. Этому препятствует сила зажима заготовки в патроне.

В патронах с рычажным перемещением суммарное усилие зажима всеми кулачками патрона определяется по формуле:

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (20)$$

где K – коэффициент запаса, принимается равным от 1,3 до 1,6

P_z – сила резания, проворачивающая заготовку в кулачках, Н

R_0 – радиус обрабатываемой поверхности, мм

R – радиус, на котором осуществляется усилие зажима, мм

f – коэффициент трения для рифленной поверхности кулачков, принимается равным 1,0.

Сила резания P_z определяется по формуле

$$P_z = K_c \cdot a_p \cdot f_n \quad (21)$$

где K_c – удельная сила резания, Н/мм, выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, при твердости детали «Крышка» до 235 НВ удельная сила резания составит $K_c = 2300$ Н/мм

a_p – глубина резания, мм

f_n – подача, мм/об

Таблица 15 - Определи силу Pz для каждой операции обработки

Наименование операции, перехода, позиции	t max, мм	So, мм/об	Pz, Н
Операция 010 Токарная с ЧПУ			
Установ А			
Переход 1	3,5	0,4	3220
Переход 2	0,1	0,2	46
Установ Б			
Переход 3	5	0,4	4600
Переход 4	2.25	0,2	1035
Переход 5	1,83	3	12627

Максимальная сила резания на пятом переходе, будет использоваться для дальнейших расчетов

Определим суммарное усилие зажима всеми кулачками патрона

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot R_o}{f \cdot R} = \frac{1,5 \cdot 12627 \cdot 47,5}{1 \cdot 87,5} = 10282 \text{ Н}$$

Требуемое усилие на штоке механизированного привода для патрона рычажного типа определяется по формуле

$$Q = K_1 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \alpha \cdot \mu}{h}\right) \cdot \frac{l_1}{l} \cdot W \quad (22)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий дополнительные силы трения в патроне

α – расстояние от середины силы зажима до середины направляющего паза кулачка, мм

μ – коэффициент трения между направляющей поверхностью кулачка и пазом корпуса патрона, принимается равным от 0,15 до 0,2

h – длина направляющего паза кулачка

l_1 и l – длины плеч рычага патрона, мм

$$Q = 1,2 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 28 \cdot 0,2}{100}\right) \cdot \frac{39}{95} \cdot 10282 = 9090 \text{ Н}$$

Расчет параметров привода

Для определения диаметра пневмоцилиндра, необходимого для получения требуемого усилия, определяют фактическое усилие на штоке, в штоковой области цилиндра

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot n \quad (23)$$

где D - диаметр поршня пневмоцилиндра, мм (выбирается из нормального ряда размеров пневмоэлементов: 75, 100, 125, 200, 250, 300, 350 мм)

d - диаметр штока поршня, мм (выбирается из нормального ряда размеров пневмоэлементов: 25, 32, 45)

p - рабочее давление в пневмосистемах, рабочее давление в система равно 0,63 МПа

n - КПД пневмосистемы принимается равным 0,9

Подставляя значения диаметров штоков и поршней при постоянных p и n получаем:

$$D=160 \text{ мм}, d=45 \text{ мм}, Q=10498 \text{ Н}$$

Фактическое усилие на штоке больше расчетного, условие безопасного закрепления заготовки выполняется.

4. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

При использовании ЧПУ появляется принципиально новый элемент технологического процесса – управляющая программа, для разработки и отладки которой требуются дополнительные затраты средств и времени.

Существенной особенностью технологического проектирования для станков с ЧПУ является необходимость точной увязки траектории автоматического движения режущего инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки.

Расширенные технологические возможности станков с ЧПУ обуславливают некоторую специфику решения таких традиционных задач технологической подготовки, как проектирование операционного технологического процесса, базирование детали, выбор инструмента и т.д.

На стадии разработки технологического процесса необходимо определить обрабатываемые контуры и траекторию движения инструмента в процессе обработки, установить последовательность обработки контуров.

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ.

Система ЧПУ SINUMERIK 840D представляет собой цифровую комплексную систему, предназначенную, прежде всего, для сложных задач обработки и характеризующуюся высокой динамикой и точностью. С ее помощью могут быть решены любые задачи управления станками, манипуляторами и специальными инструментами.

В таблице 16 приведена управляющая программа для обработки детали «Крышка корпуса привода»

Таблица 16 - Управляющая программа обработки детали «Крышка корпуса привода»

Номер кадра	Команда
1	2
N005	T1 D1 M06; ustanov A perehod 1
N010	G54 G90 G18 G95 G96
N015	M03 M08 S305
N020	G0 X600 Z300
N025	G0 X227.32 Z-20
N030	G1 X210 Z-15 F0.4
N035	G1 X175
N040	G0 X220 Z-6.81
N045	G0 Z0
N050	G1 X152
N055	G0 X162 Z4.9
N060	G1 X175 Z-1.6
N065	G1 Z-15
N070	G0 X220 Z-6.81
N075	G0 Z4.9
N080	G0 X-72
N085	G0 Z-18
N090	G1 X-90 Z-18
N095	G0 X-72 Z-15
N100	G0 X-90 Z-12
N105	G1 Z-18
N110	G0 X-84 Z-17
N115	G1 X-80 Z-19
N120	G1 Z-56
N125	G0 X-72
N130	G0 Z4.9
N135	G0 X600 Z300
N140	M05 M09
N145	T2 D2 M06; perehod 2
N150	M03 M08 S395
N155	G0 X175 Z5
N160	G1 Z-15 F0.2
N165	G0 X188.8 Z-11
N170	G0 Z5
N175	G0 X-80
N180	G0 Z-8
N185	G1 Z-56
N190	G0 X-67.88 Z-52.5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

42

Продолжение таблицы 16 - Управляющая программа обработки детали
«Крышка корпуса привода»

1	2
N195	G0 Z5
N200	G0 X600 Z300
N205	M05 M09
N210	M01
N215	T1 D1 M06; ustanov B perehod 3
N220	G54 G90 G18 G95 G96
N225	M03 M08 S305
N230	G0 X230 Z-22
N235	G1 X152 F0.4
N240	G0 Z-19
N245	G0 X116
N250	G1 X95
N255	G0 X116 Z-14.5
N260	G0 Z0
N265	G1 X70
N270	G0 X80 Z5
N275	G1 X95 Z-2.5
N280	G1 Z-19
N285	G0 X116 Z-14.5
N290	G0 X600 Z300
N295	M05 M09
N300	T2 D2 M06; perehod 4
N305	M03 M08 S395
N310	G0 X95 Z7.5
N315	G1 Z-1.5 F0.2
N320	G1 X90.7928 Z-17.1036
N325	G2 X90.5 Z-17.4571 CR=0.5
N330	G1 Z-18
N335	G2 X92.5 X-19 CR=1
N340	G0 X120 Z-13
N345	G0 X600 Z300
N350	M05 M09
N355	T3 D3 M06; perehod 5
N360	M03 M08 S140
N365	G0 X92.5 Z5
N370	G1 Z-18 F3
N375	G0 X120 Z-12
N380	G0 X600 Z300
N385	M05 M09

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.122 ПЗ

Лист

43

Продолжение таблицы 16 - Управляющая программа обработки детали
«Крышка корпуса привода»

1	2
N390	T4 D4 M06; perehod 6, sverlenie 15 mm
N395	G55 G90 G95 G96 SPCON
N400	M03 M08 S60 TRANSMIT
N403	G17 ACN(125)
N405	G0 X97.5
N410	G18 G0 Z70
N415	G0 Z-12
N420	G1 Z-38 F0.2
N425	G1 Z-12 F2
N430	G0 Z70
N435	G17 ACN(225)
N440	G18 G0 Z70
N445	G0 Z-12
N450	G1 Z-38 F0.2
N455	G1 Z-12 F2
N460	G0 Z70
N465	G17 ACN(232)
N470	G18 G0 Z70
N475	G0 Z-12
N480	G1 Z-38 F0.2
N485	G1 Z-12 F2
N490	G0 Z70
N495	G17 ACN(50)
N500	G18 G0 Z70
N505	G0 Z-12
N510	G1 Z-38 F0.2
N515	G1 Z-12 F2
N520	G0 Z70
N525	G17 G0 X600 Y-300
N530	M05 M09 SPCOF
N535	T45 D5 M06; perehod 7, sverlenie 8 mm
N540	G55 G90 G95 G96
N545	M03 M08 S60
N550	G17 G0 X45.5411 Y-86.9811
N555	G18 G0 Z70
N560	G0 Z-12
N565	G1 Z-38 F0.12
N570	G1 Z-12 F2
N575	G0 Z70

Окончание таблицы 16 - Управляющая программа обработки детали «Крышка корпуса привода»

N580	G17 G0 X-82.1066 Y52.5809
N585	G18 G0 Z70
N590	G0 Z-12
N595	G1 Z-38 F0.2
N600	G1 Z-12 F2
N605	G0 Z70
N610	G17 G0 X600 Y-300 TRAFOOF
N615	M05 M09
N620	T6 D6 M06; perehod 8, sverlenie 3 mm
N625	G55 G90 G95 G97
N630	M03 M08 S5000 SPCON
N635	G17 G0 X115 Y0
N640	G0 X50
N645	G1 X37 F0.1
N650	G1 X50 F2
N655	G0 X115
N660	ACN(90)
N670	G0 X50
N680	G1 X37 F0.1
N690	G1 X50 F2
N695	G0 X115
N700	ACN(180)
N705	G0 X50
N710	G1 X37 F0.1
N715	G1 X50 F2
N720	G0 X115
N725	ACN(270)
N730	G0 X50
N735	G1 X37 F0.1
N740	G1 X50 F2
N745	G0 X115
N750	G0 X600 Y-300
N755	M05 M09
N760	M2

Краткий обзор команд применяемых в программе обработки приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Частичная расшифровка команд

Команда	Расшифровка
G54	Активизация смещения нулевой точки детали №1
G55	Активизация смещения нулевой точки детали №2
G90	Программирование в абсолютных размерах
G18	Выбор плоскости программирования XZ
G17	Выбор плоскости программирования XY
G95	Подача с мм/об
G96	Постоянная скорость резания
G97	Постоянное число оборотов шпинделя
G0	Ускоренное перемещение
G1	Перемещение с заданной подачей
M06	Смена инструмента
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M08	Включение подачи СОЖ
M05	Выключение вращения шпинделя
M09	Выключение подачи СОЖ
M1	Останов с подтверждением
M2	Конец программы
T	Номер инструмента
D	Номер коррекции инструмента
ACN()	Абсолютный поворот на заданный угол
SPCON	Переключение мастер-шпинделя из режима управления по скорости в режим ориентации
TRANSMIT	Торцевая обработка в токарных деталях в токарном зажиме (сверление, фрезерование)
TRAFOOF	Выключает активную трансформацию
S	Частота вращения шпинделя
F	Подача
X	Ось
Z	Ось
Y	Ось
CR	Радиус для круговой интерполяции

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

В экономической части дипломного проекта выполняется расчет капитальных затрат и определяется экономическая эффективность разрабатываемого мероприятия. Сравниваются два варианта, базовый и предлагаемый, технологические процессы путем расчета себестоимости работ по каждому из вариантов и определения условно-годовой экономии. Сначала проводится расчет для отдельных деталиеопераций, а затем затраты по рассматриваемым деталиеоперациям суммируются. Полученная условно-годовая экономия сопоставляется с капитальными затратами [экономика].

При совершенствовании проекта были учтены: тип производства – среднесерийное, материал – Сталь 35Х ГОСТ 4543-71; применен прогрессивный инструмент, разработана управляющая программа.

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

Исходные данные

1. Годовая программа выпуска деталей $N = 15000$ шт.
2. Технические нормы времени по операциям $t_{шт.к} = 8,07$ мин.
3. Режим работы предприятия (цеха) – двухсменный – 16ч.
4. Стоимость оборудования 8135 тыс. руб.

5.1. Определение капитальных вложений

Размер капитальных вложений определяется по формуле:

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прг} \quad (24)$$

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

$K_{прс}$ – капитальные вложения в приспособления, р.; т.к. в разрабатываемом технологическом процессе не требуется применение специальных приспособлений, то затрат на приспособления нет;

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

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

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле:

$$q = \frac{t_{\text{шт.к}} \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{ВН}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (25)$$

где $t_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время операции, мин.;

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

$N_{\text{год}} = 15000$ шт.;

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

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

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

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \left(1 - \frac{k_{\text{р}}}{100} \right), \quad (26)$$

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

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

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 117 – количество выходных и праздничных дней; 248 – количество рабочих дней. Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при двухсменной работе: $F_{\text{н}} = 3968$ ч.

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

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

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (25) для базового варианта:

$$q(\text{баз.}) = \frac{t_{\text{шт.к}} \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{ВН}} \cdot k_3 \cdot 60} = \frac{47,93 \cdot 15000}{3610 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 60} = 4,42 \text{ шт.}$$

Принимаемое количество станков – 5 шт.

Для проектируемого варианта. Полученные данные заносим в таблицу 18.

$$q(\text{проект.}) = \frac{t_{\text{шт.к}} \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{ВН}} \cdot k_3 \cdot 60} = \frac{8,07 \cdot 15000}{3610 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 60} = 0,745 \text{ шт.}$$

Принимаемое количество станков – 1 шт.

Таблица 18 – Сводная ведомость оборудования для проектируемого варианта

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт	Стоимость одного станка, тыс.р.
Токарный станок	T252-2S	1	30	8135

Капитальные вложения в оборудования ($K_{\text{об}}$) с учетом загрузки станка составляют $0,74 \cdot 8135 = 6851,25$ тыс.р.

5.2. Расчет технологической себестоимости детали

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

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [23, с.24]:

$$C = Z_{\text{м}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{и}}, \quad (27)$$

где $Z_{\text{м}}$ – затраты на материалы(заготовки), р.;

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

$Z_{\text{э}}$ – зарплата на технологическую энергию, р.;

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

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

Затраты на материалы

$$Z_{\text{м}} = (M_3 \cdot Q_3 - M_{\text{отх}} \cdot Q_{\text{отх}}) \cdot K_{\text{тр}}$$

где: M_3 – вес заготовки, кг;

Q_3 – цена за один килограмм материалы заготовки, р.;

$M_{отх}$ – вес отходов, кг;

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

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

Для существующего технологического процесса:

$$M_3=14,61 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 39,5 \text{ руб.}$$

$$M_{отх} = 11,91 \text{ кг}$$

$$Q_{отх} = 29,8 \text{ руб}$$

$$K_{тр}=1,05$$

$$Z_m = (14,61 \cdot 39,5 - 11,91 \cdot 29,8) \cdot 1,05 = 233,28 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составят:

$$Z_m = 233,28 \cdot 15000 = 3499200 \text{ руб}$$

Для проектируемого технологического процесса:

$$M_3=3,8 \text{ кг}$$

$$Q_3 = 39,5 \text{ руб.}$$

$$M_{отх} = 1,1 \text{ кг}$$

$$Q_{отх} = 29,8 \text{ руб}$$

$$K_{тр}=1,05$$

$$Z_m = (14,61 \cdot 39,5 - 1,1 \cdot 29,8) \cdot 1,05 = 123,18 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составят:

$$Z_m = 123,18 \cdot 15000 = 1847700 \text{ руб}$$

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [23, с.26]:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_n + Z_з + Z_k + Z_{тр}, \quad (28)$$

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

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

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

Z_3 - основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

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

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

При сдельной оплате труда

$$Z_{пр} = C_T \cdot t \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p$$

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

t – штучно-калькуляционное время, ч.;

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

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

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

k_p – районный коэффициент, $k_p=1,15$

Численность станочников вычисляем по формуле [23, с.26]:

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p \cdot 60}, \quad (29)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1805 ч;

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

t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 15000$ шт.

Для существующего технологического процесса:

Токарная операция:

$C_T = 105,2$ р.;

$t = 0,635$ ч. – для токарей;

					ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$k_{\text{MH}}=0,49;$$

$$k_{\text{доп}}=1,2$$

$$k_{\text{есн}}=1,3$$

$$k_{\text{р}}=1,15$$

$$Z_{\text{пр}} = 105,2 \cdot 0,635 \cdot 0,49 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 58,7 \text{ р.}$$

Численность станочников:

$$F_{\text{р}} = 1805 \text{ ч.}$$

$$k_{\text{MH}} = 0,49$$

$$t = 38,86 \text{ мин}$$

$$N_{\text{год}} = 15000 \text{ шт.}$$

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{38,86 \cdot 15000 \cdot 1}{1805 \cdot 60} = 5,4$$

Сверлильная операция:

$$C_{\text{т}} = 110,8 \text{ р.};$$

$$t = 0,164 \text{ ч.} - \text{для сверловщиков};$$

$$k_{\text{MH}}=0,49;$$

$$k_{\text{доп}}=1,2$$

$$k_{\text{есн}}=1,3$$

$$k_{\text{р}}=1,15$$

$$Z_{\text{пр}} = 110,8 \cdot 0,164 \cdot 0,49 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 15,6 \text{ р.}$$

Численность станочников:

$$F_{\text{р}} = 1805 \text{ ч.}$$

$$k_{\text{MH}} = 0,49$$

$$t = 9,79 \text{ мин}$$

$$N_{\text{год}} = 15000 \text{ шт.}$$

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{9,79 \cdot 15000 \cdot 1}{1805 \cdot 60} = 1,3$$

Для проектируемого технологического процесса:

$$C_{\text{т}} = 128,5 \text{ р.};$$

$$t = 0,1345 \text{ ч.};$$

$$k_{\text{доп}}=1,2$$

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

$$k_{\text{есн}}=1,3$$

$$k_p=1,15$$

$$Z_{\text{пр}} = 128,5 \cdot 0,1345 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,15 = 31,0 \text{ р.}$$

$$F_p = 1805 \text{ ч.}$$

$$t = 8,07 \text{ мин}$$

$$N_{\text{год}} = 15000 \text{ шт.}$$

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{8,07 \cdot 15000 \cdot 1}{1805 \cdot 60} = 0,54$$

Принимаемая численность рабочих, а также затраты на заработанную плату производственных рабочих заносятся в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на заработную плату станочников по существующему технологическому процессу

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р	Расчётная численность станочников, чел.
Токарная	3	105,2	0,635	58,7	5,4
Сверлильная	3	110,8	0,164	15,6	1,3
Сумма				74,3	6,7

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Ззп = 74,3 \cdot 15000 = 1145000 \text{ р}$$

Таблица 20 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому технологическому процессу

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р	Расчётная численность станочников, чел.
Комбинированная с ЧПУ	3	128,5	0,1345	30,05	0,54
Сумма				30,05	0,54

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Ззп = 30,05 \cdot 15000 = 450750 \text{ р}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$Z_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_p \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_p \cdot k_{\text{есн}}}{N_{\text{год}}}, \quad (30)$$

где $C_T^{всп}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

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

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

k_p – районный коэффициент, $k_p = 1,15$;

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

$k_{ссп}$ – коэффициент, учитывающий страховые взносы, $k_{ссп} = 1,3$

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 15000$ шт.;

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{нал(эл)} = \frac{g_{п} \cdot n}{H}, \quad (31)$$

где $g_{п}$ – расчетное количество оборудования,

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

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

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

Для существующего технологического процесса:

$$Ч_{нал} = \frac{4,42 \cdot 2}{8} = 1,1$$

$$Ч_{тр.} = 1,1 \cdot 0,05 = 0,055 \text{ чел.};$$

$$Ч_{контр.} = 1,1 \cdot 0,07 = 0,077 \text{ чел.}$$

$$З_{нал} = \frac{79,5 \cdot 1805 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 18,88 \text{ р.}$$

$$З_{тр} = \frac{59,7 \cdot 1805 \cdot 0,055 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 0,7 \text{ р.}$$

$$З_{контр} = \frac{69,7 \cdot 1805 \cdot 0,077 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 1,16 \text{ р.}$$

Для проектируемого технологического процесса

$$Ч_{нал} = \frac{0,74 \cdot 2}{8} = 0,185$$

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,74 \cdot 2}{8} = 0,185$$

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,185 \cdot 0,05 = 0,02 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,185 \cdot 0,07 = 0,03 \text{ чел.}$$

$$З_{\text{нал}} = \frac{79,5 \cdot 1805 \cdot 0,185 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 3,17 \text{ р}$$

$$З_{\text{эл}} = \frac{79,5 \cdot 1805 \cdot 0,185 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 3,17 \text{ р}$$

$$З_{\text{тр}} = \frac{59,7 \cdot 1805 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 0,25 \text{ р}$$

$$З_{\text{контр}} = \frac{69,7 \cdot 1805 \cdot 0,03 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3}{15000} = 0,45 \text{ р}$$

Таблица 21 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по существующему технологическому процессу

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	79,5	1,1	18,88
Транспортный рабочий	59,7	0,055	0,7
Контролер	69,7	0,077	1,16
Итого		1,23	20,74

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{всп}} = 20,74 \cdot 15000 = 311100 \text{ р.}$$

Таблица 22 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому технологическому процессу

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	79,5	0,185	3,17
Электронщик	79,5	0,185	3,17
Транспортный рабочий	59,7	0,02	0,25
Контролер	69,7	0,03	0,45
Итого		0,42	7,04

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{всп}} = 7,04 \cdot 15000 = 105600 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (23):

Для существующего технологического процесса

$$Z_{эл} = 1145000 + 311100 = 1570600 \text{ р.}$$

Для проектируемого технологического процесса

$$Z_{эл} = 450750 + 105600 = 556350 \text{ р.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле [23, с.28]:

$$Z_{э} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вp} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн} \cdot 60} \cdot Ц_э, \quad (32)$$

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

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

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

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

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

η – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка);

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

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

Производим расчеты по вариантам

$$Z_{ТВ-22-10} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 38,86 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 2,87 \text{ р.}$$

$$Z_{Ср-5-16} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 9,79 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,54 \text{ р.}$$

$$Z_{Т252-2S} = \frac{30 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 8,07 \cdot 3,5}{0,9 \cdot 1,02 \cdot 60} = 4,48 \text{ р.}$$

Полученные результаты внесем в таблицы 23 и 24.

Таблица 23 – Затраты на электроэнергию по существующему технологическому процессу

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
ТВ-22-10	4	38,86	2,87
СР-5-1Б	3	9,79	0,54
Итого			3,41

Определим затраты на электроэнергию плату за год:

$$З_3 = 3,41 \cdot 15000 = 51150 \text{ р.}$$

Таблица 24 – Затраты на электроэнергию по проектируемому технологическому процессу

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
T252-2S	30	8,07	4,48
Итого			4,48

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_3 = 4,48 \cdot 15000 = 67200 \text{ р.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (33)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [26]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн} \cdot 60}, \quad (34)$$

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

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

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

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

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

Затраты на ремонт технологического оборудования, приходящиеся на одну деталиеоперацию:

$$C_{рем} = \frac{C_{об} \cdot K_p \cdot q_p}{N \cdot 100} \quad (35)$$

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

q_p – расчетное количество оборудования

N – годовая программа выпуска, шт.

$$C_{ам(ТВ-22-10)} = \frac{694000 \cdot 0,12 \cdot 38,86}{3610 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 60} = 19,91$$

$$C_{ам(СР5-1Б)} = \frac{275000 \cdot 0,12 \cdot 9,07}{3610 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 60} = 1,98$$

$$C_{ам(Т252-2S)} = \frac{6440000 \cdot 0,08 \cdot 8,07}{3610 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 60} = 25,58$$

$$C_{рем(ТВ-22-10)} = \frac{694000 \cdot 2,6 \cdot 3,58}{15000 \cdot 100} = 4,31$$

$$C_{рем(СР5-1Б)} = \frac{275000 \cdot 2,6 \cdot 0,6}{15000 \cdot 100} = 0,28$$

$$C_{рем(Т252-2S)} = \frac{6440000 \cdot 2,2 \cdot 0,74}{15000 \cdot 100} = 7,03$$

Результаты расчетов затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся в таблицы 25 и 26.

Таблица 25 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования существующего технологического процесса

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
ТВ-22-10	694	4	12	38,86	19,91	4,31
СР5-1Б	275	1	12	9,07	1,98	0,28
Итого					21,89	4,59

Таблица 26 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемого технологического процесса

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Кол-во, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
T252-2S	8135	1	8	8,07	25,58	7,03
Итого					25,58	7,03

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (28):

$$Z_{\sigma} = 21,89 + 4,59 = 26,48 \text{ р.}$$

$$Z_{\pi} = 25,58 + 7,03 = 32,61 \text{ р.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_{\pi} \cdot C_{\pi}}{T_{ст} \cdot (\beta_{\pi} + 1)} \cdot T_{м} \cdot \eta_{и}, \quad (36)$$

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

β_{π} – число переточек;

C_{π} – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

$T_{м}$ – машинное время;

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

Таблица 27 – Исходные данные расчета затрат базового варианта

наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, мин	кол-во переточек	стоимость одной переточки, руб	маш. время	коэф.у были	затраты
резец	T110K8Б	310	100	10	40	7,56	1,05	5,1
	T5K10	310	100	10	40	15,36	1,05	10,4
сверло	Ø15 ГОСТ 10903-73	200	80	12	30	5,16	1,05	2,9
	Ø8 ГОСТ 10903-73	120	80	12	30	3,06	1,05	1,48
	Ø3 ГОСТ 10903-73	80	80	12	30	1,62	1,05	0,7
ИТОГО								20,6

Суммарные затраты инструмента на одну деталь составляют

$$Z_{инстр./дет.} = 20,6 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составляют

$$Z_{инстр./год} = Z_{инстр./дет.} \cdot N = 20,6 \cdot 15000 = 309000 \text{ руб.}$$

Таблица 31 - Исходные данные расчета затрат проектируемого варианта

Наименование инструмента		стоимость, руб.	стойкость, мин
Пластина	CNMG 16 06 08-WM 4325	800	120
Пластина	VNMG 16 04 04-MF 4325	500	120
Пластина	CoroThread 266RG-16MM01A300M 1135	1400	45
			стойкость, установок
Державка	PCLNL 2525M 16HP	8500	1000
Державка	RVMJN 20 3	9500	1000
Державка	CoroThread 266LFA-1212-16	9800	750
			стойкость, отв.
Сверло	860.1-1500-068A1-ММ 2214 CoroDrill 860 15 mm	6000	5750
Сверло	860.1-0800-024A1-ММ 2214 CoroDrill 860 8 mm	5000	4860
Сверло	860.1-0300-009A1-ММ 2214 CoroDrill 860 3 mm	4500	4320

Расчет затрат на пластину CNMG 16 06 08-WM 4325 и державку PCLNL 2525M 16HP

Затраты на пластину определяются по формуле

$$Z_{пл} = \frac{C_{m_{пл}} \cdot T_o}{T_{ст}} \cdot K_{уб}, \quad (37)$$

где $C_{ст.пл}$ – стоимость пластины, руб

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

T_o – время обработки пластиной, мин

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

$$Z_{пл} = \frac{800 \cdot 1,32}{120} \cdot 1,05 = 9,24 \text{ руб}$$

Затраты на державку определяются по формуле

$$Z_{дер} = \frac{C_{ст.дер} \cdot T_o}{T_{уст.пл} \cdot T_{ст.пл}} \cdot K_{уб}, \quad (38)$$

где $C_{ст.дер}$ – стоимость державки, руб

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

$$Z_{дер} = \frac{8500 \cdot 1,32}{1000 \cdot 120} \cdot 1,05 = 0,098 \text{ руб}$$

Расчет затрат на сверло 860.1-1500-068A1-MM 2214 CoroDrill 860 15 mm

$$Z_{св} = \frac{C_{ст.св} \cdot N_{отв}}{T_{отв}} \cdot K_{уб}, \quad (39)$$

где $C_{ст.св}$ – стоимость одного сверла, руб

$T_{отв}$ – период стойкости, шт.отв.

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

$$Z_{св} = \frac{6000 \cdot 4}{5750} \cdot 1,05 = 4,38 \text{ руб.}$$

Для остальных инструментов расчеты проводятся аналогичным способом, результаты приведены в таблице 28.

						ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			61

Таблица 28 – Затраты на инструмент по проектируемому варианту

Наименование инструмента		Стоимость, руб.	Стойкость, мин	Время работы, мин	Количество деталей обработанных одним инструментом, шт	Затраты, руб
Пластина	CNMG 16 06 08-WM 4325	800	120	1,32	90,9	9,24
	VNMG 16 04 04-MF 4325	500	120	0,8	150	3,5
	CoroThread 266RG-16MM01A300M 1135	1400	45	0,02	2250	0,65
			стойкость, установок			
державк	PCLNL 2525M 16HP	8500		1000	90909,09	0,098
	RVMJN 20 3	9500		1000	150000	0,066
	CoroThread 266LFA-1212-16	9800		750	1687500	0,00609
			стойкость, отв.	КОЛ-ВО ОТВ. В одной детали		
сверло	860.1-1500-068A1-ММ 2214 CoroDrill 860 15 mm	6000	5750	4	1437,5	4,38
	860.1-0800-024A1-ММ 2214 CoroDrill 860 8 mm	5000	4860	2	2430	2,16
	860.1-0300-009A1-ММ 2214 CoroDrill 860 3 mm	4500	4320	4	1080	4,375

Суммарные затраты инструмента на одну деталь составляют

$$Z_{\text{инстр./дет.}} = 24,3 \text{ руб.}$$

Затраты на годовую программу составляют

$$Z_{\text{инстр./год}} = Z_{\text{инстр./дет}} \cdot N = 24,3 \cdot 15000 = 364500 \text{ руб.}$$

Расчеты технологической себестоимости сводятся в таблицу 29.

Таблица 29 - Технологическая себестоимость годового объема выпуска детали

Статьи затрат	На одну деталь		На годовую программу	
	Базовый вариант	Проектный вариант	Базовый вариант	Проектный вариант
Общие затраты на заработную плату, руб.	95,04	37,09	1570600	556350
Затраты на электроэнергию, руб.	3,41	4,48	51150	67200
Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования, руб	26,48	32,61	397200	489150
Затраты на эксплуатацию инструмента, руб	20,6	24,3	309000	364500
Итого суммарные затраты, руб.	378,81	214,62	5827150	3369150

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОЙ ЭКОНОМИИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХПРОЦЕССА

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{пр}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (40)$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{год. б.}} = (378,81 - 214,62) \cdot 15000 = 2462850 \text{ р.}$$

5.4. АНАЛИЗ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

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

Структура технологического оборудования

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\%, \quad (41)$$

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

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (41) по базовому варианту:

$$Y_{оп}(ТВ-22-10) = \frac{38,86}{47,93} \cdot 100\% = 81,1\%;$$

$$Y_{оп}(СР5-1Б) = \frac{9,07}{47,93} \cdot 100\% = 18,9\%;$$

$$Y_{оп}(Т252-2S) = \frac{8,07}{8,07} \cdot 100\% = 100\% - \text{по проектируемому варианту.}$$

Доля прогрессивного оборудования

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

$$Y_{пр} = \frac{g_{пр}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (42)$$

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

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

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

Определим производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot K_{вн} \cdot 60}{t}, \quad (43)$$

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

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{пр.} = \frac{1805 \cdot 1,2 \cdot 60}{8,07} = 16104 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_B = \frac{1805 \cdot 1,2 \cdot 60}{47,93} = 2711 \text{ шт/чел.год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_6}{B_6} \cdot 100\%, \quad (44)$$

где $B_{\text{пр}}$, B_6 – производительность труда соответственно проектируемого и базового вариантов.

$$\Delta B = \frac{16104 - 2711}{2711} \cdot 100 = 494\%$$

В таблице 30 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 30 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
Количество видов оборудования	шт.	5	1	-4
Количество основных рабочих	чел.	4	2	-2
Капитальные вложения с учетом коэффициента загрузки	тыс.руб.	0	6851,25	+6851,25
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,799	0,135	-0,664
Технологическая себестоимость одной детали.	руб.	378,81	214,62	-167,89
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100%	
Производительность труда	шт/чел.год	2711	16104	+13393
Рост производительности труда	%	100	594	+494
Коэффициент загрузки оборудования		0,645	0,74	+0,095
Годовой условный экономический эффект	тыс.руб.		2462,85	
Срок окупаемости	года		2,4	

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Крышка корпуса привода», расчета снижения трудоемкости технологического процесса и роста производительности труда, связанных с внедрением в производство более эффективного металлообрабатывающего оборудования был получен годовой экономический эффект в размере 2462,85 тыс. руб. и срок окупаемости проекта 2,4 года.

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1. Вводная часть

В выпускной квалификационной работе совершенствуется технологический процесс механической обработки детали «Крышка корпуса привода», с применением современного токарного станка Т252-2S. В связи с этим существует необходимость в переподготовке квалифицированных рабочих кадров, по профессии – «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением» 3 разряда. Переподготовка операторов станков с ЧПУ будет производиться из рабочих, проработавших на предприятии определенное время и имеющих опыт работы на производстве по профессии «Токарь» 4 разряда.

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

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

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

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

6.2. Анализ профессионального стандарта

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

В таблице 41 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 41 – Трудовые функции оператора-наладчика

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

Окончание таблицы 41 - Трудовые функции оператора-наладчика

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

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка 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 представим в таблице 42.

Таблица 42 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование	Код	В	Уровень квалификации	3
1	2			
Возможные наименования должностей	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 образованию и обучению	к	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)		
Требования опыту практической работы	к	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			

Окончание таблицы 42 - Анализ обобщенной трудовой функции

Дополнительные характеристики		
1	2	3
Наименование классификатора	Код	Наименование базовой группы, должности или специальности
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования
ЕТКС	§45	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции представленные в таблице 43.

Таблица 43 - Трудовые функции

Трудовые функции	Код
Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях 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

Выбрана трудовая функция В/02.3 - «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)» ее анализ приведен в таблице 44.

Таблица 44 - Анализ трудовой функции В/02.3

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				
Другие характеристики	-				

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план переподготовки токаря в оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в «ЦПП Евраз-Урал».

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

Общая трудоемкость программы «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» составляет 152 часа. Учебный план содержит изучение 8 тем, итогом обучения является экзамен с присвоением уровня квалификации оператора после переподготовки – 3 разряд. Учебно-тематический план переподготовки

по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» приведен в таблице 45.

Таблица 45 – Учебно-тематический план переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Раздел, тема	Кол-во учебных часов			Форма контроля
	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
Теоретическое обучение	96	56	40	
Техническое черчение	12	4	8	Проверка чертежей
Устройство металлорежущих станков с ЧПУ	18	12	6	Контрольные задания
Основы технологии машиностроения	12	6	6	Контрольные задания
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	18	6	4	Контрольные задания
Основы программного управления станками с ЧПУ	24	12	12	Контрольные задания
Практическое обучение	42	-	42	Контрольные задания
Квалификационный экзамен	6	2	4	Экзамен
ИТОГО по курсу	144	58	86	

Проанализируем соответствие учебного плана требованиям профессионального стандарта. Результат представим в таблице 46.

Таблица 46 – Соответствие учебного плана требованиям профессионального стандарта

Тематика обучения	Трудовые действия	Требования профессионального стандарта
Теоретическое обучение		Необходимые знания
Техническое черчение	Корректировка чертежа изготавливаемой детали. Определение координат опорных точек контура детали	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
Устройство металлорежущих станков с ЧПУ	Наладка и подналадка станков	Способы и правила механической и электромеханической наладки, устройство обслуживаемых однотипных станков
Основы технологии машиностроения	Выбор технологических операций и переходов обработки. Расчет режимов резания	Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	Выбор инструмента	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента
Основы программного управления станков с ЧПУ	Расчет режимов резания	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)
Практическое обучение		Необходимые знания

Рассмотрим тему «Основы программного управления станков с ЧПУ».

Проведем методический анализ по данной теме.

6.4. Анализ содержания темы «Основы программного управления станков с ЧПУ»

Тема «Основы программного управления станков с ЧПУ» согласно учебно-тематическому плану составляет 12 часов, из них 12 отводится на изучение теории и 12 часов на практическое обучение. Тематический план изучения данной темы, представлен в таблице 47.

Таблица 47 - Тематический план изучения темы тему «Основы программного управления станками с ЧПУ»

Наименование разделов программы	Всего часов	В том числе:	
		теоретическое обучение	практические занятия
Общие сведения о системах ЧПУ	2	2	0
Структура управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ	2	2	0
Интерфейс и управление в системе ЧПУ Sinumerik	4	2	2
Основы программного управления станками с ЧПУ	4	2	2
Разработка управляющей программы	4	2	2
Программирование токарной обработки в системе ЧПУ Sinumerik	4	0	4
Программирование фрезерной обработки в системе ЧПУ Sinumerik	4	0	4
Итого:	24	10	14

В соответствии с тематическим планом теоретическое обучение составляет 6 занятий и практическое обучение 6 занятий.

Приведем фрагмент перспективно-тематического плана изучения темы «Основы программного управления станками с ЧПУ» в таблице 47.

Таблица 47 – Фрагмент перспективно-тематический план темы «Основы программного управления станками с ЧПУ»

Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения
Основные команды программирования в системе с ЧПУ Sinumerik (4 часа)	<p>Дидактические:</p> <p>сформировать знания у слушателей об</p> <ul style="list-style-type: none"> - основных командах систем ЧПУ, особенностей системы ЧПУ Sinumerik; <p>развивающие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - развивать логическое мышление; <p>воспитательные:</p> <ul style="list-style-type: none"> - воспитывать интерес к выбранной профессии. 	Рассказ, беседа, демонстрация презентация.	Ноутбук, проектор, презентация.

Далее в выпускной квалификационной работе приведен план конспект урока теоретического обучения на тему «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».

6.5. Разработка плана урока по теме «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik»

Тема занятия: «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».

Цели занятия:

Дидактические: сформировать знания об основных командах, используемых при написании управляющей программы;

Воспитательные: воспитать культуру речи с использованием специальной предметной терминологии;

Развивающая: развивать профессиональный интерес, технический кругозор.

Тип занятия: занятие теоретического обучения.

Метод обучения: рассказ, беседа, демонстрация презентации.

Средства обучения: презентация, рабочая тетрадь.

Занятие проходит в учебном классе.

План урока представлен в таблице 48.

Таблица 48 – План учебного занятия по теме «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik»

Наименование этапа урока	Деятельность преподавателя	Деятельность учащихся
Организационная часть (5 мин.)	Приветствие учащихся, проверка присутствующих, сообщение темы, целей урока	Слушают. Запись темы урока.
Мотивация (5 мин.)	Сообщение о важности темы	Слушают.
Актуализация опорных знаний (15 мин.)	Задаёт вопросы и анализирует их ответы. Дополняет и при необходимости поправляет обучаемых.	Отвечают на вопросы преподавателя, выслушивают комментарии
Изучение нового материала (45 мин.)	Рассказывает новый материал, по ходу рассказа демонстрирует слайды	Слушают, конспектируют, изучают слайды
Закрепление новых знаний (15 мин.)	Тестирование Раздаёт вопросы теста	Отвечают на вопросы теста, сдают преподавателю

Разработаем сценарий урока, основываясь на представленном плане учебного занятия.

Организационная часть: Поприветствовать учащихся, сообщить тему и цели занятия. Сообщить план изложения нового материала:

- структура программы;
- подготовительные (основные) функции «G коды»;
- вспомогательные (технологические) команды «M коды».

Мотивация учащихся: Тема «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik» является основополагающей при разработке УП, поэтому очень важна оператору станков с ЧПУ.

Вопросы для актуализации опорных знаний:

1. Что такое устройство числового программного управления станками?

Предполагаемый ответ: устройство числового программного управления станками - это часть системы ЧПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.

2. Что такое управляющая программа?

Предполагаемый ответ: УП — это совокупность команд на языке программирования, соответствующая алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

3. Для чего используется программное управление?

Предполагаемый ответ: для обеспечения точных перемещений по УП.

Изложение нового учебного материала:

Тема занятия: «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».

Система ЧПУ SINUMERIK 840D представляет собой цифровую комплексную систему, предназначенную, прежде всего, для сложных задач обработки и характеризующуюся высокой динамикой и точностью. С ее помощью могут быть решены любые задачи управления станками, манипуляторами и специальными инструментами.

Управляющая программа ЧПУ состоит из:

- Номера программы;
- Кадров управляющей программы;
- Слов;
- Адресов;
- Числовых комбинаций (для адресов осей частично со знаком).

Назначение и адреса устройства ЧПУ Sinumerik 810/840D

УЧПУ Sinumerik 810/840D - устройство типа CNC, предназначенное для оперативного управления станками с ЧПУ. Программа набирается на

										<i>Лист</i>
										78
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						

ЭВМ, подключенной к станку с ЧПУ, и хранится на жестком диске. В каждом кадре УП может быть использована только одна функция (слово).

Применяемые адреса функций и команд в кодах ISO

N – номер кадра от 1 до 9999;

G – подготовительная команда;

X, Z – позиционные данные в абсолютных значениях;

F – скорость подачи, шаг резьбы;

S – скорость вращения шпинделя, скорость резания;

T – вызов инструмента и коррекции на него;

M – вспомогательная команда.

G-код — условное именование языка программирования устройств с числовым программным управлением (ЧПУ). Производители систем УЧПУ (CNC), как правило, используют софт управления станком, для которого написана (оператором) программа обработки в качестве осмысленных команд управления, используется G-код в качестве базового подмножества языка программирования, расширяя его по своему усмотрению.

Структура программы. Программа, написанная с использованием G-кода, имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры — группы, состоящие из одной или более команд. Кадр завершается символом перевода строки (CR/LF) и имеет номер, за исключением первого кадра программы и комментариев. Завершается программа командой M02 или M30. Порядок команд в кадре строго не оговаривается, но традиционно предполагается, что первыми указываются подготовительные команды (например, выбор рабочей плоскости), затем команды перемещения, затем выбора режимов обработки и технологические команды.

Подготовительные (основные) функции «G коды»

Основные (называемые в стандарте подготовительными) команды языка начинаются с буквы G:

									Лист
									79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.122 ПЗ				

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

G00 - быстрое позиционирование.

Функция G00 используется для выполнения ускоренного перемещения режущего инструмента к позиции обработки или к безопасной позиции. Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока. Код G00 отменяется кодами: G01, G02, G03.

G01 - линейная интерполяция.

Функция G01 используется для выполнения прямолинейных перемещений с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например X, Y, Z). Код G01 отменяется кодами: G00, G02, G03.

G02 - круговая интерполяция по часовой стрелке.

Функция G02 предназначена для выполнения перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например X, Y, Z). Код G02 отменяется кодами: G00, G01, G03.

G03 - круговая интерполяция против часовой стрелки.

Функция G03 предназначена для выполнения перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении против часовой стрелки с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например X, Y, Z). Код G03 отменяется кодами: G00, G01, G02.

G17 - выбор плоскости XY.

Код G17 предназначен для выбора плоскости XY в качестве рабочей. Плоскость XY становится определяющей при использовании круговой интерполяции, вращении системы координат и постоянных циклов сверления.

G18 - выбор плоскости XZ.

Код G18 предназначен для выбора плоскости XZ в качестве рабочей. Плоскость XZ становится определяющей при использовании круговой интерполяции, вращении системы координат и постоянных циклов сверления.

G19 - выбор плоскости YZ.

Код G19 предназначен для выбора плоскости YZ в качестве рабочей. Плоскость YZ становится определяющей при использовании круговой интерполяции, вращении системы координат и постоянных циклов сверления.

G40 - отмена коррекции на радиус инструмента.

Функция G40 отменяет действие автоматической коррекции на радиус инструмента G41 и G42.

G41 - левая коррекция на радиус инструмента.

Функция G41 применяется для включения автоматической коррекции на радиус инструмента находящегося слева от обрабатываемой поверхности (если смотреть от инструмента в направлении его движения относительно заготовки). Программируется вместе с функцией инструмента (D).

G42 - правая коррекция на радиус инструмента.

Функция G42 применяется для включения автоматической коррекции на радиус инструмента находящегося справа от обрабатываемой поверхности (если смотреть от инструмента в направлении его движения относительно заготовки). Программируется вместе с функцией инструмента (D).

G54 - G59 - заданное смещение.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Смещение рабочей системы координат детали относительно системы координат станка.

G80 - отмена постоянного цикла.

Функция, которая отменяет любой постоянный цикл.

G90 - режим абсолютного позиционирования.

В режиме абсолютного позиционирования G90 перемещения исполнительных органов производятся относительно нулевой точки рабочей системы координат G54-G59 (программируется, куда должен двигаться инструмент). Код G90 отменяется при помощи кода относительного позиционирования G91.

G91 - режим относительного позиционирования.

В режиме относительного (инкрементального) позиционирования G91 за нулевое положение каждый раз принимается положение исполнительного органа, которое он занимал перед началом перемещения к следующей опорной точке (программируется, на сколько должен переместиться инструмент). Код G91 отменяется при помощи кода абсолютного позиционирования G90.

Вспомогательные (технологические) команды «M коды»

Технологические команды языка начинаются с буквы М. Включают такие действия, как:

- сменить инструмент;
- включить/выключить шпиндель;
- включить/выключить охлаждение;
- работа с подпрограммами.

M00 - программируемый останов.

Когда СЧПУ исполняет команду M00, то происходит останов. Все осевые перемещения останавливаются, при этом шпиндель (у большинства станков) продолжает вращаться. Теперь, к примеру, можно удалить стружку,

осуществить дополнительное измерение и т.д. Работа по программе возобновляется со следующего кадра после нажатия кнопки "Старт".

M01 - останов с подтверждением.

Код M01 действует аналогично M00, но выполняется только после подтверждения с пульта управления станка. Если клавиша подтверждения нажата, то при чтении кадра с M01 происходит останов. Если же клавиша не нажата, то кадр M01 пропускается и выполнение УП не прерывается.

M02 - завершение программы.

Код M02 указывает на завершение программы и приводит к останову шпинделя, подачи и выключению охлаждения.

M03 - вращение шпинделя по часовой стрелке.

При помощи кода M03 включается прямое вращение шпинделя с запрограммированным числом оборотов (S). Код M03 действует до тех пор, пока он не будет отменен с помощью M04 или M05.

M04 - вращение шпинделя против часовой стрелки.

При помощи кода M04 включается обратное вращение шпинделя с запрограммированным числом оборотов (S). Код M04 действует до тех пор, пока он не будет отменен с помощью M03 или M05.

M05 - останов шпинделя.

Код M05 останавливает вращение шпинделя, но не останавливает осевые перемещения.

M06 - смена инструмента.

При помощи кода M06 инструмент, закрепленный в шпинделе, меняется на инструмент, находящийся в положении готовности в магазине инструментов.

M30 - конец информации.

Код M30 информирует УЧПУ о завершении программы, приводит к останову шпинделя, подачи и выключению охлаждения.

								<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>					83

Дополнительные команды (Фреймы)

При помощи фреймов описывают, путем ввода координат или углов положения, необходимую систему координат детали WKS (W).

Фреймы состоят максимально из следующих составных частей:

- Смещение нулевой точки,
- Поворот,
- Масштабирование или
- Отражение.

Данные фреймы могут использоваться по отдельности или в любой комбинации.

- программируемые фреймы (TRANS, ROT, SCALE, MIRROR).
- дополнительные программируемые фреймы (ATRANS, AROT, ASCALE, AMIRROR).

Рассмотрим каждый из них по отдельности.

Смещение нулевой точки, поворот и масштабирование

При помощи:

TRANS — производится перенос системы координат, без смены активного нуля детали.

ROT — служит для обеспечения поворота активной плоскости вокруг третьей оси(т.е. плоскости (X,Y) вокруг третьей оси Z).

Зеркальное отображение

С помощью MIRROR/AMIRROR формы детали могут отражаться на оси координат. Все движения перемещения, запрограммированные после, к примеру, в подпрограмме, выполняются в отраженном виде.

В приложении Б приведены слайды для проведения урока по теме «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».

6.6. Заключение методической части

В методической части был проанализирован профессиональный стандарт №530н «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», разработан перспективно-тематический план дисциплины «Основы программного управления станками с ЧПУ», разработан план учебного занятия по теме «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik» и презентация в качестве методического обеспечения учебного занятия. Занятия ведутся на базе «ЦПП Евраз-Урал», расположенного по адресу г.Нижний Тагил, ул.Металлургов, 1.

					ДП 44.03.04.122 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе предлагается усовершенствовать технологический процесс механической обработки детали «Крышка корпуса привода» путем замены универсальных станков новым современным токарным станком модели T252-2S, который оснащен двумя шпинделями, что при обработке детали существенно сократит вспомогательное время и повысит производительность труда.

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

Предлагаемый технологический процесс экономически обоснован и окупится по расчетам за 2,4 года. Так же разработана методическая часть по переподготовки рабочей профессии Токарь 4 разряда на Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ 3 квалификации. Разработан план урока по теме «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1974. 136с.

12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущем станке. В 2 ч. М.: Машиностроение, 1974. 416с.

13. Основные и дополнительные команды проектирования: [Электронный ресурс]//Официальный сайт «Точные машины», 2006-2017. <http://www.precision-machines.ru/viewtopic.php?f=6&t=49&sid=6bca245a2001a205a6f5acde86faf843>

14. Основы технологии машиностроения. Учеб. для вузов /Под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.

15. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. 400 с.

16. Профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением», 2014. – 23с.

17. Режимы резания металлов: Справ./ Под ред. Ю. В. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 39 с.

18. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Киев: Вища шк. 1985. 255 с.

19. Справочник по программированию SIEMENS SINUMERIK 840D sl/828D Основы, 2011. – 609с.

20. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 1т- 656с.

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

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

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

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

24. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии 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.

25. Технология машиностроения: 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.

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

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

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

29. Электронный каталог «Sandvik Coromant», 2015.

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

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

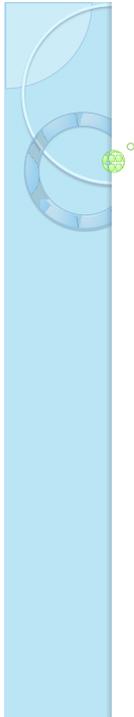
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов
Чертеж заготовки	ВКР 44.03.04.122.01	A2	1
Чертеж детали	ВКР 44.03.04.122.02	A2	1
Технологический эскиз			
Операция 010			
Комплексная с ЧПУ	ВКР 44.03.04.122	A1	2
Управляющая программа	ВКР 44.03.04.118	A1	1
Технико-экономические показатели	ВКР 44.03.04.118	A1	1

					<i>ДП 44.03.04.122 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

Фрагмент учебной программы на тему «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik».

Слайд 1



Тема учебного занятия «Основные команды программирования в системе ЧПУ Sinumerik»

Цель - сформировать знания об основных командах, используемых при написании управляющей программы.

Слайд 2



Система ЧПУ SINUMERIK

Система ЧПУ SINUMERIK представляет собой цифровую комплексную систему, предназначенную, прежде всего, для сложных задач обработки и характеризующуюся высокой динамикой и точностью. С ее помощью могут быть решены любые задачи управления станками, манипуляторами и специальными инструментами.

Система ЧПУ SINUMERIK

Управляющая программа ЧПУ состоит из:

- Номера программы;
- Кадров управляющей программы;
- Слов;
- Адресов;
- Числовых комбинаций (для адресов осей частично со знаком).



Структура кадра УП

Кадр	N010 G01 X210 Z-15 F0.2			
------	-------------------------	--	--	--

N010	G01	X210	Z-15	F0.2
Номер кадра	Слово	Слово	Слово	Слово

СЛОВО	G	01
	АДРЕС	Код

СЛОВО	X	210
	АДРЕС	Числовое значение размерного параметра



Назначение и адреса устройства ЧПУ SINUMERIK

Применяемые адреса функций и команд в кодах ISO

- N – номер кадра от 1 до 9999;
- G – подготовительная команда;
- X, Z – позиционные данные в абсолютных значениях;
- F – скорость подачи, шаг резьбы;
- S – скорость вращения шпинделя, скорость резания;
- T – вызов инструмента и коррекции на него;
- M – вспомогательная команда.



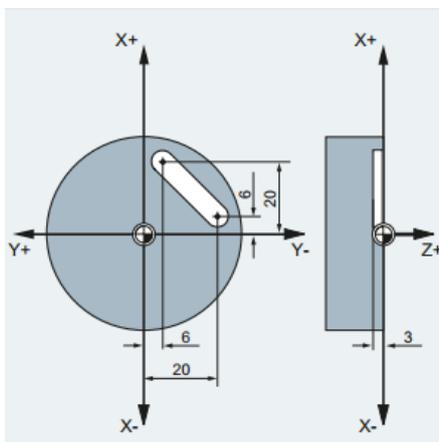
Подготовительные (основные) функции «G коды»

Основные (называемые в стандарте подготовительными) команды языка начинаются с буквы G:

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

Команды движения с полярными координатами

- G00 - быстрое позиционирование
- G01 - линейная интерполяция
- G02 - круговая интерполяция по часовой стрелке
- G03 - круговая интерполяция против часовой стрелки



Пример изготовления паза

Выбор рабочей плоскости

- G17 - выбор плоскости XY
- G18 - выбор плоскости XZ
- G19 - выбор плоскости YZ

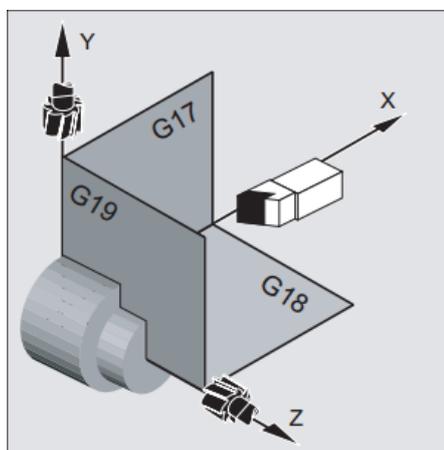


Рис. Указание рабочей плоскости

Выбор рабочей плоскости

Для вычисления направления вращения окружности – с G2 по часовой стрелке или G3 против часовой стрелки – СЧПУ требуется указание рабочей плоскости (G17 до G19).

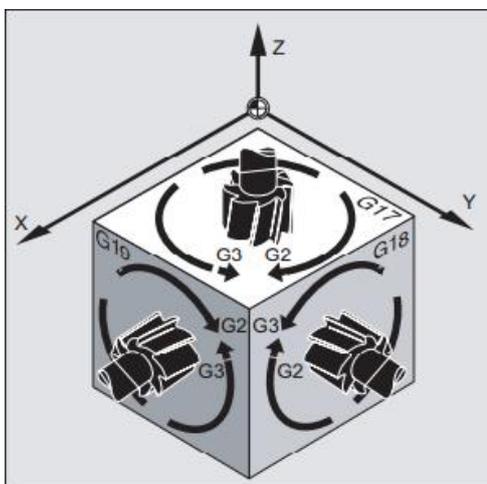


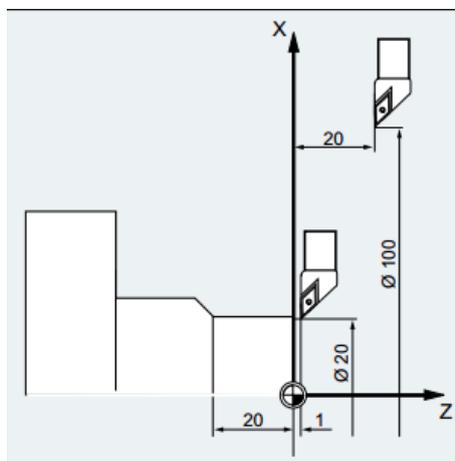
Рис. Указание рабочей плоскости

Коррекция радиуса инструмента

G40 - отмена коррекции на радиус инструмента

G41 - левая коррекция на радиус инструмента

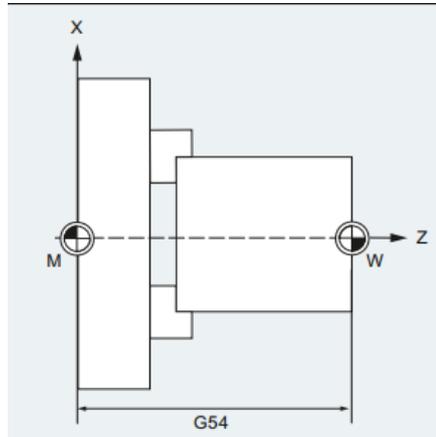
G42 - правая коррекция на радиус инструмента



Устанавливаемое смещение нулевой точки

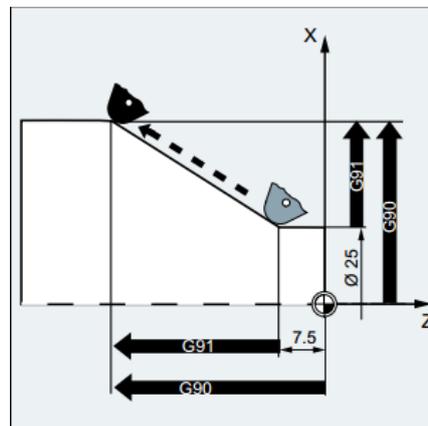
G54 - G59 -
заданное
смещение

Смещение
рабочей системы
координат детали
относительно
системы
координат станка



Указание абсолютного и составного размера при токарной обработке

G90 - режим
абсолютного
позиционирования
G91 - режим
относительного
позиционирования



Вспомогательные (технологические) команды «М коды»

Технологические команды языка начинаются с буквы М. Включают такие действия, как:

- сменить инструмент;
- включить/выключить шпиндель;
- включить/выключить охлаждение;
- работа с подпрограммами.

Вспомогательные (технологические) команды «М коды»

M00 - программируемый останов

Все осевые перемещения останавливаются

M01 - останов с подтверждением

Обработка программы ЧПУ останавливается на запрограммированных кадрах.

M02, M17, M30 – конец программы

Программа завершается с M2, M17 или M30 и осуществляется возврат на начало программы.

Вспомогательные команды

M03, M4, M5, M19, M70 – функция шпинделя

Для всех функций шпинделя действует расширенное написание адреса с указанием номера шпинделя

M06 - смена инструмента

С помощью программирования команды
T выбирается инструмент

Дополнительные команды (Фреймы)

Фреймы состоят максимально из следующих составных частей:

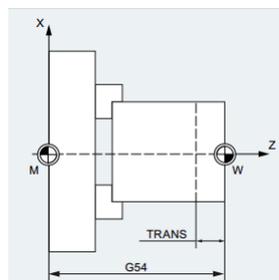
- Смещение нулевой точки,
- Поворот,
- Масштабирование или
- Отражение.

Данные фреймы могут использоваться по отдельности или в любой комбинации.

- программируемые фреймы (TRANS, ROT, SCALE, MIRROR).
- дополнительные программируемые фреймы (ATRANS, AROT, ASCALE, AMIRROR).

Смещение нулевой точки и поворот

TRANS — производится перенос системы координат, без смены активного нуля детали.



ROT — служит для обеспечения поворота активной плоскости вокруг третьей оси (т.е. плоскости (X,Y) вокруг третьей оси Z).

Программируемое отображение

MIRROR - абсолютное отражение, относительно актуальной действующей, установленной с помощью G54 ... G57, G505 ... G599, системы координат

AMIRROR - аддитивное отражение, относительно актуальной действующей, установленной или запрограммированной системы координат

