

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ВОДОМАСЛЯНОГО
ОХЛАДИТЕЛЯ»

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
профилизации "Технологии и оборудование машиностроения"

Идентификационный код ВКР: 628

Екатеринбург 2017

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
«___» _____ 2017г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ
«КОРПУС ВОДОМАСЛЯНОГО ОХЛАДИТЕЛЯ»**

Пояснительная записка к дипломному проекту
по направлению подготовки 44.03.04
Профессиональное обучение
Профиля подготовки «Машиностроение и материалообработка»
специализации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 628

Исполнитель
студент гр. ЗТО-502

Золотов В. И.

Руководитель
Доцент

Козлова Т. А.

Нормоконтроль
доцент, к.т.н.

Суриков В.П.

Екатеринбург 2017

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 143 листа печатного текста, 28 иллюстраций, 29 слайдов, 40 таблиц, 18 источников литературы, 2 приложения.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА.

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

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

Разработана управляющая программа обработки детали на ОЦ с ЧПУ.

Выбрана схема контроля детали.

Разработана методическая часть по повышению квалификации оператора станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус водомасляного охладителя»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листо</i>
Разраб.	Золотов						2	150
Пров.	Козлова							
Н. Контр.	Суриков							
Зав. каф.	Бородина							
						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-502		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Анализ исходных данных.....	7
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	7
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали	10
1.1.3. Анализ альтернативного технологического процесса обработки детали.....	13
1.1.4. Определение типа производства	21
1.2. Разработка технологического процесса обработки детали	23
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	23
1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования	26
1.2.3. Составление технологического маршрута обработки детали «Корпус водомасляного охладителя»	28
1.2.4. Выбор средств технологического оснащения	30
1.2.4.1. Выбор и описание оборудования	30
1.2.4.2. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания.....	37
1.2.4.3. Выбор и описание технологической оснастки.....	50
1.2.4.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)	52
1.3. Технологические расчеты	55
1.3.1. Расчет припусков	55
1.3.2. Расчет технических норм времени	59
1.4. Выбор схемы контроля детали	67
2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	69
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	82
3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	82
3.2. Расчёт капитальных затрат.....	82

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.3. Расчет технологической себестоимости детали	86
4. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	103
4.1. Вводная часть	103
4.2. Описание условий обучения в негосударственном образовательном частном учреждении дополнительного профессионального образования «Институт опережающего образования»	104
4.3. Анализ профессионального стандарта.....	107
4.4. Разработка учебно-тематического плана переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» на базе НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования».....	111
4.5. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий По теме «Основы технологи машиностроения»	117
4.6. Выбор урока и разработка плана и плана-конспекта урока	120
4.7. Разработка методического обеспечения	135
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	140
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Комплект технологической документации	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень листов графических документов.....	143

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

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 процесса 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.

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

Целью дипломного проекта является проектирование технологического процесса изготовления детали «Корпус водомасляного охладителя» с применением станков с ПУ в условиях среднесерийного производства для повышения эффективности обработки.

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- анализ исходных данных;
- анализ альтернативного технологического процесса;
- разработка нового технологического процесса;
- разработка операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- расчет сил зажима заготовки в приспособлении;
- выбор контрольного приспособления;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

В проектируемом технологическом процессе предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный инструмент, что позволит повысить производительность и качество обработки, снизить себестоимость изготовления детали.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ исходной информации

К исходной информации относятся: рабочий чертёж детали «Корпус водомасляного охладителя», альтернативный технологический процесс механической обработки детали, рабочий чертёж заготовки. Тип производства – среднесерийный.

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

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Корпус водомасляного охладителя» используется в водомасляном охладителе привода вентилятора двигателя внутреннего сгорания и предназначен для установки медных трубок. В два отверстия Ø200Н7 устанавливаются биметаллические втулки с подшипниками качения. В два отверстия Ø190Н11 устанавливаются медные трубки (пучки) по которым подаётся охлаждающая жидкость. Отверстия Ø200Н9 предназначены для установки уплотнений. Восемь резьбовых отверстий М8-7Н на левом торце предназначены для крепления защитной крышки к корпусу. Одиннадцать отверстий ø12 предназначены для крепления корпуса к картеру двигателя. 16-ть нижних отверстий М10-7Н предназначены для крепления крышек с отводящими патрубками, а 8 отв. М10-7Н сверху для крепления крышек с подводными патрубками охлаждающей жидкости (рис. 1 и чертеж).

Деталь изготавливается, из литейного алюминиевого сплава АЛ-9 по ГОСТ 1583-93.

Сплав АЛ9 применяется в производстве литых деталей, имеющих сложную конфигурацию и впоследствии испытывающих на себе статическую нагрузку. Применение АЛ-9 обусловлено требованиями к повышенной

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7



Рисунок 1 – 3D модель детали «Корпус водомасляного охладителя»

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.628.ПЗ					

Данный материал оптимально подходит для данной детали и для условий его работы.

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

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

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный.

Качественная оценка технологичности детали.

Достоинства конструкции детали:

- предусмотрена удобная и надёжная технологическая база в процессе механической обработки;
- отверстия, возможно, обрабатывать за проход;
- обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- конфигурация детали и её материал позволяют применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие объём механической обработки;
- при конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства;
- для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только точных поверхностей;
- деталь допускает обработку поверхностей на проход;
- предусмотрена возможность удобного подвода жёсткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали;

Недостатки конструкции детали:

- конструкция детали имеет глухие резьбовые отверстия М8-6Н, что потребует дополнительной специальной оснастки для механической обработки.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

При качественной оценке положительных характеристик больше чем отрицательных, поэтому можно считать, что конструкция детали технологична.

Количественная оценка технологичности детали.

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведём в таблицы 3 и 4, в которых T_i – квалитеты, $Ш_i$ – значение параметра шероховатости, n_i – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

Определим коэффициент точности по [4, с. 29], а результаты занесём в таблицу 3.

Определение коэффициента шероховатости по [4, с. 30], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$	T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
6	1	6	11	2	22
7	34	238	14	36	504
9	3	27			

$$\Sigma n_i = 76; \quad \Sigma T_i \cdot n_i = 797$$

$$T_{CP} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{797}{76} = 10,48 \quad (1)$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{CP}} = 1 - \frac{1}{10,48} = 0,905 \quad (2)$$

Коэффициент точности приближается к единице (0,905), что подчеркивает сравнительно высокую точность механической обработки.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$	$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
2,5	2	5	10	2	20

Обеспечить допуск торцевого биения поверхности Ø210 в пределах 0,08мм относительно оси отверстия Ø200H7.

Обеспечить позиционный допуск отверстий Ø12 пределах 0,25мм на радиус относительно оси поверхности ø455g6.

Обеспечить позиционный допуск резьбовых отверстий M8-7H в пределах 0,25мм на радиус, относительно оси отверстия ø200H7.

Обеспечить позиционный допуск резьбовых отверстий M10-7H в пределах 0,25мм на радиус, относительно оси отверстия ø190H11.

Обеспечить плоскостность верхней и нижней поверхностей в пределах 0,1мм.

Обеспечить допуск торцевого биения верхней и нижней плоскостей в пределах 0,20мм относительно оси отверстия Ø190H11.

1.1.3. Анализ альтернативного технологического процесса обработки детали

Характеристика технологического процесса.

По признакам технологический процесс относят [5]:

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

Анализ методов обработки поверхностей.

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от служебного назначения детали. Проанализируем МОП с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 5. На рисунках 2 и 3 изобразим эскиз детали и обозначим обрабатываемые поверхности [5].

В большинстве своем методы обработки в альтернативной технологии верны.

Анализ выбора технологических баз.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

По технологическим картам выявим технологические черновые и чистовые базы в станочных операциях, а результаты занесем в таблицу 6 [5].

Таблица 5 - Сравнение методов обработки поверхностей (МОП) экономической точности

№ Поверхности (рис. 2 и 3)	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП в М.К.	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шероховатость	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Отверстие резьбовое	7Н	5	Сверление и нарезание резьбы	6Н	6,3...3,2	Соответствует
2	Плоскость	14	20	Фрезерование однократное	12...11	3,2...1,6	Соответствует
3	Поверхность цилиндричес- кая Ø455	6	5	Точение черновое, чистовое и тонкое	7...6	0,4	Соответствует
4, 9	Отверстие	14	20	Точение однократное	12	6,3	Соответствует
5, 6	Торцевые поверхности	14	20	Точение однократное	12	6,3	Соответствует

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Поверхность торцевая	14	20	Точение однократное	12	6,3	Соответствует
8	Отверстие Ø200	7	2,5	Точение чер-е, чистовое и тонкое	7...6	0,4	Соответствует
10, 11	Отверстие резьбовое	7Н	5	Сверление и нарезание резьбы	6Н	6,3...3,2	Соответствует
12, 16	Верхняя и нижняя плоскости	11	5	Фрезерование черновое и чистовое	10	1,6...0,8	Не соответствует
13	Отверстие	11	10	Точение чер-е, чистовое	11...10	3,2	Соответствует
14	Отверстие	9	5	Точение чер-е, чистовое и тонкое	7...6	0,4	Соответствует
15	Отверстие	14	20	Сверление	12...14	12,5...20	Соответствует

В большинстве своем методы обработки в альтернативной технологии верны.

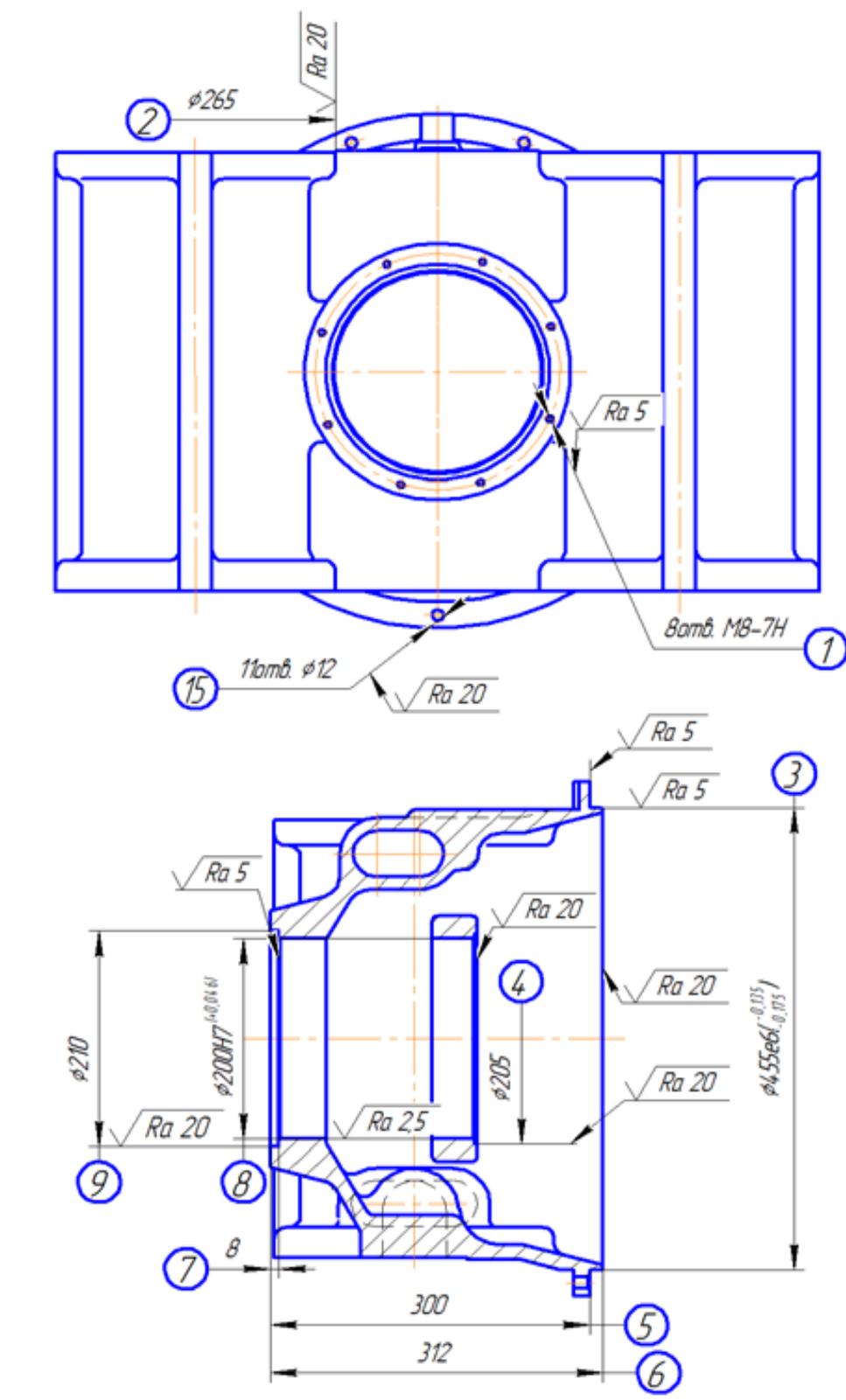


Рисунок 2 – Эскиз детали «Корпус водомасляного охладителя»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

16

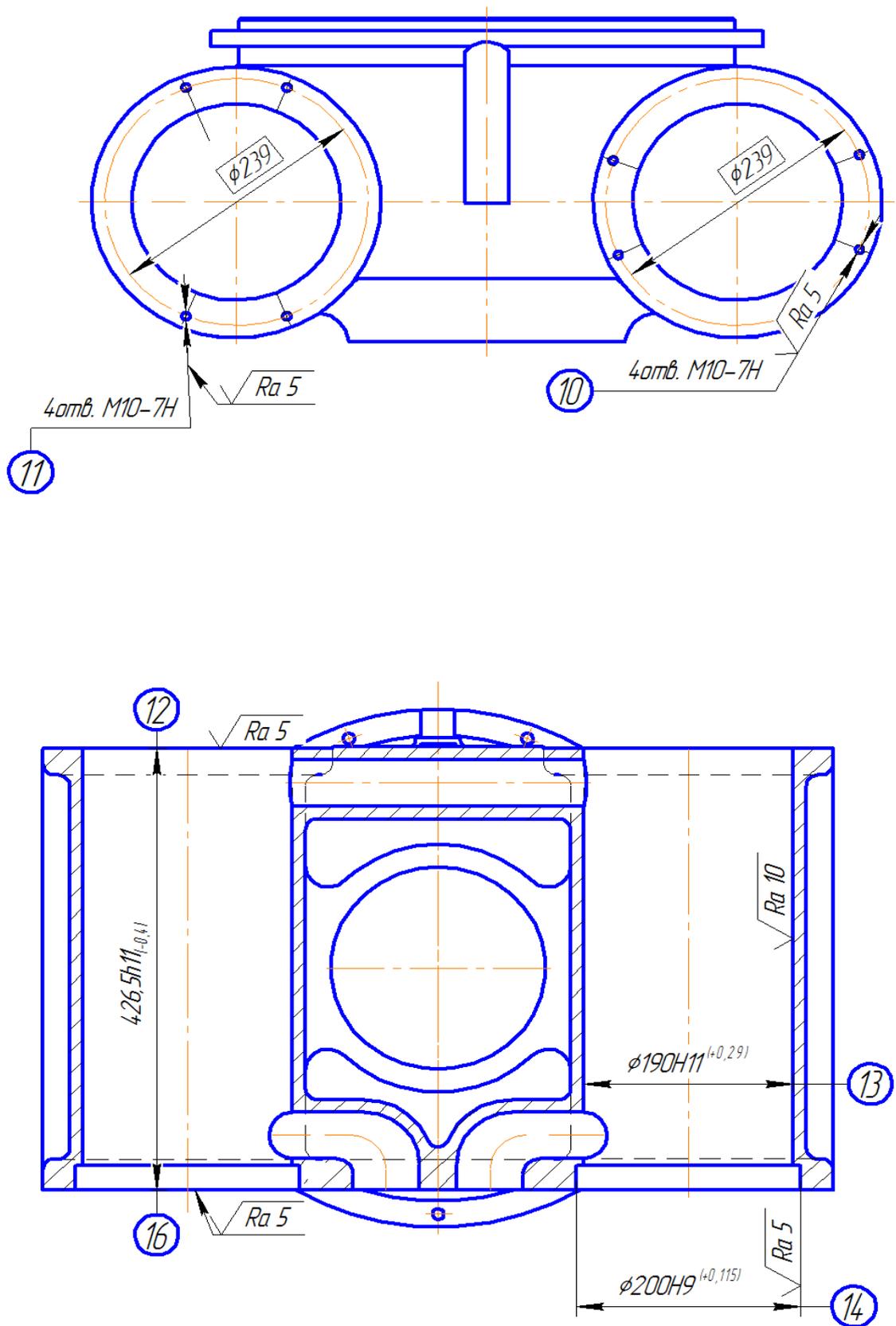


Рисунок 3 – Эскиз детали «Корпус водомасляного охладителя»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

17

Таблица 6 - Технологические базы в станочных операциях альтернативной технологии

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
005	Горизонтально-расточная Фрезеровать боковые поверхности и фланцы детали с переустановкой	Большой фланец	
010	Горизонтально-расточная Расточить отверстия Ø190Н11, расточить отв. Ø200Н9, сверлить и нарезать резьбу М10-7Н в отв. на верхней и нижней плоскости.	Боковые поверхности	Большой фланец
015	Горизонтально-расточная Расточить отверстия Ø200Н7 и Ø205, точить поверхность Ø455 с подрезкой торца, точить поверхность Ø455 с обратной стороны, сверлить 11 отв. ø12, сверлить и нарезать резьбу М8-7Н на верхней и нижней плоскостях.		Нижняя плоскость и отверстия 190Н11

Базы на операциях выбраны верно, соблюдается правило базирования: принцип постоянства и совмещения баз.

Анализ маршрута обработки

При изучении маршрута обработки установлено, что обработка технологических баз ведется параллельно с обработкой исполнительных поверхностей, маршрут обработки составлен оптимально и оформлен по всем нормам ЕСКД [5].

Анализ станочных операций

Проанализируем операцию 005 Горизонтально-расточная и 010 Горизонтально-расточная, а результаты занесем в таблицу 7 [5].

Выводы

При рассмотрении альтернативного технологического процесса выявлены следующие недостатки:

- большое количество установов, что значительно влияет на точность взаимного расположения поверхностей;

- применение специализированных приспособлений с ручным зажимом, что увеличивает вспомогательное время;

- в процессе производства задействовано большая группа оборудования различного назначения, что приводит к увеличению длительности технологического цикла изготовления, возникновению межоперационного пролеживания и увеличивает себестоимость производства изделия.

Принятые шаги к совершенствованию технологического процесса и устранения недостатков:

- применение многооперационного оборудования, что приведет к сокращению вспомогательного времени, увеличения доли машинного времени, сокращению количества установов и как следствие сокращение цикла производства, сокращение количества оборудования участвующего в процессе производства;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Таблица 7 - Анализ станочных операций

№ операции	Наименование и содержание операции	Структура операции				Технологическая база	Способ установки и закрепления	Модель станка	Схема построения операции
		Кол-во установок	Кол-во позиций	Кол-во переходов	Кол-во ходов				
005	<i>Горизонтально-расточная</i> Фрезеровать боковые поверхности детали	4	-	6	9	Большой фланец	Прихваты, опоры, упоры	2А636	Одноместная, одноинструментальная последовательная обработка
010	<i>Горизонтально-расточная</i> Расточить отверстия Ø190Н11, расточить отв. Ø200Н9, сверлить и нарезать резьбу М10-7Н в отв. на верхней и нижней плоскости.	2	-	12	15	Большой фланец боковые поверхности и	Прихваты, опоры, упоры	2А636	Одноместная, одноинструментальная последовательная обработка

- применение специализированных приспособлений с пневматическим зажимом, значительно сократит вспомогательное время на операцию;
- применение модульной системы инструмента сократит время наладки станка и значительно оптимизирует процесс производства.

1.1.4. Определение типа производства

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций (K_{30}) [4, с. 33]:

Тип производства	K_{30}
Массовое.....	1
Серийное:	
Крупносерийное.....	св. 1 до 10
Среднесерийное.....	св. 10 до 20
Мелкосерийное.....	св. 20 до 40
Единичное.....	св. 40

Коэффициентом закрепления операций K_{30} определяемого по формуле [4, с. 33]:

$$K_{30} = \sum O / \sum P, \quad (6)$$

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

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

Годовая программа выпуска $N=600$ шт. (для альтернат. тех. процесса).

Располагая данными о штучном времени, определим количество станков по [4, с. 33]:

$$m_p = N \cdot T_{шт} / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н} \cdot K_{ВН}), \quad (7)$$

где $F_d=3947$ ч. – годовой фонд времени при 2-х сменной работе оборудования (для базового варианта);

$\eta_{з.н} = 0,85$ – нормативный коэффициент загрузки;

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

Установим число рабочих мест P округляя в большую сторону m_p

Определим фактический коэффициент загрузки $\eta_{з.ф}$ по [4, с. 33]:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P.$$

Количество операций по формуле [4, с. 33]:

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф.}$$

Рассчитаем $K_{зо}$ для базового варианта тех. процесса:

$$m_p = 550 \cdot 472,4 / (60 \cdot 3947 \cdot 0,85 \cdot 1,02) = 1,27; \text{ приму } P=2;$$

$$\eta_{з.ф.} = 1,27 / 2 = 0,635; O = 0,75 / 0,635 = 1,18, \text{ примем } O=2.$$

Тогда:

$$K_{з.о.} = 2/2 = 1, \text{ что соответствует крупносерийному типу производств.}$$

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (8)$$

где a – периодичность поступления заготовок, $a=3$ дня [4, с. 33].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{600 \cdot 3}{254} = 7шт$$

Таблица 8 - Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

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

При массе детали $m_{дет}=33$ кг и годовой программе выпуска $N=600$ шт., примем тип производства по таблице 8 - среднесерийное.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных периодически повторяющимися партиями и

сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от объема выпуска изделий серийное производство делится на: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с ЧПУ.

Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, повышается производительность, и время изготовления детали уменьшаются.

Оборудование располагается по ходу технологического процесса. В серийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированы.

Квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

1.2. Разработка технологического процесса обработки детали

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

- масса детали 33кг;
- габариты детали: 715x501x313мм;
- материал АЛ9 ГОСТ 1583-93 ($\sigma_b=222$ МПа);
- годовое число отливок 1150 шт.

Выбираем способ получения заготовки – отливка в кокиль.

Кокильное литье или, литье в постоянные формы, по определению ГОСТа – это «литье металла, осуществляемое свободной заливкой кокилей». В свою очередь кокиль (от французского слова coquil) – «металлическая форма с естественным или принудительным охлаждением, заполняемая расплавленным металлом под действием гравитационных сил».

Кокиль обычно состоит из двух полуформ, плиты, вставок. Полуформы взаимно центрируются штырями, и перед заливкой их соединяют замками. Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями, извлекаемыми из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Расплав заливают в кокиль через литниковую систему, выполненную в его стенках, а питание массивных узлов отливки осуществляется из прибылей (питающих выпоров).

Интенсивное охлаждение расплава и отливки в кокиле увеличивает скорость ее затвердевания, что благоприятно влияет на структуру - измельчается зерно твердого раствора, эвтектики и вторичных фаз.

Структура силуминов, отлитых в кокиль, близка к структуре модифицированных сплавов; снижается опасность появления газовой и газоусадочной пористости, уменьшается вредное влияние железа и других примесей.

Это позволяет допускать большее содержание железа в алюминиевых отливках, получаемых в кокилях, по сравнению с отливками в песчаные формы. Все это способствует повышению механических свойств отливок, их герметичности.

Кокили для литья алюминиевых сплавов применяют массивные, толстостенные. Такие кокили имеют высокую стойкость и большую тепловую инерцию: после нагрева до рабочей температуры они охлаждаются медленно. Это позволяет с большей точностью поддерживать температурный режим литья и получать тонкостенные отливки. Для отливок сложной конфигурации используют кокили, имеющие системы нагрева или охлаждения отдельных частей. Это дает возможность обеспечить направленное затвердевание и питание отливок. Для получения точных отливок рабочую полость кокиля обычно выполняют обработкой резанием.

Положение отливки в форме должно способствовать ее направленному затвердеванию: топкие части отливки располагают внизу, а массивные - сверху, устанавливая на них прибыли и питающие выпоры.

Литниковая система должна обеспечивать спокойное, плавное поступление расплава в полость формы, надежное улавливание окисных плен, шлаковых включений и предотвратить их образование в каналах

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

литниковой системы и полости кокиля, способствовать направленному затвердеванию и питанию массивных узлов отливки.

Дефекты отливок из сплава АЛ9 и методы их предупреждения. Общими характерными дефектами отливок при литье в кокиль являются:

1) недоливы и неслитины при низкой температуре расплава и кокиля перед заливкой, недостаточной скорости заливки, большой газотворности стержней и красок, плохой вентиляции кокиля;

2) усадочные дефекты (раковины, утяжины, пористость, трещины) из-за недостаточного питания массивных узлов отливки, чрезмерно высокой температуры расплава и кокиля, местного перегрева кокиля, нерациональной конструкции литниковой системы;

3) трещины вследствие несвоевременного подрыва металлического стержня или вставки, высокой температуры заливки, нетехнологичной конструкции отливки;

4) шлаковые включения при использовании загрязненных шихтовых материалов, недостаточном рафинировании сплава перед заливкой, неправильной работе литниковой системы;

5) газовая пористость при нарушении хода плавки (использовании загрязненных влагой и маслом шихт, чрезмерно высокого перегрева, недостаточного рафинирования или раскисления сплава).

Для повышения прочности отливка подвергается термообработке.

Нагрев сплава АЛ9 под закалку рекомендуется проводить при температуре $535 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 2-6 ч в зависимости от размеров, сечения и величины зерна отливки. Поскольку скорость растворения фазы Mg_2Si при температуре нагрева под закалку большая, увеличивать время выдержки нецелесообразно, тем более, что это может привести к нежелательной коагуляции частиц кремния. Охлаждение при закалке производится в воде при 20°C . В закаленном состоянии (режим Т4) сплав АЛ9 имеет высокую пластичность ($\delta=4\dots 6\%$) при прочности 18-20 кгс/мм². Старение при $150 \pm 5^\circ\text{C}$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

в течение 1-3 ч (режим T5) обеспечивает значительное увеличение пределов прочности ($\sigma_b=20\dots 26$ кгс/мм²), текучести, твердости и приводит к снижению относительного удлинения до 2-3%.

1.2.2. 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 нижнюю плоскость и малый левый фланец.

К вспомогательным базам относят два отверстия $\varnothing 200H7$, два отверстия $\varnothing 190H11$, верхнюю плоскость и большой правый фланец, а также отверстие $\varnothing 36$.

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, когда отсутствует обработанная поверхность. В нашем случае черновой базой будет нижняя плоскость **А** (лишает деталь трех степеней свободы), отверстие **Б** (лишает деталь двух степеней свободы) и отверстие **В** (лишает деталь одной степени свободы).

Таким образом, базирование полное.

Схема чернового базирования показана на рисунке 4.

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. В нашем случае чистовыми базами будет плоскость разъема **Г** (лишает деталь трех степеней свободы), отверстие **Д** (лишает деталь двух степеней свободы) и отверстие **Е** (лишает деталь одной степени свободы). Таким образом, базирование полное.

Схема чистового базирования показана на рисунке 5.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

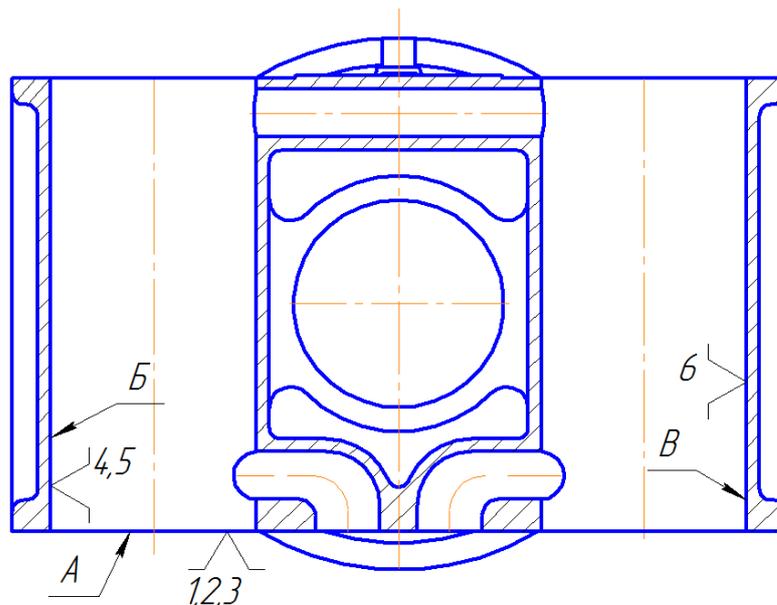


Рисунок 4 - Черновые базы в предлагаемом технологическом процессе
 Схема базирования представленная на рисунке 4 обеспечивает выполнение требований чертежа к детали по торцевому и радиальному биению, а также позиционному допуску отв. М8 относительно баз.

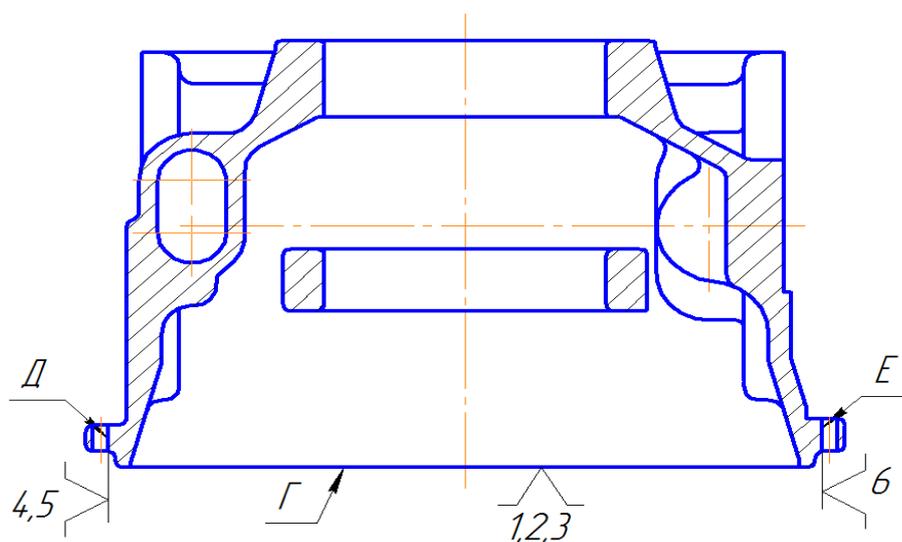


Рисунок 5 - Чистовые базы в предлагаемом технологическом процессе
 Схема базирования представленная на рисунке 5 обеспечивает выполнение требований чертежа к детали по торцевому биению, плоскостности, а также позиционному допуску отв. М10 относительно базы.

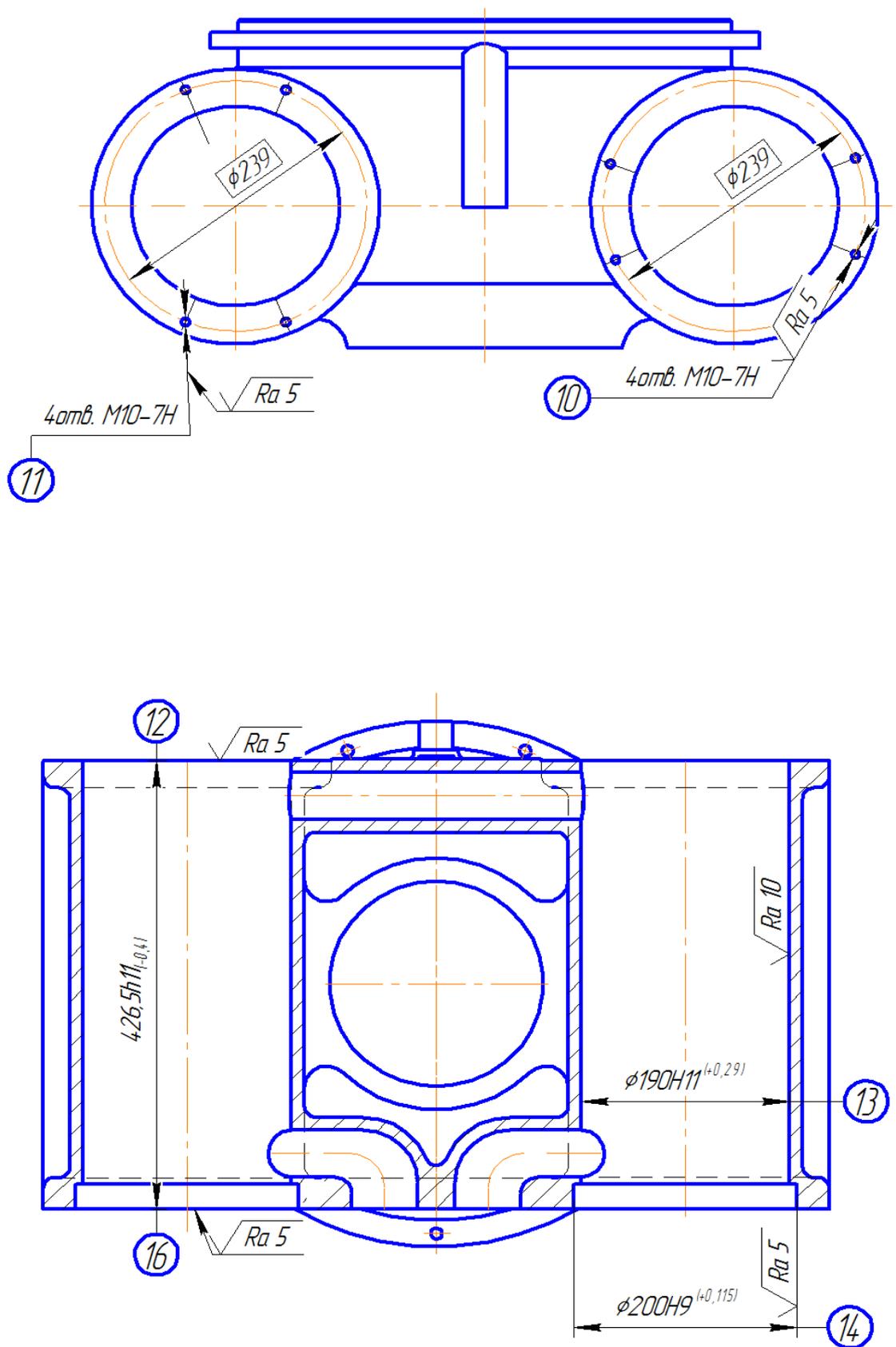


Рисунок 7 – Эскиз детали «Корпус водомасляного охладителя»
(сечение Б-Б)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

29

Таблица 9 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус водомасляного охладителя»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Фрезеровать торец	6
	Фрезеровать торец	5
	Фрезеровать торец	7
	Точить поверхность	3
	Расточить отверстие	8
	Расточить отверстие	9
	Расточить отверстие	4
	Сверлить отверстие под резьбу	1
	Нарезать резьбу	1
	Сверлить отверстия	15
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б	Фрезеровать торец	12
	Фрезеровать торец	16
	Расточить отверстия	14
	Расточить отверстия	13
	Сверлить отверстия под резьбу с двух сторон	10, 11
	Нарезать резьбу с двух сторон	10, 11

В таблице 9 был представлен краткий маршрут обработки детали,

1.2.4. Выбор средств технологического оснащения

1.2.4.1. Выбор и описание оборудования

В связи с производственной программой выпуска деталей «Корпус водомасляного охладителя» до 1150 штук в год, существующее универсальное оборудование не справится с предстоящей задачей.

Предлагается, использовать обрабатывающий центр с ЧПУ, что будет соответствовать серийному производству и позволит предприятию справиться с задачей годового увеличения выпускаемых изделий.

Выбор типа станка необходимо сопоставить с его возможностями обеспечить технические требования, формы и качество обрабатываемых поверхностей.

В дипломном проекте предлагается использовать обрабатывающий центр с ЧПУ модели MDH125 (страна-производитель КНР) [18].

Назначение [18]:

Горизонтальные обрабатывающие центра предназначены для фрезерования, сверления и выполнения расточных работ заготовок любых форм и из любых материалов - от чугуна до сплавов цветных металлов, пластмасс и жаропрочных сплавов.

Отличительные особенности:

Горизонтальные обрабатывающие центры серии MDH производятся совместно со знаменитым производителем обрабатывающих центров — компанией ОКК (Япония). Совместное производство было организовано более 10 лет назад. Все технологии и оборудование предоставляли японские специалисты. Ранее центры MDH поставлялись только с разрешения компании ОКК.

В проектировании горизонтальных обрабатывающих центров заложены новейшие технологии, которые позволяют добиться высокой точности, скорости обработки, жесткости конструкции.

Система ЧПУ FANUC 31i — самая распространённая в мире система. Является одной из самых стабильных. Она отлично справляется с контролем качества и точностью производства и идеально подходит для управления обработкой разнообразных сложных задач. Легко найти операторов, сервис по всей России, запасные части в наличии на складах.

Шарико-винтовые пары применяются только с внутренним охлаждением маслом. Установлены датчики термостабилизации, благодаря чему достигаются высокие показатели точности [18].

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На станках применяются японские комплектующие: роликовые направляющие ИКО (Япония), гидравлика DAIKIN, шпиндель-мотор ZF (Германия).

Область применения:

Многоцелевые горизонтально-фрезерные обрабатывающие центры серии MDH предназначены для обработки особо сложных корпусных деталей в автономном режиме работы и в составе гибких производственных систем. Применяются во всех отраслях машиностроения: автомобильной промышленности, энергетическом машиностроении, аэрокосмической отрасли, приборостроения и во многих других отраслях.

Конструктивные особенности [18]:

Станина.

Основа станка выполнена из цельнолитой Т-образной станины высокой прочности и точности.

Тело станка спроектировано с использованием анализа метода конечных элементов, обеспечивая необходимую сохранность статичности, динамической жёсткости и точности.

Дополнительная жесткость/твердость достигается заполнением узлов станка виброгасящим материалом.

Направляющие.

По осям X, Y, Z установлены роликовые направляющие ИКО (Япония) усиленной конструкции.

Прямые роликовые направляющие оснащены сепараторами, повышающими срок службы в 2–4 раза и увеличивающими нагрузку.

Роликовые направляющие имеют функцию самосмазывания, на них нанесена консистентная смазка, обеспечивающая длительное смазывание.

Система ЧПУ.

Система ЧПУ FANUC 31i – самая распространённая в мире система и является одной из самых стабильных, она отлично справляется с контролем

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

качества и точностью производства и идеально подходит для управления обработкой разнообразных сложных задач. Легко найти операторов, сервис по всей России, запасные части в наличии на складах.

Инструментальный магазин.

На данном станке используется независимый высокоскоростной инструментальный магазин с синхронной заменой инструмента. Манипулятор станка во время смены инструмента ослабляет главный шпиндель, вытаскивает инструмент и осуществляет его смену с помощью двунаправленного кулачка/эксцентрика, обладает высокой стабильностью смены инструмента и исключительной долговечностью. Инструментальный магазин рассчитан на 40 инструментов. По требованию клиента возможен выбор магазина на 60, 80, 120, 160 инструментов.

Шпиндель.

Электрошпиндель с макс. скоростью вращения 8000об/мин, Опционально 12000об/мин.

Шпиндель станка обеспечивает требования низкоскоростного и одновременно высокоскоростного резания. Шпиндель оборудован современной технологией термокомпенсации, повышающей точность станка.

Охлаждение шпинделя осуществляется с помощью жидкости, циркулирующей во внешнем кожухе, а также с помощью контроля температуры масла в режиме реального времени, контролируя самые небольшие колебания температуры.

По требованию клиента возможна установка шпинделя с внутренним охлаждением и с приводом через зубчатую передачу.

Система смены паллет.

На станке используется подъёмная конструкция APC и метод прямого поворота паллет в обе стороны. Весь процесс разворота поворотного стола осуществляется с помощью двух двунаправленных кулачков /эксцентриков, постоянно осуществляющих скоростной поворот (время поворота: 12,5 сек),

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обладает хорошей стабильностью движения и высокой надёжностью.

В таблице 10 представлены технические характеристики ОЦ модели MDH125 [18].

Таблица 10 - Технические характеристики ОЦ модели MDH125

Размер рабочего стола, мм.	1250x1250
Количество паллет, шт.	2
Индексация стола, °	1°×360
Время индексации стола, сек.	5
Время смены паллет, сек.	35
Максимальная нагрузка на стол, кг.	3000
Перемещение по X, мм	1700
Перемещение по Y, мм	1400
Перемещение по Z, мм	1240
Расстояние от центра шпинделя до поверхности стола, мм	70-1470
Расстояние от торца шпинделя до центра стола, мм	360-1600
Конус шпинделя	BT50
Максимальная скорость шпинделя, об/мин.	6 000
Мощность шпинделя, кВт	22/25
Быстрые подачи по осям X, Y, Z, м/мин.	45
Кол-во инструмента, шт	40
Максимальная длина инструмента, мм	500
Максимальный вес инструмента, кг	25
Максимальный диаметр инструмента, мм	115/270
Время смены инструмента, сек	2,5/6,2
Точность позиционирования, мм	X-0,021, Y-0,018
Повторяемость, мм	X-0,009, Y-0,007
Занимаемая площадь, м	6,2x8,7
Масса, кг	3250

На рисунке 8 показан ОЦ модели MDH125, на рисунке 9 рабочая зона ОЦ [18].

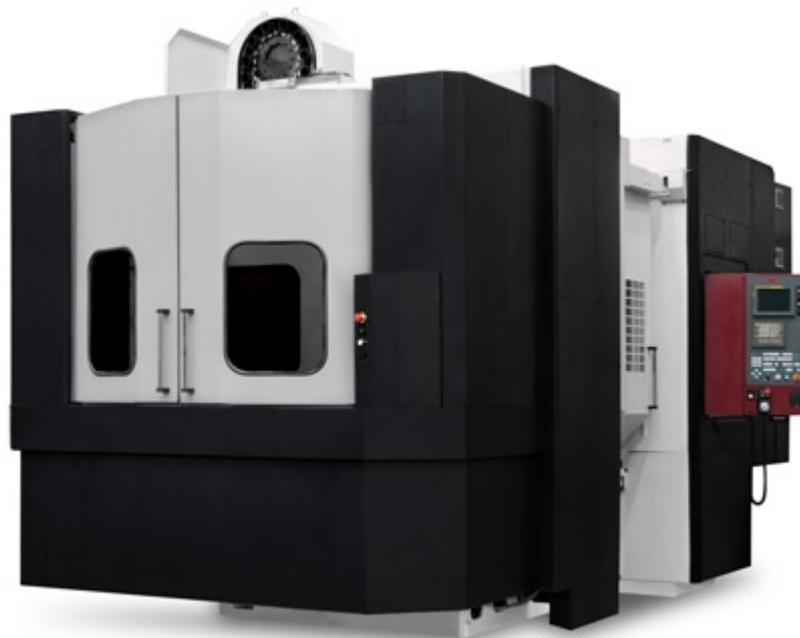


Рисунок 8 – Обрабатывающий центр модели MDH125



Рисунок 9 – Рабочая зона ОЦ модели MDH125

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

В таблице 11 представлено сравнение альтернативного и вновь проектируемого варианта обработки детали «Корпус водомасляного охладителя».

Таблица 11 – Сравнение альтернативного и проектируемого вариантов тех. процесса обработки детали «Корпус водомасляного охладителя»

Альтернативный технологический процесс		Проектируемый технологический процесс	
Наименование, содержание операции	Оборудование	Наименование, содержание операции	Оборудование
005 Горизонтально-расточная Фрезеровать поверхности 6 и 7. Фрезеровать поверхности 2, 12 и 16.	Станок горизонтально-расточной модели 2А636	005 Комбинированная на ОЦ с ЧПУ Установ А. Фрезеровать торцы 5, 6, 7. Точить пов. 3.	Обрабатывающий центр с ЧПУ модели VCE 600Pro
010 Горизонтально-расточная Расточить отверстия 13 и 14. Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 10 и 11 с двух сторон.	Станок горизонтально-расточной модели 2А636	Расточить отв. 4, 8, 9. Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 1, сверлить отверстия 15. Установ Б. Фрезеровать торцы 12 и 16.	
015 Горизонтально-расточная Расточить отверстия 4 и 8. Точить поверхность 3 с подрезкой торца 5, Точить поверхность 3 с обратной стороны. Сверлить 11 отв.15. Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 1.	Станок горизонтально-расточной модели 2А636	Расточить отверстия 13 и 14. Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 10 и 11 с двух сторон	

1.2.4.2 Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «Pramet».

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «Pramet» [12, 13, 14].

При выборе инструмента и «начальных» режимов резания, первым делом, необходимо определить принадлежность обрабатываемого материала к одной из шести групп. Эта классификация материалов ведется в соответствии со стандартом ISO 513: представители (материалы) каждой группы вызывают в процессе их обработки качественно одинаковый тип нагрузки на режущую кромку, и, соответственно, подобный тип износа.

Сплав АЛ9 относится к группе материалов N-2 [13, с. 65].

Фрагмент каталога «Pramet» для выбора элементов режима резания показан на рисунке 10.

N	K4	Кованый чугун, ферритно-перлитный, перлитно-сорбитообразный и перлитный	ČSN 42 2307	0,85
	N1	Алюминий и его мягкие сплавы (с низким содержанием кремния), особенно, формованные и литые; твердостью 100 HB	ČSN 42 4400	1,00
	N2	Твердые сплавы алюминия, особенно литые и закаленные (с высоким содержанием кремния)	ČSN 42 4330	0,65
	N3	Мягкие сплавы меди, автоматная латунь и другие типы мягкой латуни и бронзы	ČSN 42 3135	0,60
	N4	Слабо обрабатываемые и твердые сплавы меди	ČSN 42 3145	0,40
	S1	Технически чистый титан, титановые сплавы α , $\alpha+\beta$ а β	TiAl6V4	1,75



Рисунок 10 – Выбор группы материала для сплава АЛ9 из каталога фирмы «Pramet».

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А (Позиция I).

Переход 1. Фрезеровать плоскость 6 (рис. 6).

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.628.ПЗ				

Выбираем тип фрезы E2R NEPU – фреза универсальная для обработки материалов группы N [12, с. 9]. На рисунке 11 показан выбор типа фрезы из каталога «Pramet» [12, с. 9]. На рис. 12 показана расшифровка инструмента.

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

■ - основное применение □ - условное применение

в

Рисунок 11 – Выбор типа фрезы

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ ФРЕЗ

ФРЕЗЫ НАСАДНЫЕ
ISO 11529-2
DIN ISO 11529-2

2
тип фрезы, вид и размер посадочной поверхности

A ISO 8438-1
B ISO 8438-2
C ISO 8438-3

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

6
главный угол в плане

K α_с = 90°
K α_с = 75°
K α_с = 60°
K α_с = 45°
K α_с = 30°
MO α_с = 30°
W

10
задний угол зачищенной фаски

N α_с = 0° E α_с = 25°
P α_с = 11° F α_с = 25°
D α_с = 15°

11
длина (ширина) режущей кромки

B [мм]
L [мм]

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

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

1
диаметр резания D [мм]

30
40
50
60
80

4
направление резания

R
L
N

5
способ крепления

C
S
W
F

7
форма пластины

S C T W R A

9
размер пластины или длина режущей кромки

α [мм]	S	C	T	W	R	A
6,35						09/11
7,94				05	08	
8,50						
9,525	09	09	16	05		12
10,00					10	
12,00						12
12,70	12	12	22	08		15
15,875	15					
16,00						15
25,00						25
25,40	25					

ФРЕЗЫ КОНЦЕВЫЕ
ISO 7848
DIN ISO 11529-2

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

1a
тип фрезы и главный угол в плане

A N
E H
J K

2a
длина вылета l [мм]

3a
тип хвостовика

A B E G X H

4a
размер хвостовика

ØD	Ød
30 - 52	16 - 32
ØD	Ød
15, 12, 16	14
20	20
25	25
32, 40	32
ØD	ØD или 16
15, 12, 16	32
20, 25, 30	30
40	34
ØD	7,24 No.
32, 40	48
50, 55, 60	58
ØD	7,24 No.
32, 40	48
50, 55, 60	58



Рисунок 12 – Система обозначения инструмента

(ромб), N – задний угол пластины (0°), 10 – размер пластины, N - задний угол (0°), 18 – ширина режущей кромки [12, с. 11].

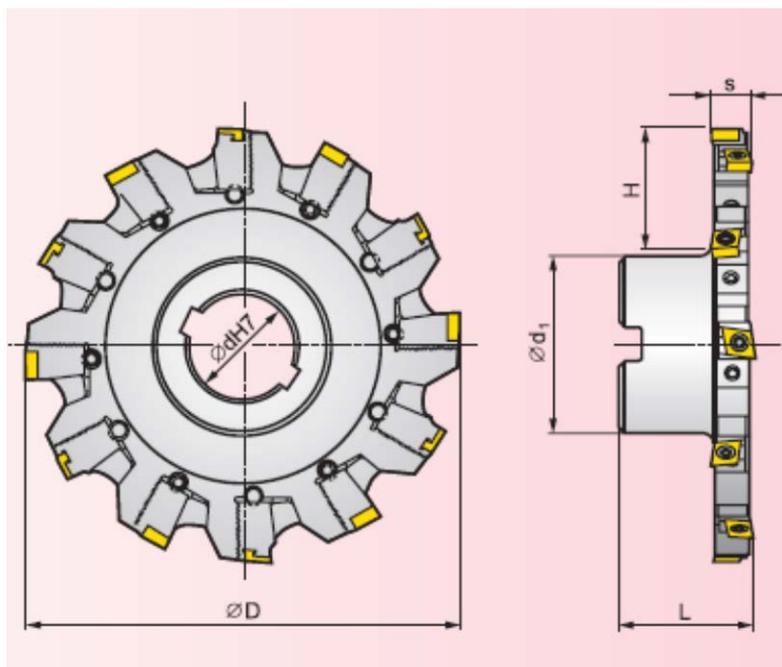


Рисунок 13 – Фреза дисковая 160B06R-S90CN10N18

Размеры фрезы (рис. 13): $D=160\text{мм}$, $d_1=70\text{мм}$, $s=18\text{мм}$, $L=50\text{мм}$, $H=44\text{мм}$ [12, с. 148].

Сменная многогранная пластина CNHQ 1005AZTN 8230 [12, с. 148], где С – форма пластины (ромб 35°), N – задний угол (0°), H – допуск, Q – исполнение СМП (с отверстием под винт), 10 – длина режущей кромки, 05 – толщина СМП (5,56мм), А – главный угол в плане (45°), Z – задний угол (спец.), Т – кромка с фаской, N – направление резания [12, с. 151].

8230 – материал пластины (твердый сплав с покрытием). Универсальный сплав с широкой областью применения [12, с. 263].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,1\dots0,3$ мм/зуб, $V_c=420\text{м/мин}$ [12, с. 274-275].

Переход 4. Фрезеровать фаску $1\times45^\circ$ на поверхности $\text{Ø}450\text{мм}$.

Выбираем двухрядную фрезу для обработки фасок 45T04R-S30XP1614-S [12, с. 136] (рис. 14),

где 45 – диаметр фрезы (мм), Т – тип фрезы (фреза дисковая), 04 – число

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,1...0,35$ мм/зуб, $V_c=260$ м/мин [12, с. 274-275].

Переход 5. Сверлить 11 отверстий 15 (рис. 6).

Сверло 303DA-12.0-40-A12-M [13, с. 20] (рис. 15),

где 3 – монолитное сверло, 03 – глубина сверления ($3 \cdot D$), D – обычное сверло, А – внутренний подвод СОЖ, 12.0 – диаметр сверла (12мм), 40 – глубина сверления (40мм), А – тип хвостовика (цилиндрический), 12 – диаметр хвостовика [13, с. 5].

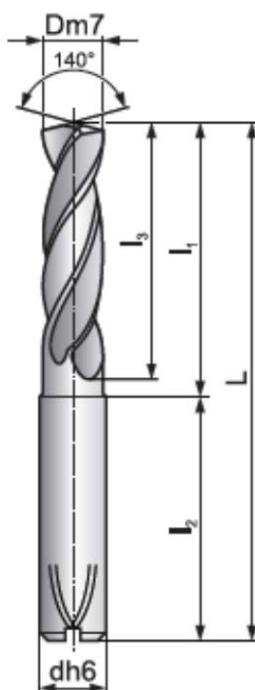


Рисунок 15 – Сверло 303DA-M

Размеры сверла: $Dm=12$ мм, $d=12h6$, $L=102$ мм, $l_1=57$ мм, $l_2=45$ мм, $l_3=55$ мм [13, с. 20].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [13, с. 18]: $f=0,40$ мм/об, $V_c=205$ м/мин.

Переход 6. Зенковать фаску в 11-ти отверстиях 17.

Сверло 303DA-16.0-45-A16-M [13, с. 20] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [13, с. 18]: $f=0,50$ мм/об, $V_c=205$ м/мин.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Переход 7. Расточить отверстие 8.

Растачивание выполняем в два этапа: в размер $\varnothing 199,5$ и в размер $\varnothing 200H7$.

Первый этап.

Головка D20090 402 [11, с. 78] (рис. 16),
где обозначено: D – расточная головка, 200 – черновое растачивание, 90 – размер хвостовика [11, с. 78].

Размеры головки: диапазон $C=\varnothing 160\dots 220$ мм, $D=145$ мм, $D_1=60$ мм, $L=100$ мм [11, с. 78].

Сменная вставка 3СТ90 402 [11, с. 78] (рис. 17).

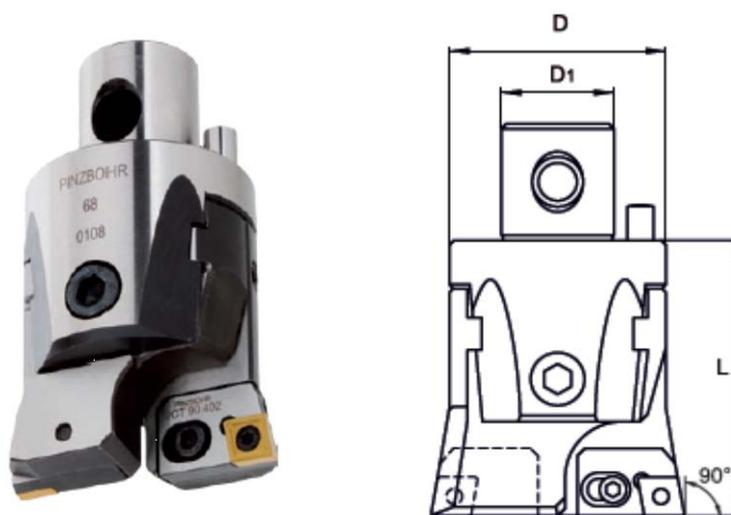


Рисунок 16 – Головка расточная тип D90



Рисунок 17 – Сменная вставка

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{pmax}=6,3$ мм, $V_c=150\dots 370$ м/мин, $f=0,30\dots 0,45$ мм/об [11, с. 132].

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Второй этап.

Головка A20090 402 [11, с. 541] (рис. 18).

Сменная вставка ЗСТ90 402 [11, с. 84] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].



Рисунок 18 – Головка расточная тип А90

Размеры головки: диапазон $C=\text{Ø}160\dots220\text{мм}$, $D=145\text{мм}$, $D_1=60\text{мм}$, $L=100\text{мм}$ [11, с. 84].

Рекомендуемые режимы резания на втором этапе: $a_{\text{pmax}}=0,25\dots0,75\text{мм}$, $V_c=30\dots45\text{м/мин}$, $f=0,1\dots0,25\text{ мм/об}$ [11, с. 132].

Переход 8. Расточить отверстие 4.

Головка D20090 402 [11, с. 78] (рис. 16)

Сменная вставка ЗСТ90 402 [11, с. 78] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{\text{pmax}}=6,3\text{мм}$, $V_c=150\dots370\text{м/мин}$, $f=0,30\dots0,45\text{ мм/об}$ [11, с. 132].

Позиция II

Переход 9. Фрезеровать торец 7.

Фреза торцевая 250C16R-S45SN12Z [10, с. 33] (рис. 19).

где обозначено: 250 – диаметр резания, С – тип фрезы, 16 – число пластин, R – направление резания, S – способ крепления (через отв. винтом), 45 – главный угол в плане, S – форма пластины (квадрат), N – задний угол

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

(равен 0°), l_2 – длина режущей кромки пластины [10, с. 12].

Размеры фрезы: $D=250\text{мм}$, $D_1=260\text{мм}$, $d=60\text{H7}$, $d_1=101,6\text{мм}$, $L=63\text{мм}$, $a_r=4,5\text{мм}$, $b=25,7\text{мм}$, $t=14$, $Z=16$ [10, с. 33].

Пластина SNMT 1205AZSR-R 8016 [10, с. 33],

где обозначено: S - форма пластины (квадратная), N - задний угол (равен 0°), M – класс допуска, T – тип СМП (специальная), 12 – номинальная длина режущей кромки, 05 – толщина СМП (5,56мм), AZ – пластина с фаской, S – закругленная кромка с фаской, R – направление вращения, 8016 – материал пластины (твердый износостойкий сплав для обработки алюминия, с покрытием) [10, с. 14].

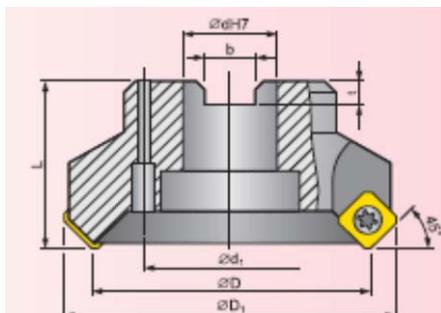


Рисунок 19 - Фреза торцевая

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 662]: $f=0,10\dots0,35$ мм/зуб, $V_c=50\dots260\text{м/мин}$ [10, с. 276].

Переход 10. Расточить отверстие 8.

Растачивание выполняем в два этапа: в размер $\varnothing 199,5$ и в размер $\varnothing 200\text{H7}$.

Первый этап.

Головка D20090 402 [11, с. 78] (рис. 16)

Сменная вставка ЗСТ90 402 [11, с. 78] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{p\text{max}}=6,3\text{мм}$, $V_c=150\dots370\text{м/мин}$, $f=0,30\dots0,45$ мм/об [11, с. 132].

Второй этап.

Головка A20090 402 [11, с. 541] (рис. 18).

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Сменная вставка 3СТ90 402 [11, с. 84] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания на втором этапе: $a_{pmax}=0,25...0,75$ мм, $V_c=30...45$ м/мин, $f=0,1...0,25$ мм/об [11, с. 132].

Переход 11. Расточить отверстие 9.

Головка D20090 402 [11, с. 78] (рис. 16)

Сменная вставка 3СТ90 402 [11, с. 78] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{pmax}=6,3$ мм, $V_c=150...370$ м/мин, $f=0,30...0,45$ мм/об [11, с. 132].

Переход 12. Сверлить 8 отверстий 1 под резьбу (рис. 6).

Сверло 303DA-6.8-24-A08-M [11, с. 20] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 15]: $f=0,28...0,35$ мм/об, $V_c=100$ м/мин.

Переход 13. Зенковать фаску в 8-ми отверстиях 1 (рис. 6).

Сверло 303DA-12.0-40-A12 [11, с. 17] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 15]: $f=0,50$ мм/об, $V_c=100$ м/мин.

Переход 14. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 1 (рис. 6).

Метчик МТН-М8х1.25ISO6Н-ТВ-V008 [11, с. 290],

где МТН – метчик со спиральной канавкой и со спиральной подточкой, М8 – тип и размер резьбы, 1.25ISO – шаг и форма резьбы, 6Н – допуск, Т – сквозное отверстие, В – заходная фаска 3,5-5 витков, V – универсальный метчик, 0 – дата выпуска (2014г), 08 – тип инструмента [11, с. 275] (рис. 20).

Размеры метчика: $d_{m}=6$ мм, $l_U=67$ мм, $l_f=90$ мм, $Z=3$ [11, с. 290].

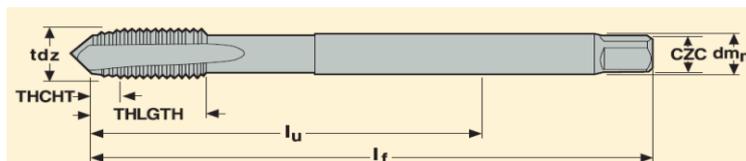


Рисунок 20 – Метчик Treadmaster-Taps MTH-V008

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						47

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 276]: $V_c=47\text{м/мин.}$

Установ Б (Позиция III).

Переход 1. Фрезеровать плоскость 16 (рис. 7).

Фреза торцевая 315C16R-S45SN12Z [10, с. 33] (рис. 19).

Пластина SNMT 1205AZSR-R 8016 [10, с. 33].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 276]:

$f=0,10\dots0,35\text{ мм/зуб, } V_c=50\dots260\text{м/мин.}$

Переход 2. Расточить последовательно два отверстия 13 (рис. 7).

Головка D20090 402 [11, с. 78] (рис. 16).

Сменная вставка 3СТ90 402 [11, с. 78] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{p\text{max}}=6,3\text{мм, } V_c=150\dots370\text{м/мин,}$
 $f=0,30\dots0,45\text{ мм/об [11, с. 132].}$

Переход 3. Расточить последовательно два отверстия 14 (рис. 7).

Головка D20090 402 [11, с. 78] (рис. 16).

Сменная вставка 3СТ90 402 [11, с. 78] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL HF7 [11, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{p\text{max}}=6,3\text{мм, } V_c=150\dots370\text{м/мин,}$
 $f=0,30\dots0,45\text{ мм/об [11, с. 132].}$

Переход 4. Сверлить 16-ть отверстий 10 и 11 под резьбу (рис. 7).

Сверло 303DA-8.5-35-A10-M [11, с. 21] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 19]: $f=0,33\text{ мм/об,}$
 $V_c=205\text{м/мин.}$

Переход 5. Зенковать фаску в 16-ти отверстиях 10 и 11 (рис. 7).

Сверло 303DA-12-40-A12-M [11, с. 21] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 19]: $f=0,43\text{ мм/об,}$
 $V_c=205\text{м/мин.}$

Переход 6. Нарезать резьбу в 16-х отверстиях 10 (рис. 7).

Метчик МТН-М10х1.50ISO6Н-ТВ-V008 [11, с. 290].

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 276]: $V_c=47$ м/мин.

Позиция IV.

Переход 7. Фрезеровать плоскость 12 (рис. 7).

Фреза торцевая 315C16R-S45SN12Z [10, с. 33] (рис. 19).

Пластина SNMT 1205AZSR-R 8016 [10, с. 33].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 276]:

$f=0,10...0,35$ мм/зуб, $V_c=50...260$ м/мин.

Переход 8. Сверлить 8-мь отверстий 10 и 11 под резьбу (рис. 7).

Сверло 303DA-8.5-35-A10-M [11, с. 21] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 19]: $f=0,33$ мм/об,
 $V_c=205$ м/мин.

Переход 9. Зенковать фаску в 8-ми отверстиях 10 и 11 (рис. 7).

Сверло 303DA-12-40-A12-M [11, с. 21] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 19]: $f=0,43$ мм/об,
 $V_c=205$ м/мин.

Переход 10. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 10 и 11 (рис. 7).

Метчик МТН-М10х1.50ISO6Н-ТВ-V008 [11, с. 290].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 276]: $V_c=47$ м/мин.

Элементы режимов резания сведем в таблицу 12.

Таблица 12 - Элементы режима резания по переходам

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	Sm, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А (Поз. I)					
Переход 1	5,0	0,104	265	2548	160
Переход 2	5,0	0,104	265	2548	160
Переход 3	5,0	1,50	1254	836	420
Переход 4	1,0	3,52	6477	1840	260
Переход 5	5,5	0,40	2176	5441	205
Переход 6	1,6	0,50	2040	4080	205
Переход 7	4,75	0,37	153	414	260
	0,25	0,12	8,6	72	45

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6
Переход 8	5,0	0,37	149	404	260
Переход 9	5,0	3,52	6477	1840	260
Переход 10	4,75	0,37	153	414	260
	0,25	0,12	8,6	72	45
Переход 11	5,0	0,37	146	394	260
Переход 12 (Поз. II)	3,4	0,32	1499	4683	100
Переход 13	1,6	0,50	1327	2654	100
Переход 14	0,6	1,25	2339	1871	47
Установ Б (Поз. III)					
Переход 1	6,0	3,52	926	263	260
Переход 2	6,0	0,37	186	503	300
Переход 3	5,0	0,37	177	478	300
Переход 4	4,25	0,33	1360	4121	110
Переход 5	1,6	0,43	1255	2919	110
Переход 6	0,75	1,5	2246	1497	47
Переход 7 (Поз. IV)	2,0	3,52	926	263	260
Переход 8	4,25	0,33	1360	4121	110
Переход 9	1,6	0,43	1255	2919	110
Переход 10	0,75	1,5	2246	1497	47

Все элементы режимов резания представленные в таблице 12 соответствуют требованиям каталога фирмы «Pramet» при выборе инструмента с учетом обрабатываемого материала.

1.2.4.3. Выбор и описание технологической оснастки

Операция 005 Комплексная с ЧПУ (Установ А).

Применяется специальное зажимное приспособление. Схема базирования показана на рисунке 21.

Заготовка базируется на нижнюю плоскость А, отверстие В и отверстие В

Операция 005 Комплексная с ЧПУ (Установ Б).

Применяется специальное зажимное приспособление. Схема базирования показана на рисунке 22.

Заготовка базируется на обработанную плоскость Г и на обработанные

отверстия Д и Е. Зажим заготовки осуществляется за верхнюю поверхность.

Схема базирования представленная на рисунке 21 обеспечивает выполнения требования чертежа к детали по торцевому и радиальному биению, а также позиционному допуску отв.М8 относительно баз.

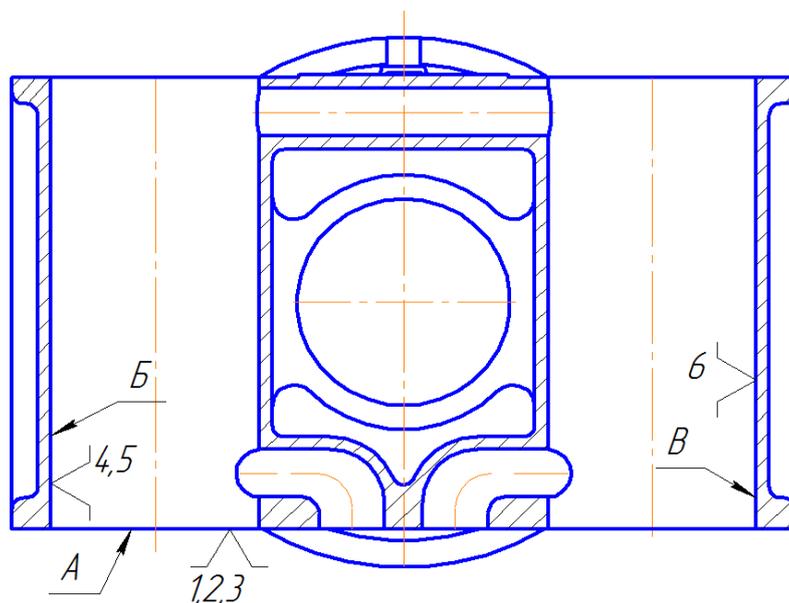


Рисунок 21 - Черновые базы в проектируемом варианте

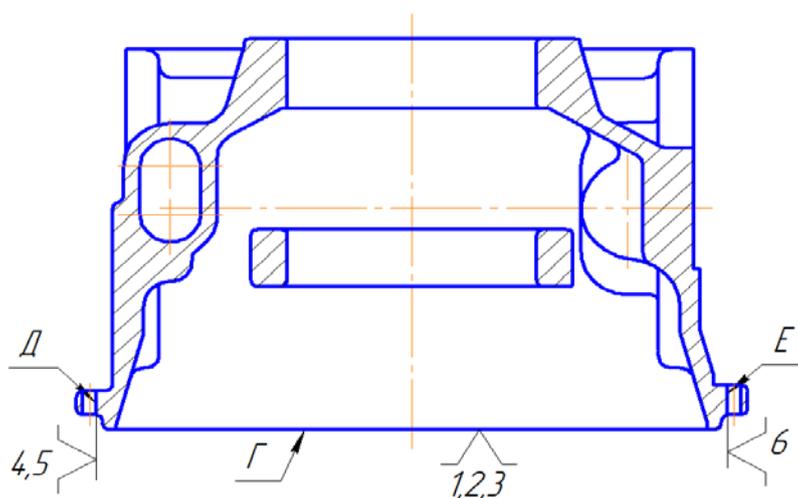


Рисунок 22 - Чистовые базы в проектируемом варианте

Схема базирования представленная на рисунке 22 обеспечивает выполнение требований чертежа к детали по торцевому биению, плоскостности, а также позиционному допуску отв. М10 относительно базы.

1.2.4.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)

Деталь зажимается в специальном приспособлении. Определим силу зажима детали на операции 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ, установ А, переход 9.

Базирование детали.

В нашем случае базой будет поверхность «А», отверстие «Б» и отверстие «В». Поверхность «А» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отверстие «Б» – 2-х степеней свободы (двух перемещений), отверстие «В» - 1 степени свободы. Таким образом, базирование полное.

Схема базирования представлена на рисунке 21.

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

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

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

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

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

Тогда:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 5^1 \cdot 0,29^{0,75} \cdot 224^{1,1} \cdot 12}{250^{1,3} \cdot 1840^{0,2}} \cdot 1,5 \cdot 0,25 = 4791 \text{ Н}$$

$$P_y = 0,35 \cdot P_z = 0,35 \cdot 4791 = 1677 \text{ Н}$$

$$P_{YZ} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{4791^2 + 1677^2} = 5076 \text{ Н}$$

Расчет коэффициента запаса сил резания.

При расчете сил зажима заготовки силы и моменты сил резания увеличивают в несколько раз, вводя в формулы коэффициент запаса K . Это

повышает надежность закрепления заготовки. Коэффициент определяют по формуле [4, с. 382...384]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (8)$$

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

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

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

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

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

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

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

Подставим значения коэффициентов в формулу (8):

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

Расчет требуемых сил зажима.

Найдем величину сил зажима из условия, что заготовка сохраняет неподвижное состояние под действием сил зажима, реакций опор и сил резания. На рисунке 23 представлена графическая модель равновесия заготовки.

Для сохранения равновесия должны соблюдаться условия:

$$P_Y \leq F_{TP} + F_{TP} \text{ или}$$

$$k \cdot P_Y = 2 \cdot F_{TP}$$

$$F_{TP} = f \cdot W$$

$$N = W - P_Z$$

Тогда:

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$k \cdot P_y = f \cdot W + f \cdot W - f \cdot P_z, \text{ откуда } W = \frac{k \cdot P_y + f \cdot P_z}{2 \cdot f}$$

где f – коэффициент трения, примем $f=0,25$.

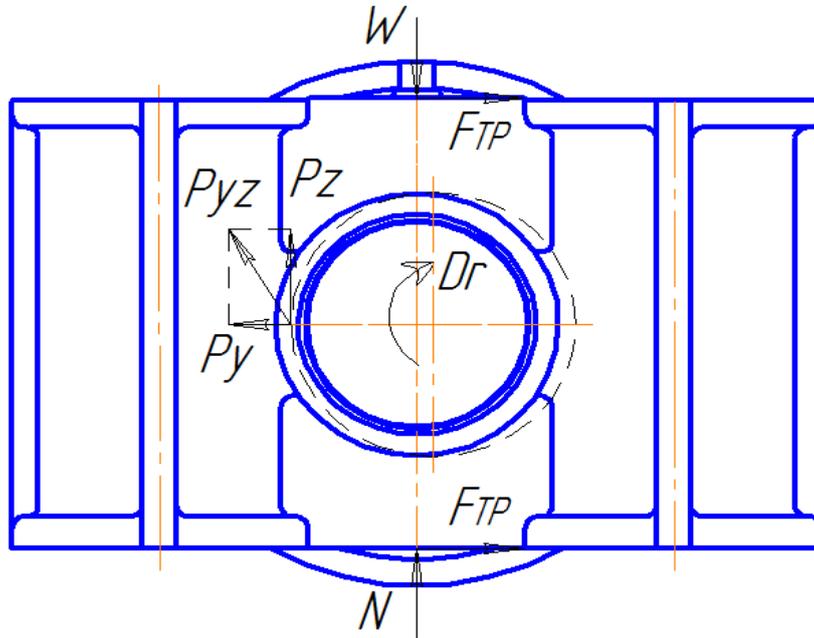


Рисунок 23 – Графическая модель равновесия заготовки

Тогда:

$$W = \frac{2,16 \cdot 1677 + 0,25 \cdot 4791}{2 \cdot 0,25} = 9640 \text{ Н}$$

Чтоб обеспечить неподвижность заготовки в специальном приспособлении, её необходимо зажать одной силой $W = 9640 \text{ Н}$

1.3. Технологические расчеты

1.3.1. Расчет припусков

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

Расчет припусков аналитическим методом

Материал – сплав АЛ9 ГОСТ 1583-93.

Масса заготовки $m_3=44,6$ кг.

Определим припуск на размер на отверстие $\varnothing 200H7(+0,046)$

Технологический маршрут обработки отверстия $\varnothing 200H7(+0,046)$:

- точение черновое
- точение чистовое
- точение тонкое

Определим элементы припуска [7, с. 186 табл.12 и 8, с. 188 табл.25] и занесем в таблицу 13.

Определим пространственные отклонения заготовки [8, с. 67 табл. 4.7]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (9)$$

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

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

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot \ell = 0,8 \cdot 40 = 0,032 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2^2 + 0,032^2} = 2,0 \text{ мм} = 2000 \text{ мкм.}$$

Остаточные пространственные отклонения [8, с. 37]:

-после чернового растачивания

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2000 = 100 \text{ мкм;}$$

-после чистового растачивания;

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ мкм}$$

-после тонкого растачивания

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки определим по [8, с. 75 табл. 410].

Расчетный минимальный припуск определим по формуле, а результаты занесем в таблицу 13.

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (10)$$

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

Определим наименьший предельный размер путем округления в сторону увеличения расчетных размеров Dp до той же значащей цифры, что и у допуска.

Наибольшие предельные размеры получим путем прибавления допуска к наименьшему предельному размеру.

Определим предельные значения припусков по формулам:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np}, \quad (11)$$

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

Определим общий припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{оном}} = 2 \cdot Z_{\text{o min}} + \frac{\sigma_3}{2} - \sigma_3 = 5,816 + \frac{1,2}{2} - 0,016 = 6,4 \text{ мм} \quad (13)$$

Таблица 13 - Расчет припусков на размер $\varnothing 200\text{H}7(+0,046)$

Технологич. переходы обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетн. припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер, Dp, мм	Допуск δ , мм	Предельный размер, мм		Предельное значение припуска, мм	
	Rz	h	ρ	ε				Dmin	Dmax	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Заготовка	200	300	2000			194,20	3,20	194,20	197,40		
-----------	-----	-----	------	--	--	--------	------	--------	--------	--	--

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Черновое расточива- ние	50	50	100	150	2·2506	199,212	0,46	199,21	199,67	2,27	5,01
Чистовое расточива- ние	25	25	40	150	2·280	199,772	0,115	199,772	199,887	0,217	0,562
Тонкое расточива- ние	10	10		50	2·114	200,0	0,046	200,0	200,046	0,159	0,228

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2,646 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 5,80 \text{ мм}$$

Произведем проверку по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad (14)$$

$$5,01 - 2,27 = 3,2 - 0,46 = 2,74 \text{ мм}$$

$$0,562 - 0,217 = 0,46 - 0,115 = 0,345 \text{ мм}$$

$$0,228 - 0,159 = 0,115 - 0,046 = 0,069 \text{ мм}$$

На рисунке 24 представлена графическая схема припусков и допусков.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

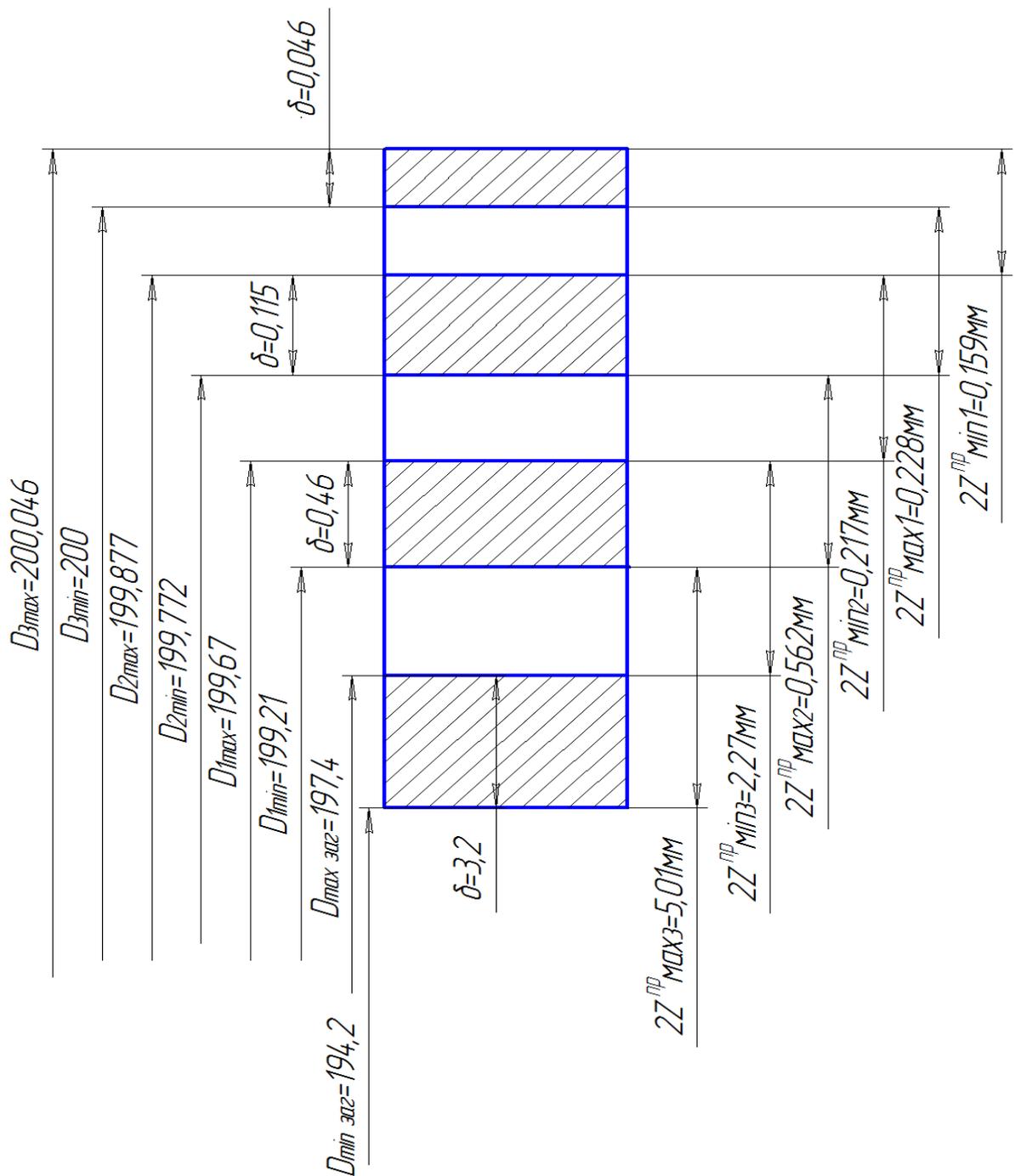


Рисунок 24 - Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности $\text{Ø}200\text{H}7^{(+0,046)}$

Табличный метод расчета припусков.

На рисунках 6 и 7 покажем эскизы детали, проставим размеры и назначим на них припуски по [1, с. 184-189, табл. 27 и 28], а результаты занесем в таблицу 14.

Таблица 14 - Припуски и допуски на обработку, мм

Технологические переходы	Поверхность	Припуск	Размер предварительный	Отклонения
Фрезерование однократное	7	5,0	322,0	± 2,2
	12	2,0	434,5	± 2,2
	16	6,0	434,5	± 2,2
Точение: - черновое	3	2·4,0	465	± 2,20
	5	4,5	310	± 2,20
	6	4,5	322	± 2,20
	8	2·4,0	185	± 1,80
	13	2·5,0	178	± 1,80
- чистовое	3	2·0,7	457	-1,55
	5	0,5	306,5	-1,3
	6	0,5	317,5	-1,4
	8	2·0,7	198	+1,15
	13	2·0,5	188	+1,15
- тонкое	3	2·0,30	450,6	-0,155
	8	2·0,30	194,4	-0,115

Припуски на поверхности детали, представленные в таблице 13 соответствуют, выбранному способу получения заготовки, степени точности отливки и материалу детали.

1.3.2. Расчет технических норм времени

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [4, с. 99]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{ом}, \quad (15)$$

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

$T_{шт}$ – штучное время на операцию;

n - количество деталей в партии, $n=12$ шт;

t_0 - основное время, мин;

$t_{в}$ - вспомогательное время;

$t_{об}$ - время на обслуживание рабочего места;

$t_{от}$ - время перерывов на отдых и личные надобности.

Вспомогательное время определяется по формуле [4, с. 99]:

$$t_{в} = t_{уc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{и.з}, \quad (16)$$

где $t_{уc}$ - время на установку и снятие детали;

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

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

$t_{и.з}$ - время на измерение детали, мин.

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [4, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (17)$$

где $t_{тех}$ - время на техническое обслуживание;

$t_{орг}$ - время на организационное обслуживание;

Основное время [4, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (18)$$

где l - расчетная длина;

i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [4, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (19)$$

где l_0 - длина обработки поверхности;

$l_{вр}$ - величина врезания инструмента;

$l_{пер}$ - величина перебега.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Операция 005 Комбинированная на ОЦ с ЧПУ (Установ А, поз. I).

Переход 1. Фрезеровать плоскость 6.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 1395\text{мм}$.

Величина врезания и перебега [4, с. 95]:

$$l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 53\text{мм}$$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1395 + 53 = 1448\text{мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{1448}{265} = 5,46\text{мин}$$

Переход 2. Фрезеровать плоскость 5 и поверхность 3.

$l_0 = 1411\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 73\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1411 + 73 = 1484\text{мм}$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{02} = \frac{1484}{265} \cdot 2 = 11,2\text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать плоскость 5 с противоположной стороны.

$l_0 = 1415\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 77\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1415 + 77 = 1492\text{мм}$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{03} = \frac{1492}{1254} \cdot 2 = 2,38\text{мин}$$

Переход 4. Фрезеровать фаску $1 \times 45^\circ$ на поверхности $\varnothing 450\text{мм}$.

$l_0 = 1410\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 65\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1410 + 65 = 1475\text{мм}$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{04} = \frac{1475}{6477} = 0,23\text{мин}$$

Переход 5. Сверлить 11 отверстий 17.

$l_0 = 16\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 16 + 4 = 20\text{мм}$

Число проходов равно $i=11$.

$$t_{05} = \frac{20}{2176} \cdot 11 = 0,10\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Переход 6. Зенковать фаску в 11-ти отверстиях 17.

$$l_0 = 1,8\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4,2\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1,8 + 4,2 = 6\text{мм}$$

Число проходов равно $i=11$.

$$t_{06} = \frac{6}{2040} \cdot 11 = 0,03\text{мин}$$

Переход 7. Расточить отверстие 8.

$$l_0 = 43\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 127\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 43 + 127 = 170\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{07} = \frac{170}{153} + \frac{170}{8,6} = 20,9\text{мин}$$

Переход 8. Расточить отверстие 4.

$$l_0 = 3\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 123\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 3 + 123 = 126\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{08} = \frac{126}{149} = 0,85\text{мин}$$

Переход 9. Фрезеровать торец 7 (Поз. II).

$$l_0 = 250\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 156\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 250 + 156 = 406\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{09} = \frac{406}{6477} \cdot 2 = 0,13\text{мин}$$

Переход 10. Расточить отверстие 8.

$$l_0 = 46\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 16\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 46 + 16 = 62\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{010} = \frac{62}{153} + \frac{62}{8,6} = 7,6\text{мин}$$

Переход 11. Расточить отверстие 9.

$$l_0 = 8\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 7\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 8 + 7 = 15\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{011} = \frac{15}{1499} = 0,01\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Переход 12. Сверлить 8 отверстий 1 под резьбу.

$$l_0 = 20\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 5\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 20 + 5 = 25\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{012} = \frac{25}{1630} \cdot 8 = 0,12\text{мин}$$

Переход 13. Зенковать фаску в 8-ми отверстиях 1.

$$l_0 = 1,8\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4,4\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1,8 + 4,2 = 6\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{013} = \frac{6}{1327} \cdot 8 = 0,04\text{мин}$$

Переход 14. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 1.

$$l_0 = 16\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 25\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 16 + 25 = 41\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{014} = \frac{41}{2339} \cdot 8 = 0,14\text{мин}$$

Общее машинное время на установе А:

$$t_{0A} = 5,46 + 11,2 + 20,38 + 0,23 + 0,10 + 0,03 + 20,9 + 0,85 + 0,13 + 7,6 + 0,01 + 0,12 + 0,04 + 0,14 = 67,19 \text{ мин}$$

Установ Б (Поз. III).

Переход 1. Фрезеровать плоскость 16.

$$l_0 = 715\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 310\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 715 + 310 = 1025\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{1025}{926} = 1,1\text{мин}$$

Переход 2. Расточить последовательно два отверстия 13.

$$l_0 = 424\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 50\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 424 + 50 = 474\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{02} = \frac{474}{186} \cdot 2 = 5,09\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Переход 3. Расточить последовательно два отверстия 14 (рис. 10).

$$l_0 = 24\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 8\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 24 + 8 = 32\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{03} = \frac{32}{177} \cdot 2 = 0,36\text{мин}$$

Переход 4. Сверлить 16 отверстия 10 под резьбу.

$$l_0 = 31\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 37\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 31 + 37 = 68\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=16$.

$$t_{04} = \frac{68}{1360} \cdot 16 = 0,80\text{мин}$$

Переход 5. Зенковать фаску в 16-ти отверстиях 10.

$$l_0 = 1,6\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4,4\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1,6 + 4,4 = 6\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=16$.

$$t_{05} = \frac{6}{2246} \cdot 16 = 0,04\text{мин}$$

Переход 6. Нарезать резьбу в 16-ти отверстиях 10.

$$l_0 = 25\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 7\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 25 + 7 = 32\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=16$.

$$t_{06} = \frac{32}{926} \cdot 16 = 0,55\text{мин}$$

Переход 7. Фрезеровать плоскость 12 (**Поз. IV**).

$$l_0 = 270\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 250\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 270 + 250 = 520\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{07} = \frac{520}{926} \cdot 2 = 1,12\text{мин}$$

Переход 8. Сверлить 8-мь отверстий 10 и 11 под резьбу

$$l_0 = 20\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 7\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 20 + 7 = 27\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{08} = \frac{27}{1360} \cdot 8 = 0,16\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Переход 9. Зенковать фаску в 8-ми отверстиях 10 и 11.

$$l_0 = 1,8\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4,2\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 1,8 + 4,2 = 6\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{09} = \frac{6}{1255} \cdot 8 = 0,04\text{мин}$$

Переход 10. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 10 и 11.

$$l_0 = 17\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 25\text{мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 17 + 25 = 42\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{010} = \frac{42}{2246} \cdot 8 = 0,03\text{мин}$$

Общее машинное время на установке Б:

$$t_{OB} = 1,11 + 5,09 + 0,36 + 0,80 + 0,04 + 0,55 + 1,12 + 0,16 + 0,04 + 0,03 = 9,3\text{ мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$T_0 = 67,19 + 9,3 = 76,49\text{мин}$$

Определим элементы вспомогательного времени [5, с. 98]:

$$t_{yc} = 4,55\text{ мин}.$$

$$t_{up} = 10,12\text{ мин}.$$

$$t_{изм} = 13,18\text{ мин}.$$

$$t_B = 4,55 + 10,12 + 13,18 = 27,85\text{ мин}.$$

Оперативное время [5, с. 101]:

$$t_{OP} = T_0 + t_B = 76,49 + 27,85 = 104,34\text{мин}$$

Время технического обслуживания [5, с. 102]:

$$t_{tex} = \frac{6 \cdot t_{OP}}{100} = \frac{6 \cdot 104,34}{100} = 6,26\text{мин}$$

Время организационного обслуживания [5, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{OP}}{100} = \frac{8 \cdot 104,34}{100} = 8,35\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Время на отдых [5, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{он}}{100} = \frac{2,5 \cdot 104,34}{100} = 2,61 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 104,34 + 6,26 + 8,35 + 2,61 = 121,56 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [5, с. 216-217]: $T_{пз} = 21 \text{ мин}$

Тогда:

$$T_{шт-к} = \frac{21}{12} + 121,56 = 123,3 \text{ мин}$$

Расчет норм времени сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Нормы времени, мин.

Наименование операции, перехода, позиции	t_o	t_v	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
Операция 005 Комплексная с ЧПУ		27,85	6,26	8,35	2,61	121,56	123,3
Установ А (поз. I)							
Переход 1	5,46						
Переход 2	11,2						
Переход 3	2,38						
Переход 4	0,23						
Переход 5	0,10						
Переход 6	0,03						
Переход 7	20,9						
Переход 8	0,85						
Переход 9 (поз. II)	0,13						
Переход 10	7,6						
Переход 11	0,11						
Переход 12	0,12						
Переход 13	0,04						
Переход 14	0,14						
Установ Б (поз. V)							
Переход 1	1,11						
Переход 2	5,09						
Переход 3	0,36						
Переход 4	0,80						
Переход 5	0,04						
Переход 6	0,55						
Переход 7 (поз. IV)	1,12						
Переход 8	0,16						
Переход 9	0,04						
Переход 10	0,28						

Рассчитаем K_{30} для операции 005 Комбинированная на ОЦ с ЧПУ:

$m_p = 1150 \cdot 123,3 / (60 \cdot 5919 \cdot 0,85 \cdot 1,02) = 0,46$; приму $P=1,0$;

$\eta_{з.ф.} = 0,46 / 1 = 0,46$; $O = 0,75 / 0,46 = 1,63$, примем $O=2$.

Тогда:

$K_{3.0.} = 2/1 = 2$, что соответствует крупносерийному типу производства.

1.4. Выбор схемы контроля детали

Приспособление предназначено для контроля биения нижнего торца относительно отверстия $\varnothing 200H9$.

Принцип работы приспособления

Приспособление (рис. 25) представляет собой плиту, на которую установлена деталь. Индикатор крепится к оправке с помощью державки. Положение державки с индикатором регулируется с помощью ручки. В отверстие $\varnothing 200$ устанавливается оправка с индикатором. Ножка индикатора устанавливается на торец детали и поворачивая оправку с индикатором вокруг оси фиксируем колебание стрелки индикатора, которое и показывает отклонение биения торца относительно отверстия.

Характеристики контрольно-измерительного прибора по паспорту:

Тип измерительной головки – 1 ИГ.

Пределы измерений – от 0 до 1мм.

Цена деления шкалы – 0,001мм.

Класс и допускаемая погрешность – кл. т. 1, погрешность 1,4мкм.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

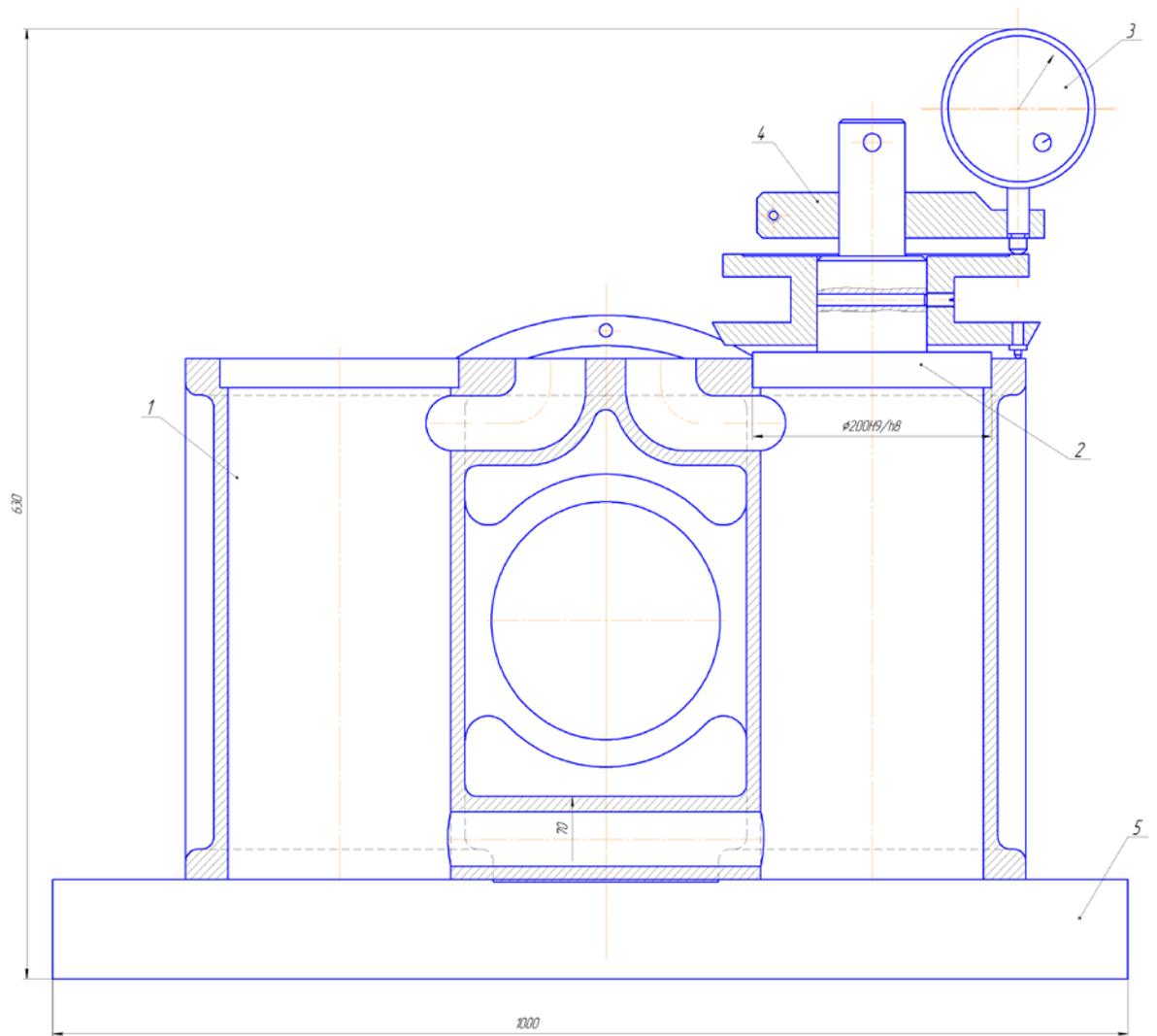


Рисунок 25 - Контрольно-измерительное приспособление

1 - измеряемая деталь, 2 - оправка, 3 - измерительная головка,
4 - державка, 5 - поверочная плита

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

68

2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Виды и характер работ по проектированию технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ существенно отличаются от работ, проводимых при использовании обычного универсального и специального оборудования. Прежде всего, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходим детально разработанный технологический процесс, построенный по переходам. При обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна. Рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства [13].

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. Это налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

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

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

определить обрабатываемые контуры и траекторию движения инструмента в процессе обработки, установить последовательность обработки контуров. Без этого не возможно рассчитать координаты опорных точек, осуществить точную размерную увязку траектории инструмента с системой координат станка, исходной точкой положения инструмента и положением заготовки.

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.

Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом:

- процесс механической обработки делить на стадии (черновую, чистовую и отделочную), что обеспечивает получение заданной точности обработки за счет снижения ее погрешности вследствие упругих перемещений системы СПИД, температурных деформаций и остаточных напряжений. При этом, следует иметь в виду, что станки с ЧПУ более жесткие по сравнению с универсальными станками, с лучшим отводом теплоты из зоны резания, поэтому допускается объединение стадий обработки. Например, на токарных станках с ЧПУ часто совмещаются черновая и чистовая операции, благодаря чему значительно снижается трудоемкость изготовления детали, повышается коэффициент загрузки оборудования;

- в целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций);

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- при выборе последовательности операций стремиться к обеспечению полной обработки детали при минимальном числе ее установок;

- для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и выполнять на одинаковых установках, либо подобрать другой станок с более емким магазином;

- при точении заготовок типа тел вращения первоначально обрабатывается более жесткая часть (большой диаметр), а затем зона малой жесткости.

Обрабатывающий центр с ЧПУ модели Haas EC-400 оснащен системой ЧПУ FANUC 0 iMate – MB. Конфигурация ЧПУ FANUC 0 iMate – MB [13]:

- в каждом кадре 3 типа M-функций;
- вызов до 4 вложений подпрограмм;
- упрощенное программирование углов и скруглений для фасок и радиусов;

- циклы обработки FANUC, черновая обработка за один проход, нарезание наружной резьбы за один проход;

- циклы обработки FANUC, черновая обработка с увеличивающимся (тип I) или уменьшающимся (тип II) профилем, нарезание наружной резьбы за несколько проходов;

- циклы FANUC для осевого сверления, с удалением стружки, осевое развертывание и осевое нарезание внутренней резьбы;

- циклы SCHAUUBLIN, осевое сверление, сверление с удалением стружки, осевое развертывание, осевое нарезание внутренней резьбы, торцевая канавка, внутренние и наружные канавки, наружное нарезание резьбы за несколько проходов;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

- программируемое смещение нулевой точки;
- доводка или восстановление наружной резьбы в режиме работы MANUAL GUIDE (РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ);
- обработка по направлению X- в режиме работы MANUAL GUIDE;
- копирование и переименование программ ISO;
- индикация времени обработки и количества деталей;
- индикация каталогов (программ) на экране (устройство ввода FANUC);
- пересчет размеров дюймы/метрические величины;
- 125 программ ISO;
- 32 корректоров инструмента;
- нарезание наружной резьбы с переменным шагом;
- непрерывное нарезание наружной резьбы (цепь резьбы с разными шагами);
- нарезание наружной цилиндрической резьбы;
- язык программирования макро В (для программирования циклов пользователем).

В режиме работы MANUAL GUIDE могут вводиться в память максимум 25 программ, состоящих из одного или нескольких процессов. Для простого процесса обработки (центровка, сверление, нарезание внутренней резьбы и т.д.) используется только один единственный блок памяти [13].

Для сложных процессов (черновая обработка, чистовая обработка и т.д.) в зависимости от количества программируемых геометрических элементов используется несколько блоков программы.

Разработка фрагмента управляющей программы обработки для операции 005(установ А).

Контур обрабатываемой детали, траектория движения инструмента, таблицы с опорными точками приведен на плакате к операции 005 установ А.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Фрагмент управляющей программы на операцию 005 представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Фрагмент управляющей программы на операцию 005 (установ А)

1	2
Переход 1. Фрезеровать плоскость 6	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T01 M06	Выбор фрезы концевой, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H01	Компенсация длины инструмента
M03 S2548	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X439 Y-227 Z180	Быстрое перемещение инструмента 1 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z177 F0.104 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G2 X439 Y-227 I-227 J215	Круговая интерполяция по часовой стрелке с рабочей подачей
G0 X439 Y-227 Z180	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
X442,5 Z168	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
Переход 2. Фрезеровать плоскость 5 и поверхность 3	
G1 Z165 F0.104	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи
G2 X442,5 Y-227 I-227 J215	Круговая интерполяция по часовой стрелке с рабочей подачей
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 Z168	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 3. Фрезеровать плоскость 5 с противоположной стороны	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах

Продолжение таблицы 16

1	2
T02 M06	Выбор фрезы дисковой, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H02	Компенсация длины инструмента
M03 S1758	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X543 Y-227 Z150	Быстрое перемещение инструмента 2 в опорную точку с указанными координатами
G1 X440 F1.5 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G2 X440 Y-227 I-227 J215	Круговая интерполяция по часовой стрелке с рабочей подачей
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X543 Y-227 Z150	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 4. Фрезеровать фаску 1x45° на поверхности Ø450мм	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T03 M06	Выбор фрезы фасочной, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H03	Компенсация длины инструмента
M03 S1840	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X442.5 Y-227 Z180	Быстрое перемещение инструмента 3 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z175.5 F3.52 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G2 X442.5 Y-227 I-227 J215	Круговая интерполяция по часовой стрелке с рабочей подачей
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X442.5 Y-227 Z180	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами

Продолжение таблицы 16

1	2
X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 5. Сверлить 11 отверстий 17	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T04 M06	Выбор сверла, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H04	Компенсация длины инструмента
M03 S4922	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X436,9 Y-308,2 Z168	Быстрое перемещение инструмента 4 в опорную точку с указанными координатами,
G81 Z146 R3 F0.4 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ
Y-145,8	Переход и сверление отверстия 2
X349,7 Y-32,5	Переход и сверление отверстия 3
X213,5 Y-10,5	Переход и сверление отверстия 4
.....	
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 6. Зенковать фаску в 11-ти отверстиях 17.	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T05 M06	Выбор сверла, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H05	Компенсация длины инструмента
M03 S3609	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X436,9 Y-308,2 Z168	Быстрое перемещение инструмента 5 в опорную точку с указанными координатами
G81 Z164 R3 F0.44 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 16

1	2
Y-145,8	Переход и зенкование фаски в отверстиях 2
X349,7 Y-32,5	Переход и зенкование фаски в отверстиях 3
X213,5 Y-10,5	Переход и зенкование фаски в отверстиях 4
.....	
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 7. Расточить отверстие 8 предварительно	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T06 M06	Выбор расточной головки, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H06	Компенсация длины инструмента
M02 S414	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелки
G0 X215 Y-227 Z70	Быстрое перемещение инструмента 6 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z10 F0.37 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Z70	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 7. Расточить отверстие 8 окончательно	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T07 M06	Выбор расточной головки, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H07	Компенсация длины инструмента
M02 S72	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелки

Продолжение таблицы 16

1	2
G0 X215 Y-227 Z70	Быстрое перемещение инструмента 7 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z10 F0.12 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Z70	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 8. Расточить отверстие 4	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T08 M06	Выбор расточной головки, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H08	Компенсация длины инструмента
M02 S404	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелки
G0 X215 Y-227 Z70	Быстрое перемещение инструмента 6 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z52,5 F0.37 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Z70	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 9. Фрезеровать поверхность 7	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T09 M06	Выбор фрезы торцевой, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H09	Компенсация длины инструмента

Продолжение таблицы 16

1	2
M03 S1840	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X215 Y17 Z135	Быстрое перемещение инструмента 9 в опорную точку с указанными координатами
G1 Y440 F3.52 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 10. Расточить отверстие 8 предварительно	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T06 M06	Выбор расточной головки, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H06	Компенсация длины инструмента
M02 S414	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелки
G0 X215 Y227 Z138	Быстрое перемещение инструмента 6 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z78 F0.37 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Z138	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 10. Расточить отверстие 8 окончательно	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T07 M06	Выбор расточной головки, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H07	Компенсация длины инструмента

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 16

1	2
M02 S72	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелки
G0 X215 Y-227 Z138	Быстрое перемещение инструмента 7 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z78 F0.12 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Z138	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 11. Расточить отверстие 9	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T08 M06	Выбор расточной головки, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H08	Компенсация длины инструмента
M02 S394	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелки
G0 X215 Y-227 Z138	Быстрое перемещение инструмента 8 в опорную точку с указанными координатами
G1 Z127 F0.37 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Z138	Быстрое перемещение инструмента в точку с указанными координатами
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 12. Сверлить 8 отверстий 1 под резьбу	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах

Продолжение таблицы 16

1	2
T10 M06	Выбор сверла, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H10	Компенсация длины инструмента
M03 S4683	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X322 Y184,8 Z138 M08	Быстрое перемещение инструмента 10 в опорную точку с указанными координатами, включение СОЖ
G81 Z113 R3 F0.32 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче включение СОЖ
X319,7 Y-274,5	Переход и сверление отверстия 2
X253,4 Y315,5	Переход и сверление отверстия 3
X163,7Y329,9	Переход и сверление отверстия 4
.....	
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 13. Зенковать фаску в 8-ми отверстиях 1	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T11 M06	Выбор сверла, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H11	Компенсация длины инструмента
M03 S2654	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X322 Y184,8 Z138	Быстрое перемещение инструмента 11 в опорную точку с указанными координатами,
G81 Z113 R3 F0.5 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче включение СОЖ
X319,7 Y-274,5	Переход и сверление фаски в отверстии 2
X253,4 Y315,5	Переход и сверление фаски в отверстии 3
X163,7 Y329,9	Переход и сверление фаски в отверстии 4
.....	

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

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

80

Окончание таблицы 16

1	2
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 14. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 1	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T12 M06	Выбор метчика, смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H12	Компенсация длины инструмента
M03 S1871	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X322 Y184.8 Z138	Быстрое перемещение инструмента 12 в опорную точку с указанными координатами
G84 Z118 R3 F1.25 M08	Цикл нарезания резьбы, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче включение СОЖ
X319,7 Y-274,5	Переход и нарезание резьбы в отверстии 2
X253,4 Y315,5	Переход и нарезание резьбы в отверстии 3
X163,7 Y329,9	Переход и нарезание резьбы в отверстии 4
...	
G80	Отмена цикла
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X753 Y805 Z815	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
M30	Конец программы

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данном дипломном проекте производится проектирование технологического процесса детали «Корпус водомасляного охладителя» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1150 штук в год.

Разработанный технологический процесс обеспечивает технико-экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование новейшего прогрессивного оборудования и приемов производства, применение специальных приспособлений.

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

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

3.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле:

$$K = K_{об} + K_{прс}$$

(20)

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

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

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [9]:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (21)$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

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

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

$N_{\text{год}} = 600$ шт. альтернативный вариант;

$N_{\text{год}} = 1150$ шт. проектируемый вариант;

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

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

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

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [9]:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \left(1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (22)$$

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

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

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 118 – количество выходных и праздничных дней; 247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_{\text{н}} = 244 \cdot 8 + 3 \cdot 7 = 1973 \text{ ч.}$$

- при двухсменной работе (альтернативный вариант):

$$F_{\text{н}} = 1973 \cdot 2 = 3946 \text{ ч.}$$

- при трёхсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

$$F_{\text{н}} = 1973 \cdot 3 = 5919 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2,0% рабочего

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

времени универсального оборудования и 9,0% для обрабатывающего центра с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (22), составляет:

$$F_{\text{об}} = 3946 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 3867 \text{ ч - альтернативный вариант.}$$

$$F_{\text{об}} = 5919 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5386 \text{ ч - проектируемый вариант.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (21). Данные по расчетам сводим в таблицу 17 по альтернативному варианту.

$$C_{2A636} = \frac{3,09 \cdot 600}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,55 \text{ шт.};$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени, согласно раздела 1.3.2. по формуле (21). Данные по расчетам сводим в таблицу 18 по проектируемому варианту.

$$C_{\text{МДН125}} = \frac{1,13 \cdot 1150}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,28.$$

После расчета всех операций значений ($T_{\text{шт. (ш-к)}}$) и (C_p) устанавливаем принятое число рабочих мест ($C_{\text{п}}$), округляя для ближайшего целого числа полученное значение (C_p) [9].

Таблица 17 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по альтернативному варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{\text{шт. (ш-к)}}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{\text{п}}$	Кз.ф.
2A636	3,09	0,55	1	0,55
	$\Sigma T_{\text{шт. (ш-к)}} = 3,09$	0,55	$\Sigma C_{\text{п}} = 1$	0,55

Таблица 18 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{шт. (ш-к)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{п}$	Кз.ф.
MDH125	1,13	0,28	1	0,28
	$\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 1,13$	0,28	$\Sigma C_{п} = 1$	

Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 19 по альтернативному варианту, по проектируемому в таблице 20.

Таблица 19 – Сводная ведомость оборудования по альтернативному варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.			Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Первоначальная стоимость	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Горизонтально-расточной	2A636	1	15	15	550	55	-	605
Итого		1		15	550	55	-	605

Таблица 20 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	MDH125	1	11,5	11,5	19600	1960	35	19600	21595
Итого		1		11,5					21595

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 28% составляют $0,28 \cdot 21595 = 6046,6$ т. руб.

Определение капитальных вложений в приспособления

Размер капитальных вложений в приспособления определяем по формуле [9]:

$$K_{прс} = \sum g_p \cdot N_{прс} \cdot Ц_{пр} \cdot K_{осн}, \quad (23)$$

где g_p – расчетное количество оборудования, $g_p = 1$ шт.;

$N_{прс}$ – количество приспособлений на единицу оборудования, $N_{прс} = 2$ шт.;

$Ц_{пр}$ – стоимость приспособления с учетом транспортно-заготовительных расходов, транспортно-заготовительные расходы составляют 2,5%;

$K_{осн}$ – коэффициент занятости технологической оснастки, $K_{осн} = 1$, т.к. используется только на обработку этих изделий;

$Ц_{прс}$ – стоимость приспособлений, $Ц_{прс1} = 35100$ руб., (спец. приспособление), $Ц_{прс2} = 41500$ руб., (спец. приспособление).

Стоимость приспособления – это стоимость приобретения с учетом транспортно-заготовительных расходов.

Тогда:

$$Ц_{прс} = (35100 + 41500) \cdot 1,025 = 78500 \text{ руб.}$$

Рассчитываем размер капитальных вложений в приспособления по формуле [9]: $K_{прс} = 78,5$ т. руб.

Итого: $6046,6 + 78,5 = 6125,1$ т. руб.

3.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [9]:

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

$$C = Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (24)$$

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

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

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

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

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

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

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [9]:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_{н} + Z_{к} + Z_{тр}, \quad (25)$$

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле [9]:

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p}, \quad (26)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, $F_p = 1685$ ч.;

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

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	105,2	1,13	118,8	0,77
Итого				118,8	0,77

Определим затраты на заработную плату на годовую программу [9]:

$$З_{\text{п}} = 118,8 \cdot 1150 = 136620 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{п}} = 136620 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 182251,1 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_P \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_P}{N_{\text{год}}}, \quad (27)$$

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

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 600$ шт.;

k_P – районный коэффициент, $k_P = 1,2$;

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

$$k_{\text{доп}} = 1,23;$$

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

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

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{N}, \quad (28)$$

где g_n – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет

$$g_n = 0,55 \text{ шт.};$$

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

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

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,55 \cdot 2}{8} = 0,14 \text{ чел.}$$

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

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,14 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,14 \cdot 0,07 = 0,01 \text{ чел.}$$

По формуле (19) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{87,1 \cdot 1685 \cdot 0,14 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{600} = 50,5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{73,1 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{600} = 3,1 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{69,4 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{600} = 2,9 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящаяся на одну деталь по каждому их вариантов, сводим в таблицу 23 по проектируемому в таблице 24.

Таблица 23 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по альтернативному варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	87,1	0,14	50,5
Транспортный рабочий	73,1	0,01	3,1
Контролер	69,4	0,01	2,9
Итого		0,16	56,5

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{зп}} = 56,5 \cdot 600 = 33900 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (25):

$$З_{\text{зп}} = 299989,9 + 33900 = 333889,9 \text{ руб.}$$

Таблица 24 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	87,1	0,07	13,2
Транспортный рабочий	73,1	0,01	1,6
Контролер	69,4	0,01	1,5

Итого	0,10	16,3
-------	------	------

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 16,3 \cdot 1150 = 18745 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (25):

$$З_{зп} = 182251,1 + 18745 = 200996,1 \text{ руб.}$$

Отчисления в социальный фонд.

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Базовый вариант } 333889,9 \cdot 0,3 = 100166,9 \text{ руб.}$$

$$\text{Проектируемый вариант } 200996,1 \cdot 0,3 = 60298,8 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле [9]:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{ен}} \cdot Ц_э, \quad (29)$$

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

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

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

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

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

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

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

$\text{Ц}_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $\text{Ц}_э = 3,54$ руб.

Производим расчеты по вариантам по формуле (21):

$$Z_э(2A636) = \frac{15 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 3,09}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 29,8 \text{ руб.};$$

$$Z_э(MDH125) = \frac{11,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,13}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 8,4 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 25 по проектируемому варианту в таблицу 26.

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию по альтернативному варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, руб.
2A636	15	3,09	29,8
Итого			29,8

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_э = 29,8 \cdot 600 = 17880 \text{ руб.}$$

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, руб.
MDH125	11,5	1,13	8,4
Итого			8,4

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_э = 8,4 \cdot 1150 = 9660 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле [9]:

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (30)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [9]:

$$C_{ам} = \frac{C_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (31)$$

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

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, $H_{амБ} = 12\%$ для базового оборудования, $H_{амН} = 4\%$ - для нового оборудования;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

$F_{обБАЗ} = 3867$ ч. и $F_{обНОВ} = 5386$ ч;

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (31):

$$C_{ам}(2A636) = \frac{605000 \cdot 0,12 \cdot 3,09}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 66,9 \text{ руб.};$$

$$C_{ам}(MDH125) = \frac{6046600 \cdot 0,04 \cdot 1,13}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 58,5 \text{ руб.}$$

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

$$C_{РЕБаз} = 460 \text{ р.}, C_{РЕНов} = 920 \text{ р.}$$

Вычисления производим по формуле [9]:

$$C_{рем} = \frac{C_{РЕ} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{год}}, \quad (32)$$

где ΣRe - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по

формуле (32):

$$C_{\text{рем}}(2A636) = \frac{460 \cdot 1}{3,09 \cdot 600} = 0,3 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(\text{MDH125}) = \frac{920 \cdot 1}{1,13 \cdot 1150} = 0,7 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 27 по проектируемому в таблицу 28.

Таблица 27 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования альтернативный вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
2A636	605,0	1	12	3,09	66,9	0,3
Итого					66,9	0,3

Таблица 28 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
MDH125	6046,6	1	4	1,13	58,5	0,7
Итого					58,5	0,7

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (30):

$$Z_{\text{б}} = 66,9 + 0,3 = 67,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{п}} = 58,5 + 0,7 = 59,2 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в альтернативной технологии

вычисляем по формуле [9]:

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_n \cdot C_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{и}, \quad (33)$$

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

β_n – число переточек;

C_n – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

T_m – машинное время;

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

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 600$.

В таблице 29 укажем инструмент, используемый в альтернативном тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 29 – Перечень инструмента альтернативного технологического процесса

№ опер.	Наименование	T_m , мин	№ опер.	Наименование	T_m , мин.
005	Фреза торцевая ГОСТ 26595	23,8	015	Резец расточной ГОСТ 18883	18,1
010	Резец расточной ГОСТ 18883	5,8	015	Резец расточной ГОСТ 18883	22,4
010	Сверло ГОСТ 10903	15,3	015	Сверло ГОСТ 10903	12,3
010	Метчик М10 ГОСТ 17752	21,1	015	Сверло ГОСТ 10903	24,0
015	Резец расточной ГОСТ 18883	12,5	015	Метчик М8 ГОСТ 17752	30,0

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по альтернативному тех. процессу (для стандарт. инструмента) по формуле (33):

$$Z_{и} = \frac{3610 + 6 \cdot 80}{50 \cdot 600 \cdot 7} \cdot 23,8 \cdot 0,98 + \frac{852 + 6 \cdot 60}{40 \cdot 600 \cdot 7} \cdot 5,8 \cdot 0,98 + \frac{630 + 9 \cdot 80}{55 \cdot 600 \cdot 10} \cdot 15,3 \cdot 0,98 + \frac{2201 + 8 \cdot 90}{38 \cdot 600 \cdot 9} \cdot 21,1 \cdot 0,98 + \frac{925 + 7 \cdot 80}{42 \cdot 600 \cdot 8} \cdot 12,5 \cdot 0,98 + \frac{1023 + 7 \cdot 80}{60 \cdot 600 \cdot 8} \cdot 40,5 \cdot 0,98 + \frac{1123 + 6 \cdot 85}{38 \cdot 600 \cdot 7} \cdot 36,3 \cdot 0,98 + \frac{1320 + 5 \cdot 80}{32 \cdot 600 \cdot 6} \cdot 54 \cdot 0,98 = 156,1 \text{ руб}$$

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий

уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [9]:

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

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

$C_{\text{пл}}$ – цена сменной многогранной пластины, руб.;

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

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

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

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

Коэффициент – эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия. Максимальное значение $k_{\text{компл}} = 5$ соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

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

Величина Q также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины. Значения показателя Q рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице 1;

N – количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

Для круглой пластины рекомендуется принимать $N = 6$;

									Лист
									96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.628.ПЗ				

$b_{\text{фи}}$ - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента. Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке

до 0,97 при чистовой обработке;

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

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

В таблицу 30 внесем параметры инструмента.

Таблица 30 – Параметры прогрессивного инструмента

Операция	Инструмент	Машинное время, мин	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарный период стойкости ин-та, мин	Затраты на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фреза 20E2R125-38A20 NEPU	1,68	12 560	180	-	0,90	4,7
	Фреза 160B06R-S90CN10N1 8 СМП CNHQ 1005AZTN 8230	1,57	21 630 520	205	-	0,90	1,9
	Фреза 45T04R-S30XP1614- С СМП ХРНТ 160408F-FA HF7	0,99	26 360 490	290	-	0,90	3,2
	Сверло 303DA-12.0-40-A12-M	0,11	2430	160	-	0,90	2,4
	Сверло 303DA-16.0-45-A16-M	0,04	2950	210	-	0,90	1,3
	Головка D20090 402 СМП CCGT 120408F-AL HF7	5,0	26321 630	180	-	0,90	5,1

	Головка A20090 402 СМП ССGT 120408F-AL HF7	5,52	26230		-	0,90	5,3
			615	181			

Окончание таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фреза 250C16R- S45SN12Z СМП SNMT 1205AZSR- R 8016	3,43	28400	280	-	0,90	3,5
	Сверло 303DA-6.8- 24-A08-M	0,03	2130	170	-	0,90	1,7
	Метчик МТН- М8х1.25ISO7 Н-ТВ-V008	0,15	2920	195	-	0,90	2,3
	Фреза 315C16R- S45SN12Z СМП SNMT 1205AZSR- R 8016	0,90	32561 623	305	-	0,90	2,3
	Сверло 303DA-8.5- 35-A10-M	1,10	2563	145	-	0,90	2,8
	Сверло 303DA-12- 40-A12-M	0,15	2632	150	-	0,90	1,5
	Метчик МТН- М10х1.50IS ОбН-ТВ- V008	0,60	2985	135	-	0,90	2,8
Итого							40,8

Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле [9]:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{g_p \cdot H_{\text{нрс}} \cdot C_{\text{нрс}} \cdot N_{\text{ам}}^{\text{нрс}}}{N_{\text{год}} \cdot 100}, \quad (34)$$

где g_p – принятое количество оборудования, ($g_p = 1$ шт.);

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

$N_{\text{прс}}$ – количество приспособлений на единицу оборудования, ($N_{\text{прс}}=3$);

$C_{\text{прс}}$ – стоимость приспособлений, ($C_{\text{прс1}}=27130$ руб., $C_{\text{прс2}}=24500$ руб.).

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}}$ - норма амортизационных отчислений на приспособления,

($N_{\text{ам}}^{\text{прс}} = 66\%$);

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = (600 \text{ шт.})$.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (34):

$$Z_{\text{осн}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot (27130 + 24500) \cdot 66}{600 \cdot 100} = 56,8 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 31.

Таблица 31 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	723,4	227,2
Затраты на технологическую электроэнергию	29,8	8,4
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	67,2	59,2
Затраты на эксплуатацию оснастки	56,8	0
Затраты на инструмент	151,6	40,8
Затраты на материал	7256	5366
Итого	8284,8	5701,6

Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

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

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

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

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

$$Э_{\text{год}} = (8284,8 - 5701,6) \cdot 1150 = 2970680 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

Анализ уровня технологии производства

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле [9]:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\% , \quad (35)$$

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

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

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

$$Y_{\text{оп}}(2A636) = \frac{3,09}{3,09} \cdot 100\% = 100\%$$

- по проектируемому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(\text{MDH125}) = \frac{1,13}{1,13} \cdot 100\% = 100\%.$$

Доля прогрессивного оборудования

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле [9]:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\% , \quad (36)$$

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

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

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

Определим производительность труда на программных операциях [9]:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{\text{вн}} \cdot 60}{t} ,$$

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

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе [9]:

$$B_{пр.} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{67,99} = 1784,3 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе [9]:

$$B_{б.} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{185,3} = 654,7 \text{ м/чел.год}$$

Рост производительности труда [9]:

$$\Delta B = \frac{B_{пр.} - B_{б.}}{B_{б.}} \cdot 100\%,$$

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

$$\Delta B = \frac{1784,3 - 654,7}{654,7} \cdot 100\% = 173\%$$

В таблице 32 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 32 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
1	2	3	4	5
Годовой выпуск деталей	шт.	600	1150	+550
Количество видов оборудования	шт.	1	1	-
Количество рабочих	чел.	2	1	-1
Сумма инвестиций	тыс. руб.		6125,1	
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	3,09	1,13	-1,96
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	8284,8	5701,6	-2583,1
- затраты на инструмент		151,6	40,8	-110,8
- заработная плата рабочих		723,4	227,2	-496,2
- затраты на материал		7256	5366	-1890
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100	100

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

Производительность труда	шт/чел. год	654,7	1784,3	+1129,6
Коэффициент использования материала	-	0,653	0,721	+0,068

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5
Рост производительности труда	%	100	273	+173
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,55	0,28	-0,27
Годовой экономический эффект	т. руб.		2970,68	
Срок окупаемости	лет		2,1	

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 1,45 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии.

Рост производительности труда обуславливает увеличение объема выпуска продукции с 600 шт. до 1150 шт. в год, что при неизменных материальных и трудовых затратах также ведет к снижению себестоимости продукции.

В результате проектирования технологии механической обработки детали «Корпус водомасляного охладителя», 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 2970,68 т. руб. и срок окупаемости проекта 2,1 лет.

4. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1. Вводная часть

В настоящей выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс изготовления детали «Корпус водомасляного охладителя». Проектирование технологического процесса изготовления детали ведется с использованием оптимального способа получения заготовки, с применением при обработке детали современного оборудования с числовым программным управлением (горизонтального обрабатывающего центра с ЧПУ модели MDH125), использованием современного металлорежущего инструмента зарубежных фирм.

Результатом проектирования технологического процесса изготовления детали «Корпус водомасляного охладителя», стало изменение характера труда производственных рабочих, потребовались рабочие, способные вести работу на станках с ЧПУ и в частности – операторы станков с программным управлением, наладчики станков с программным управлением и операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ.

Следовательно, в методической части выпускной квалификационной работы рассмотрим особенности и структуру переподготовки рабочих по профессии «Токарь» 4 разряда на профессию «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» второго разряда. Переподготовка ведется на базе негосударственного образовательного частного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт опережающего образования».

Цель разработки методической части: разработать учебную программу для переподготовки токарей по профессии «Оператор обрабатывающих

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

центров с ЧПУ» второго разряда и разработать занятие теоретического обучения для данной переподготовки.

Цель разработки определяет ее следующие задачи:

1. Описать условия организации и поведения учебного процесса на базе негосударственного образовательного частного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт опережающего образования».

2. Провести сравнительный анализ профессиональных стандартов, ориентированных на подготовку по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» на уровне второго разряда.

3. Разработать учебно-тематический план переподготовки токарей четвертого разряда по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» на уровне второго разряда.

4. Выбрать тему и разработать оп теме перспективно-тематический план.

5. Выбрать занятие и разработать план занятия, план-конспект и методическое обеспечение к учебному занятию.

4.2. Описание условий обучения в негосударственном образовательном частном учреждении дополнительного профессионального образования «Институт опережающего образования»

По согласованию с кадровой службой предприятия переподготовка по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» ведется на базе негосударственного образовательного частного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт опережающего образования» (НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования»), расположенного в г. Екатеринбурге по адресу ул. Артинская, 4.

НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» обладает необходимой материальной базой и преподавательским составом,

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

позволяющим вести обучения по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ». Образовательная деятельность лицензирована – лицензия на правоведения образовательной деятельности № 3700 от 02 июня 2011 г. Выдана Министерством общего и профессионального образования Свердловской области.

В НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» ведется подготовка последующим профессиям, связанных с механообработкой и сборкой:

Токарь

Фрезеровщик

Слесарь-ремонтник

Оператор станков с программным управлением.

В ходе подготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» предполагается, что оператор производит наладку станка и запускает его в работу.

Обычно машина обрабатывает одну деталь длительное время, поэтому оператор может обслуживать несколько станков или выполнять другие функции с различными инструментами. Это делает работу более интересной, но вместе с тем требует умений планирования работы.

Оператор станков с ПУ должен знать:

- устройство, принципиальные схемы оборудования и взаимодействие механизмов станков с программным управлением, правила их подналадки
- корректировку режимов резания по результатам работы станка
- основы электротехники, электроники, механики, гидравлики, автоматики в пределах выполняемой работы
- организацию работ при многостаночном обслуживании станков с программным управлением
- устройство и правила пользования контрольно-измерительными инструментами и приборами

- основные способы подготовки программы

- определение неисправности в станках и системе управления
- способы установки инструмента в инструментальные блоки
- способы установки приспособлений и их регулировки
- приемы, обеспечивающие заданную точность изготовления деталей
- качества и параметры шероховатости
- правила чтения чертежей обрабатываемых деталей.

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

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

Обучение программированию ведется непосредственно на базе учебного центра, который имеет учебные рабочие места – 6 мест для подготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ», оснащенные учебными имитационными стойками с системой ЧПУ FANUC 31i.

Стоимость обучения составляет 15000руб, возможен наличный и безналичный платеж, рассрочка.

Помимо этого Институт опережающего образования проводит дистанционное обучение по всем курсам. Для того, чтобы записаться на обучение просто нужно выйти на дистанционный портал НОЧУ ДПО

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Таблица 33 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

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

	и комбинированного их крепления; обработка деталей средней		приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	
--	--	--	--	--

Окончание таблицы 33

1	2	3	4	5
	сложности		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	3
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	4
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	4

Проанализируем первую обобщенную трудовую функцию – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей». Анализ приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей»

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	Код	А	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации				
Требования	к Среднее профессиональное образование – программы				

образованию и обучению	подготовки квалифицированных рабочих (служащих)
Требования к опыту практической работы	-

Окончание таблицы 34

Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке	
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте	
Дополнительные характеристики		
Наименование классификатора	код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	7223	Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования
ЕТКС	§44	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 4-й разряд
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением

Анализ первой трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на втором уровне (подуровне) квалификации, приведен в таблице 35.

Таблица 35 – Анализ трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с ЧПУ	Код	А/01.2	Уровень (подуровень) кв-ции	3
1	2				
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
Необходимые умения	Составление управляющей программы				
	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
Необходимые знания	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей				
	Система допусков и посадок, степеней точности; качества и				

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

Исходя из учебного графика на теоретическое обучение на базе НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» отведено 156 часов, а на производствен обучение на базе предприятия – 6 недель по 40 часов в неделю – 240 часов и 6 часов на квалификационные испытания. Итого общее число учебных часов составляет 402 часа, что в целом соответствует затратам времени на подготовку по профессии «Оператор станков с ПУ» по старым нормативам. Учебно-тематический план переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» приведен в таблице 36.

Базовые профессии – токарь, фрезеровщик. Уровень квалификации оператора после переподготовки – 2 разряд.

Таблица 36 – Учебно-тематический план переподготовки оп профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Раздел, тема	Кол-во учебных часов			Форма контроля
	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение	
1	2	3	4	5
<i>Теоретическое обучение (на базе НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования»)</i>	156	94	62	
Охрана труда и пожарная безопасность	4	4	-	Тестирование
Допуски, посадки, технические измерения	8	8	-	Тестирование
Техническое черчение	12	4	8	Проверка чертежей
Основы материаловедения	12	8	4	Контрольные задания
Основы механики	8	8	-	Тестирование
Основы электротехники и	12	8	4	Тестирование

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

112

электроники				
Основы гидравлики	6	6	-	Тестирование
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	18	6	12	Контрольные задания
Оснастка для станков с ЧПУ	12	6	6	Контрольные задания

Окончание таблицы 36

1	2	3	4	5
Основы технологи машиностроения	18	8	10	Контрольные задания
Устройство станков с ЧПУ	18	12	6	Контрольные задания
Основы программного управления станками с ЧПУ	24	12	12	Контрольные задания
Проверка станков на точность	4	4	-	Тестирование
Теоретическое обучение (на базе предприятия)	240	16	224	
Устройство обрабатывающего центра с ЧПУ. Система координат.	16	2	14	Контрольные задания
Система управления обрабатывающим центром с ЧПУ	16	2	14	Контрольные задания
Установка заготовки и привязка ноля детали.	16	2	14	Контрольные задания
Установка и привязка инструмента	16	2	14	Контрольные задания
Токарная обработка деталей на обрабатывающем центре с ЧПУ	64	2	62	Контрольные задания
Фрезерная обработка деталей на обрабатывающем центре с ЧПУ	56	2	54	Контрольные задания
Токарно-фрезерная обработка деталей на обрабатывающем центре с ЧПУ	48	2	46	Контрольные задания
Особенности многоинструментальной обработки на станке с ЧПУ	8	2	6	Контрольные задания
Квалификационный экзамен	6	2	4	Экзамен
ИТОГО по курсу	402	110	286	

В таблице 37 показана взаимосвязь тематики обучения с требованиями профессионального стандарта, обусловленными теми трудовыми действиями, которые выполняет рабочий по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»

Таблица 37 - Взаимосвязь тематики обучения с требованиями профессионального стандарта

Тематика обучения	Трудовые действия	Требования профессионального стандарта
<i>Теоретическое обучение</i>		Необходимые знания
1	2	3
Охрана труда и пожарная безопасность		Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и

Продолжение таблицы 37

1	2	3
		пожарной безопасности Требования по рациональной организации труда на рабочем месте Правила пользования средствами индивидуальной защиты
Допуски, посадки, технические измерения	Корректировка чертежа изготавливаемой детали	Система допусков и посадок, степеней точности; качества и параметры шероховатости Правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов Устройство и правила применения универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей
Техническое черчение	Корректировка чертежа изготавливаемой детали Определение координат опорных точек контура детали	Система допусков и посадок, степеней точности; качества и параметры шероховатости Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
Основы материаловедения	Корректировка чертежа изготавливаемой детали	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов
Основы механики	Корректировка чертежа изготавливаемой детали	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов
Основы электротехники и электроники	Составление управляющей программы	Основы электротехники, электроники, гидравлики и

		программирования в пределах выполняемой работы
Основы гидравлики	Корректировка чертежа изготавливаемой детали	Основы электротехники, электроники, гидравлики и программирования в пределах выполняемой работы
Металлорежущие инструменты для станков с ЧПУ	Выбор инструмента	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента

Продолжение таблицы 37

1	2	3
Оснастка для станков с ЧПУ	Расчет режимов резания	Устройство и правила применения универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей
Основы технологии машиностроения	Выбор технологических операций и переходов обработки Расчет режимов резания	Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ Виды брака и способы его предупреждения и устранения
Устройство станков с ЧПУ	Составление управляющей программы	Способы и правила механической и электромеханической наладки, устройство обслуживаемых одностипных станков Параметры и установки системы ЧПУ станка
Основы программного управления станками с ЧПУ	Корректировка чертежа изготавливаемой детали Составление управляющей программы	Параметры и установки системы ЧПУ станка Системы управления и структура управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ
Проверка станков на точность	Составление управляющей программы	Правила проверки станков на точность, на работоспособность и точность позиционирования Устройство, правила проверки на точность одностипных обрабатывающих центров с ЧПУ
<i>Практическое обучение</i>		Необходимые умения
Система управления обрабатывающим центром с ЧПУ	Расчет режимов резания	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)
Установка заготовки и привязка ноля детали.	Корректировка чертежа изготавливаемой детали Определение координат опорных точек контура детали Выполнение работ под	Изменять параметры стойки ЧПУ станка

В рамках тематического плана переподготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» второго разряда предусмотрена тема «Основы технологии машиностроения». В следующем параграфе проведем методический анализ данной темы.

4.5. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Основы технологии машиностроения»

Тема «Основы технологии машиностроения» согласно учебно-тематическому плану изучается в течение 18 часов, причем 8 часов – теоретическое и 10 часов – практическое обучение. Это составляет 4 занятия теоретического обучения и 5 занятий практического обучения.

Цели изучения темы «Основы технологии машиностроения»

знания:

- сформировывать у обучаемых знания выбора технологических операций и переходов обработки, расчета режимов резания, требований, предъявляемых к качеству выполняемых работ, видов брака и способов его предупреждения и устранения;

умения:

- способствовать развитию умений и приобретению навыков выбора технологических операций и переходов обработки, расчета режимов резания, требований, предъявляемых к качеству выполняемых работ, видов брака и способов его предупреждения и устранения;

- способствовать формированию умений творческого подхода к решению профессиональных задач.

Критерии и норма достижения целей:

- понимание закономерностей изучаемых явлений;
- умение соотносить между собой понятия и факты, явления и сущность процессов;

- умение обосновать изложенные понятия, явления, обобщать и делать выводы;

- умение находить взаимосвязи и взаимозависимости в изучаемом материале.

Содержание темы «Основы технологи машиностроения»: выбор технологических операций и переходов обработки; расчет режимов резания, требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ, виды брака и способы его предупреждения и устранения.

Перспективно-тематический план приведен в таблице 38.

Таблица 38 - Перспективно-тематический план изучения темы «Основы технологи машиностроения»

№ занятия	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения	Форма организации
1	2	3	4	5	6
Тема 1 (2 часа)	Выбор технологических операций и переходов обработки	Образовательные: сформировывать у обучаемых знания выбора технологических операций и переходов обработки Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная
Тема 2 (2 час)	Расчет режимов резания	Образовательные: сформировывать у обучаемых знания расчета режимов резания Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса,	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

		готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения	иных объектов).		
--	--	---	-----------------	--	--

Окончание таблицы 38

1	2	3	4	5	6
		анализировать факты, чертежи, управляющие программы			
Тема 3 (2 часа)	Требования предъявляемые к качеству выполняемых работ	Образовательные: сформировать у обучаемых знания требований, предъявляемых к качеству выполняемых работ Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Тема 4 (2 часа)	Виды брака и способы его предупреждения и устранения	<p>Образовательные: сформировать у обучаемых знания видов брака и способов его предупреждения и устранения</p> <p>Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия</p> <p>Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы</p>	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная
-----------------------	--	---	--	---------------------------------------	-------------

4.6. Выбор урока и разработка плана и плана-конспекта урока

Для дальнейшей разработки выберем тему «Выбор технологических операций и переходов обработки»

Цели урока:

Образовательные: сформировывать у обучаемых знания выбора технологических операций и переходов обработки

Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия

Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы

Учебно-наглядные пособия, используемые на уроке: учебник, презентация.

Методические указания: необходимо привить сознательное усвоение материала о выборе технологических операций и переходов обработки.

Ход урока

I. Организационная часть (1 минута)

Проверка присутствующих по журналу

II. Подготовка к изучению нового материала (1 минута).

Сообщение темы и целей урока.

III. Объяснение нового материала (30 минут).

Виды и характер работ по проектированию технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ существенно отличаются от работ, проводимых при использовании обычного универсального и специального оборудования. Прежде всего, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходим детально разработанный технологический процесс, построенный по переходам. При обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна. Рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства.

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. Это налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		121

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. Без этого не возможно рассчитать координаты опорных точек, осуществить точную размерную увязку траектории инструмента с системой координат станка, исходной точкой положения инструмента и положением заготовки.

В процессе обработки детали инструмент рассматривается в системе координат станка. При токарной обработке центр инструмента совпадает с центром окружности при вершине резца. Траектория инструмента совпадает с эквидистантой к контуру детали и отстоит от контура на величину радиуса при вершине резца (рис. 26). Эквидистанта состоит из отдельных участков, разделенных опорными точками (1 – 6). Перемещения 0 – 1 и 6 – 0 являются холостыми ходами.

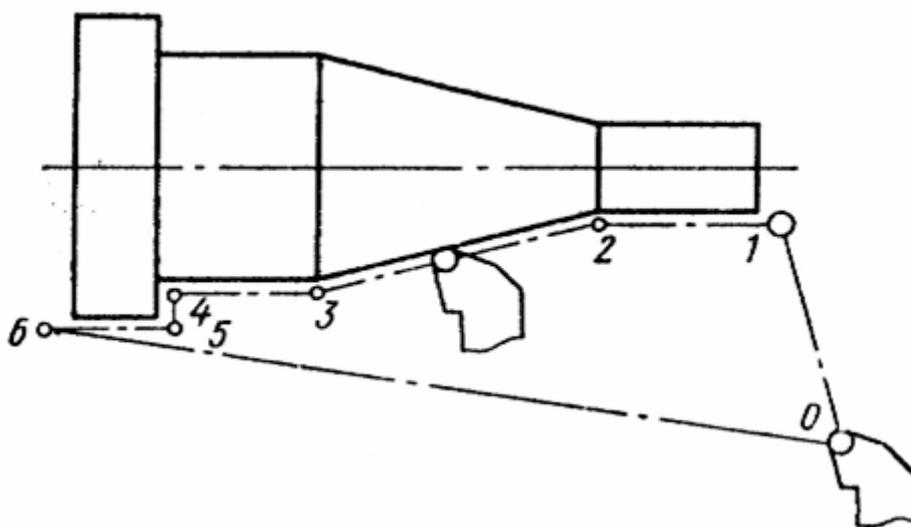


Рисунок 26 – Траектория инструмента при токарной обработке (чистовой).

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу

									Лист
									122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.628.ПЗ				

выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ. Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом.

1) Процесс механической обработки делить на стадии (черновую, чистовую и отделочную), что обеспечивает получение заданной точности обработки за счет снижения ее погрешности вследствие упругих перемещений системы СПИД, температурных деформаций и остаточных напряжений. При этом, следует иметь в виду, что станки с ЧПУ более жесткие по сравнению с универсальными станками, с лучшим отводом теплоты из зоны резания, поэтому допускается объединение стадий обработки. Например, на токарных станках с ЧПУ часто совмещаются черновая и чистовая операции, благодаря чему значительно снижается трудоемкость изготовления детали, повышается коэффициент загрузки оборудования.

2) В целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций).

3) При выборе последовательности операций стремиться к обеспечению полной обработки детали при минимальном числе ее установок.

4) Для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

выполнять на одинаковых установках, либо подобрать другой станок с более емким магазином.

5) При точении заготовок типа тел вращения первоначально обрабатывается более жесткая часть (больший диаметр), а затем зона малой жесткости.

Проектирование технологической операции начинают с выбора последовательности технологических переходов. При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

- 1) центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм);
- 2) сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);
- 3) сверление сверлом большего диаметра;
- 4) черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 5) чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 6) обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи.

При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

- 1) черновая обработка основных форм наружной поверхности;
- 2) черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности;
- 3) чистовая обработка основных форм;
- 4) чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке.

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках рекомендуется следующий порядок выполнения операций:

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

- 1) черновая обработка деталей с двух-трех сторон (в качестве базы используются достаточно большие плоскости);
- 2) черновая обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным поверхностям, создание баз для последующей обработки;
- 3) чистовая обработка базовой и противобазовой поверхностей и всех элементов (пазов, уступов, отверстий) на этих плоскостях;
- 4) чистовая обработка остальных сторон детали.

Последовательность выполнения переходов зависит от их назначения (сверление, фрезерование, растачивание и др.), количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности обработки, точности позиционирования узлов станка и многих других факторов.

Токарные операции обычно начинают с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных проходов. При чистовой обработке основные поверхности формируются, как правило, за один проход контурным резцом, а дополнительные — в специальных циклах.

Порядок выполнения переходов при обработке деталей на станках с ЧПУ типа «обрабатывающий центр» принципиально не отличается от порядка выполнения переходов на станках с ручным управлением. Его характеризуют лишь большое количество переходов и возможность обработки детали за один установ.

При обработке корпусных деталей рекомендуется следующая последовательность переходов:

- 1) фрезерование (черновое, получистовое, чистовое) наружных поверхностей торцевыми фрезами;
- 2) сверление (рассверливание) в сплошных стенках сквозных и глухих основных отверстий диаметром свыше 30 мм;
- 3) фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов, выборков концевыми фрезами;
- 4) фрезерование полуоткрытых и закрытых плоскостей, перпендикулярных к оси шпинделя, торцевыми и концевыми фрезами;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		125

5) черновое растачивание и зенкерование основных отверстий в сплошных стенках расточными резцами и зенкерами;

6) фрезерование и растачивание канавок, фасок и выточек в основных отверстиях концевыми, угловыми, дисковыми и другими фрезами, канавочными и фасонными резцами, зенковками;

7) фрезерование пазов и выемок на наружных, внутренних и необрабатываемых поверхностях концевыми и шпоночными фрезами;

8) обработка крепежных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм (сверление, рассверливание, зенкерование, зенкование, нарезание резьбы);

9) фрезерование фасок угловыми фрезами;

10) чистовое фрезерование открытых плоскостей торцевыми фрезами;

11) обработка точных поверхностей основных отверстий (растачивание, развертывание);

12) обработка точных и точно расположенных отверстий малого размера (под базовые штифты, втулки и т. п.) сверлами, расточными резцами, развертками;

13) обработка точных и точно расположенных дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов) расточными резцами, дисковыми трехсторонними фрезами;

14) обработка выемок, пазов, карманов, прорезей, несимметричных относительно отверстия, дисковыми и концевыми фрезами, фасонными канавочными, фасонными, угловыми и расточными резцами;

15) обработка фасок и других поверхностей, сопряженных с основными отверстиями, дисковыми и угловыми фрезами, канавочными и фасонными резцами;

16) обработка крепежных и других неотчетственных отверстий малого диаметра (центрование, сверление, зенкование, зенкерование и нарезание резьбы).

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		126

Обработку корпусных деталей при высоких требованиях к точности ведут в несколько иной последовательности. Вначале фрезеруют плоские поверхности, затем обрабатывают точные основные отверстия на всех сторонах детали, далее — крепежные и другие неосновные отверстия. Такая последовательность выполнения переходов приводит к уменьшению зависимости точности обработки от температурных деформаций элементов технологической системы (в первую очередь станка).

Сочетание черновых и чистовых технологических переходов выбирается в зависимости от размеров, формы соответствующих поверхностей и требований к точности и качеству их обработки. Так, при обработке отверстий возможны две основные технологические схемы:

1) параллельная — каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется;

2) последовательная — одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Первый вариант используется при низких требованиях к точности отверстий, второй — при высоких.

Фрезерование отверстий вместо растачивания более целесообразно при длине отверстия, не превышающей длины режущей части фрезы. Его эффективность повышается при обработке отверстий с большими и неравномерными припусками.

Рассмотрим технологический маршрут обработки детали «Корпус водомасляного охладителя», представленный в таблице 38.

Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунках 27 и 28.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

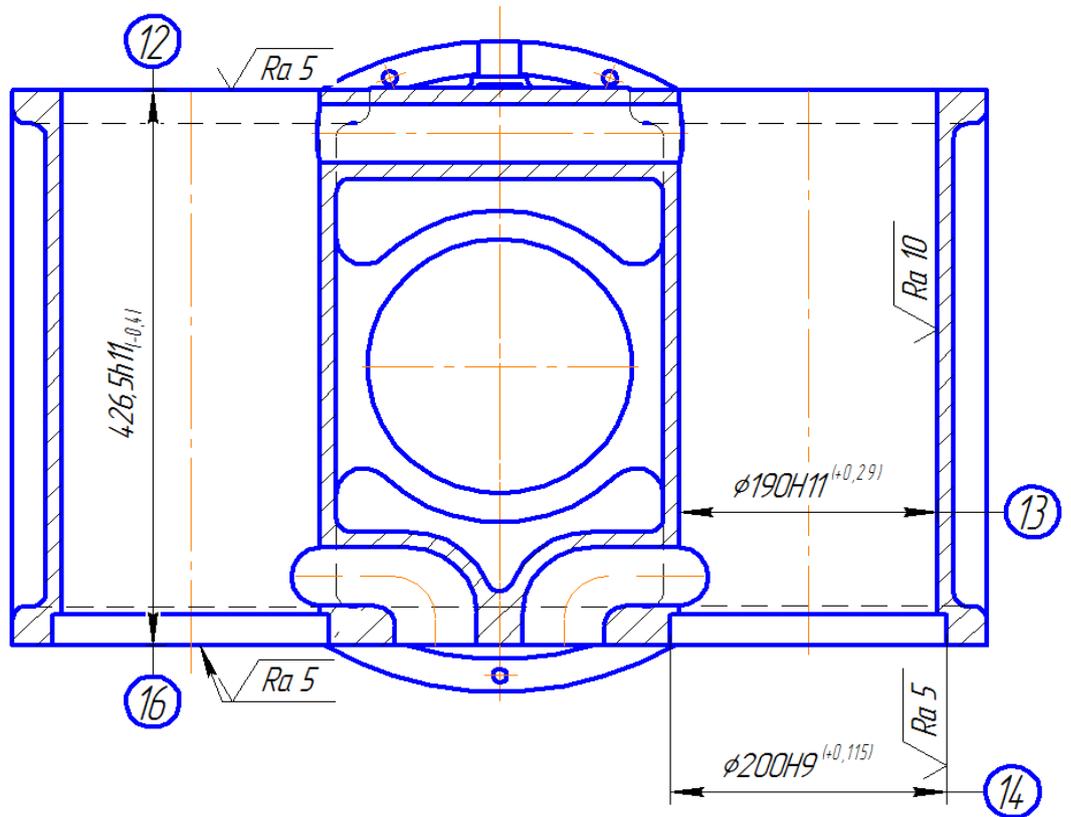
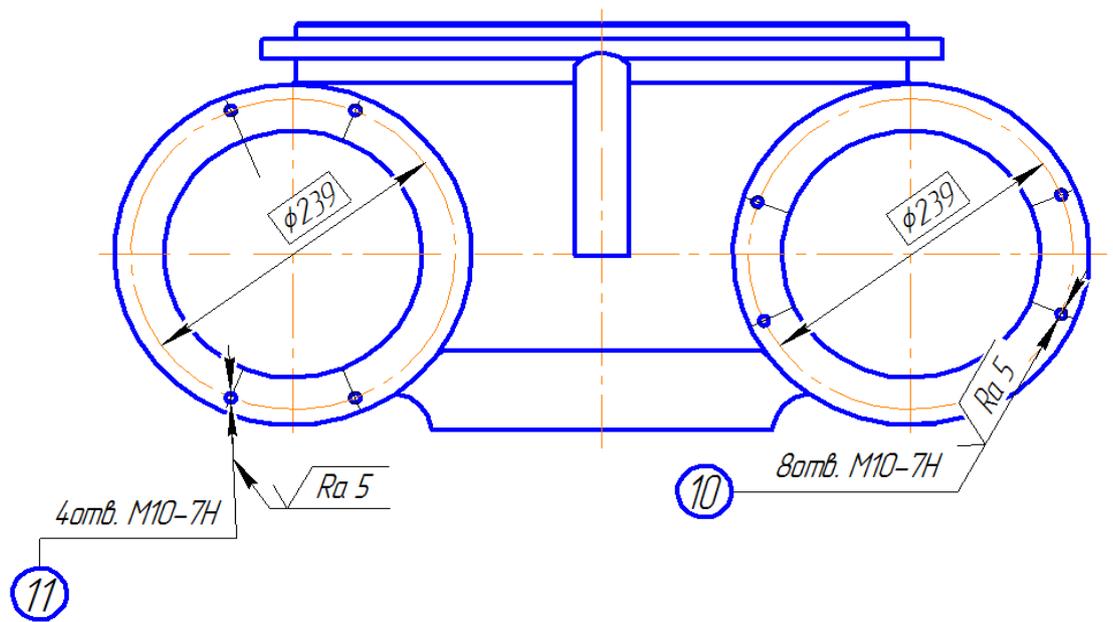


Рисунок 28 – Эскиз детали «Корпус водомасляного охладителя»
(сечение Б-Б)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.628.ПЗ

Лист

129

Таблица 39 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус водомасляного охладителя»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Фрезеровать торец	6
	Фрезеровать торец	5
	Фрезеровать торец	7
	Точить поверхность	3
	Расточить отверстие	8
	Расточить отверстие	9
	Расточить отверстие	4
	Сверлить отверстие под резьбу	1
	Нарезать резьбу	1
	Сверлить отверстия	15
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б	Фрезеровать торец	12
	Фрезеровать торец	16
	Расточить отверстия	14
	Расточить отверстия	13
	Сверлить отверстия под резьбу с двух сторон	10, 11
	Нарезать резьбу с двух сторон	10, 11

Обработка ведется на обрабатывающем центре с ЧПУ модели MDH125

Данная последовательность обработки позволяет обеспечить требования к точности и качеству поверхностей детали.

IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (10 минут).

4.1. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне?

При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

- 1) центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм);
- 2) сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);

- 3) сверление сверлом большего диаметра;
- 4) черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 5) чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 6) обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи.

4.2. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром?

При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

- 1) черновая обработка основных форм наружной поверхности;
- 2) черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности;
- 3) чистовая обработка основных форм;
- 4) чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке.

4.3. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке корпусных деталей на многооперационных станках?

При обработке корпусных деталей рекомендуется следующая последовательность переходов:

- 1) фрезерование (черновое, получистовое, чистовое) наружных поверхностей торцевыми фрезами;
- 2) сверление (рассверливание) в сплошных стенках сквозных и глухих основных отверстий диаметром свыше 30 мм;
- 3) фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов, выборков концевыми фрезами;
- 4) фрезерование полуоткрытых и закрытых плоскостей, перпендикулярных к оси шпинделя, торцевыми и концевыми фрезами;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		131

5) черновое растачивание и зенкерование основных отверстий в сплошных стенках расточными резцами и зенкерами;

6) фрезерование и растачивание канавок, фасок и выточек в основных отверстиях концевыми, угловыми, дисковыми и другими фрезами, канавочными и фасонными резцами, зенковками;

7) фрезерование пазов и выемок на наружных, внутренних и необрабатываемых поверхностях концевыми и шпоночными фрезами;

8) обработка крепежных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм (сверление, рассверливание, зенкерование, зенкование, нарезание резьбы);

9) фрезерование фасок угловыми фрезами;

10) чистовое фрезерование открытых плоскостей торцевыми фрезами;

11) обработка точных поверхностей основных отверстий (растачивание, развертывание);

12) обработка точных и точно расположенных отверстий малого размера (под базовые штифты, втулки и т. п.) сверлами, расточными резцами, развертками;

13) обработка точных и точно расположенных дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов) расточными резцами, дисковыми трехсторонними фрезами;

14) обработка выемок, пазов, карманов, прорезей, несимметричных относительно отверстия, дисковыми и концевыми фрезами, фасонными канавочными, фасонными, угловыми и расточными резцами;

15) обработка фасок и других поверхностей, сопряженных с основными отверстиями, дисковыми и угловыми фрезами, канавочными и фасонными резцами;

16) обработка крепежных и других неотчетственных отверстий малого диаметра (центрование, сверление, зенкование, зенкерование и нарезание резьбы).

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132

4.4. От чего зависит последовательность выполнения переходов?

Последовательность выполнения переходов зависит от их назначения (сверление, фрезерование, растачивание и др.), количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности обработки, точности позиционирования узлов станка и многих других факторов.

Токарные операции обычно начинают с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных проходов. При чистовой обработке основные поверхности формируются, как правило, за один проход контурным резцом, а дополнительные — в специальных циклах.

4.5. В зависимости от чего выбирается сочетание черновых и чистовых технологических переходов?

Сочетание черновых и чистовых технологических переходов выбирается в зависимости от размеров, формы соответствующих поверхностей и требований к точности и качеству их обработки. Так, при обработке отверстий возможны две основные технологические схемы:

1) параллельная — каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется;

2) последовательная — одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Первый вариант используется при низких требованиях к точности отверстий, второй — при высоких.

Фрезерование отверстий вместо растачивания более целесообразно при длине отверстия, не превышающей длины режущей части фрезы. Его эффективность повышается при обработке отверстий с большими и неравномерными припусками.

V. Подведение итогов занятия (1 минута).

Обучающийся должен знать: последовательность обработки типовых деталей и поверхностей.

VI. Домашнее задание (2 минуты)

Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.

Таблица 40 – План урока

Этапы урока, время	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебных действий
1	2	3
Организационная часть, 2 минуты	I. Организационная часть (1 минута) Проверка присутствующих по журналу II. Подготовка к изучению нового материала (1 минута). Сообщение темы и целей урока.	Урок начинается с вводной организационной части, проверки присутствующих по журналу, сообщения темы и целей урока, Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя.
Объяснение нового материала, 60 минут	III. Объяснение нового материала (60 минут). Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей	Действия преподавателя: при объяснении нового учебного материала преподаватель использует словесные методы: устное изложение нового материала, беседу; использует наглядные методы: показ натуральных (инструменты, приборы, детали и узлы оборудования, образцы материалов, изделий и т.п.); изобразительных (плакаты, модели, макеты, схемы) средств наглядности. Действия учащихся: слушают преподавателя, конспектируют новый материал, зарисовывают схемы и рисунки, рассматривают средства наглядности, отвечают на вопросы преподавателя

Окончание таблицы 40

1	2	3
Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала, 15 минут	<p>IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (15 минут).</p> <p>4.1. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне?</p> <p>4.2. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром?</p>	<p>Преподаватель опрашивает группу учащихся по новой теме, задает вопросы, используя вопросно-ответный метод – беседу, дает задание - решить два примера, подводит итоги о проделанной работе.</p> <p>Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя. Учащиеся отвечают на вопросы преподавателя, глядя на наглядные средства обучения, решают два примера.</p>
	<p>4.3. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке корпусных деталей на многооперационных станках?</p> <p>4.4. От чего зависит последовательность выполнения переходов?</p> <p>4.5. В зависимости от чего выбирается сочетание черновых и чистовых технологических переходов?</p>	
Выдача домашнего задания, 3 минуты	<p>V. Подведение итогов занятия (1 минута)</p> <p>Обучающийся должен знать: Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей.</p> <p>VI. Домашнее задание (2 минуты)</p> <p>Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.</p>	<p>Преподаватель подводит итоги по пройденной теме, выдает домашнее задание: изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.</p> <p>Учащиеся слушают преподавателя, записывают домашнее задание.</p>

4.7. Разработка методического обеспечения

Тестовые задания

В заданиях 1 – 3 установите последовательность.

1. Переходы на станках с ЧПУ подразделяют на

При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

А. центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм)

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		135

Б. сверление сверлом большего диаметра

В. черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей

Г. сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла)

Д. обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи

Е. чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей

Ответ: __, __, __, __, __, __.

Эталоны ответов: АВГБЕД

2. При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

А. черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности

Б. черновая обработка основных форм наружной поверхности

В. чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке

Г. чистовая обработка основных форм

Ответ: __, __, __, __.

Эталоны ответов: БАГВ

3. При обработке корпусных деталей на многооперационных станках рекомендуется следующий порядок выполнения операций:

А. черновая обработка деталей с двух-трех сторон (в качестве базы используются достаточно большие плоскости)

Б. чистовая обработка базовой и противобазовой поверхностей и всех элементов (пазов, уступов, отверстий) на этих плоскостях

В. чистовая обработка остальных сторон детали

Г. черновая обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным поверхностям, создание баз для последующей обработки

Ответ: __, __, __, __.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
						136
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Эталоны ответов: АВГБ

В задании 4 установите соответствие

4. При обработке отверстий возможны две основные технологические схемы

Технологические схемы	Характеристика
А. параллельная	1. каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется
Б. последовательная	2. одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Ответ: А __, Б __.

Эталоны ответов: А1, Б2

Заключение

В методической части дипломного проекта проведен анализ нормативной, программной и учебной документации и разработка урока теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры MDH125.

Решены следующие задачи:

- Приведено описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования»;
- Проведен анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработан учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ»;

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		137

- Разработано содержание и плана проведения учебных занятий по теме «Основы технологи машиностроения»;

- Разработан план и план-конспект учебного занятия по теме «Выбор технологических операций и переходов обработки»;

- Разработано методическое обеспечение учебного занятия по теме «Выбор технологических операций и переходов обработки» в форме тестовых заданий.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		138

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной работы являлось проектирование технологии механической обработки детали «Корпус водомасляного охладителя».

Предлагаемый проектный вариант обработки детали «Корпус водомасляного охладителя» наиболее технологичен по сравнению с технологическим процессом, который основан на применении универсального оборудования. Применение оборудования с ЧПУ позволяет уменьшить вспомогательное время на операциях за счет сокращения времени на установку и снятие детали, а также улучшить условия труда станочников, сокращением времени ручного труда.

Использование высокопроизводительного режущего инструмента позволяет сократить производственный цикл, при этом обеспечив требуемое качество механической обработки.

Обеспечение заданной точности размеров было достигнуто за счет постоянства баз на большинстве операций и переходов.

Таким образом, был спроектирован процесс механической обработки детали «Корпус водомасляного охладителя», что является достижением поставленной цели.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		139

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.
2. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
3. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
4. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие-Екатеринбург: Издательство Урал. Гос. проф.- пед. университета 2012.- 169 с.
5. Могильников В. А. Технология производства. Технологический анализ чертежа детали: методические указания к практическим занятиям, контрольно-курсовым и контрольным работам для студентов машиностроительных специальностей / В. А. Могильников. – Тула: изд-во ТулГУ, 2009. – 18 с.
6. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526с.
7. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.1-656 с., ил.
8. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.
9. Техничко-экономические расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. –сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		140

10. Электронный каталог «Pramet», Фрезерование, 2014 г.
11. Электронный каталог «Pramet», Обработка отверстий, 2014 г.
12. Электронный каталог «Pramet», Цельные фрезы, 2015 г.
13. Электронное руководство по эксплуатации Fanuc для системы многоцелевого станка.
14. <http://www.splav.kharkov.com>
15. <http://novator-grp.ru/rus/catalog/158>
16. <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/>
17. <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833>.
18. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		141

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Комплект технологической документации

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		142

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1. Корпус водомасляного охладителя Отливка	ДП 44.03.04.628.01	A1	1	
2. Корпус водомасляного охладителя	ДП 44.03.04.628.02	A1	2	
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.628.Д01	A1	1	
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.628.Д02	A1	1	
5. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.628.Д03	A1	1	

					ДП 44.03.04.628.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		143