

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 ПОДШИПНИКА»
НА СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

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

Идентификационный код ВКР: 736

Екатеринбург 2018

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
«__» _____ 2018г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ПОДШИПНИКА»
НА СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04
Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль подготовки «Машиностроение и материалобработка»
профилизация «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 736

Исполнитель
студент гр. ЗТО-405с

И. Э. Кувайцев

Руководитель
Доцент

Т. А. Козлова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 121 листов печатного текста, 21 иллюстраций, 26 слайдов, 36 таблиц, 29 использованных источника, 4 приложения.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ «КОРПУС ПОДШИПНИКА», БАЗОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦ С ЧПУ, РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОБОСНОВАНИЕ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, ОПЕРАТОР СТАНКОВ С ЧПУ, УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

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

Выполнен анализ исходных данных.

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

Составлена управляющая программа.

Выполнен расчет сил зажима приспособления.

Приведено экономическое обоснование использования ОЦ с ЧПУ.

Разработан универсальный тематический план повышения квалификации операторов станков с программным управлением по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

					ДП 44.03.04.736.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус подшипника» на станках с программным управлением	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листо</i>
Разраб.	Кувайцев ИЭ						2	122
Пров.	Козлова ТА							
Н.контр.	Суриков ВП							
Зав. каф.	Бородина НВ							
						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-405с		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1. Анализ исходной информации	6
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали	6
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали	8
1.1.3. Анализ заводского технологического процесса обработки детали «Корпус подшипника»	12
1.1.4. Определение типа производства	17
1.2. Разработка технологического процесса обработки детали «Корпус подшипника».....	18
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	18
1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования	20
1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей	23
1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Корпус подшипника»	24
1.2.5. Выбор средств технологического оснащения	25
1.2.5.1. Выбор и описание оборудования	25
1.2.5.2. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания.....	29
1.3. Технологические расчеты	36
1.3.1. Расчет припусков	36
1.3.2. Расчет технических норм времени	41
1.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)	47
1.5. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Корпус подшипника»	50
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	55
2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	55

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

2.2. Расчёт капитальных затрат.....	55
2.3. Расчет технологической себестоимости детали	59
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	75
3.1. Условия обучения и возможности обучающей организации	75
3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»	76
3.3. Разработка учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре ДПО ...	80
3.4. Разработка методики и методического обеспечения занятия теоретического обучения по теме: «Общие сведения о программировании, программах и программном коде»	84
3.5. Заключительная часть.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	96
Приложение А. Лист задания по дипломному проектированию	98
Приложение Б. Перечень листов графических документов	99
Приложение В. Комплект технологической документации.....	100
Приложение Г. Методическая разработка	107

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

В настоящее время, по мнению экспертов, экономика РФ готова вступить в новый индустриальный цикл. Это приведет к реконструкции традиционных секторов промышленности.

Развитие промышленности будет определять четыре основных направления:

1. Переход к управлению всем жизненным циклом изделия: от проектирования до утилизации;
2. Автоматизация проектирования и инжиниринга;
3. Использование в производстве материалов нового поколения;
4. Развертывание инфраструктур нового типа: так называемых умных сред.

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

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- анализ исходных данных;
- проектирование технологического процесса на станке с ПУ;
- разработка содержания операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- расчет сил зажима заготовки в приспособлении;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

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

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ исходной информации

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

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

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Корпус подшипника» является составной частью вентилятора охлаждения дизеля ДП-26Е. Конструкция детали «Корпус подшипника» представляет собой втулку с наружной сферической поверхностью $\varnothing 275h8$. Подшипник устанавливается в отверстие корпуса с посадкой $\varnothing 210H8$. Допускаемое отклонение некруглости этого отверстия не более 0,02мм. Для облегчения установки подшипника по периферии отверстия выполнены 6 пазов для уменьшения площади поверхности трения.

На середине длины отверстия имеется выточка $\varnothing 225$ мм и шириной 20мм, которая служит для подачи охлаждающей жидкости, которая подводится через штуцер, устанавливающийся в резьбовое отверстие М14.

Допускаемое отклонение неперпендикулярности правого торца относительно базовой поверхности Ж равно 0,04мм.

Координаты резьбовых отверстий М8 заданы радиусом и хордой, это объясняется тем, что сквозная крышка подшипника разъемная (состоит из двух одинаковых половин).

Деталь «Корпус подшипника» относится к типу корпусных деталей. Корпусные детали – это базовые детали, служащие для размещения в них сборочных единиц и отдельных деталей.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Деталь «Корпус подшипника» изготавливается из конструкционной стали – сталь 35 ГОСТ 1050-88.

Химический состав стали 35 представлен в таблице 1 [18, табл. 138], механические свойства в таблице 2 [18, табл. 140].

Таблица 1 – Химический состав стали 35 ГОСТ 1050-88, в %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
0,32-0,40	0,17-0,37	0,5-0,8	не более 0,035	не более 0,035	не более 0,8-1,1	не более 0,3	не более 0,3

Таблица 2 – Механические свойства стали 35 ГОСТ 1050-88

Температура, °С		σ_T	σ_B	δ_5	ψ	КСУ, Дж/см ²	НВ, после отжига, не более
Заковки в масле	Отпуска с охлаждением в воде или масле	МПа		%			
		Не менее					
260	215	314	530	20	45	68	207

Технологические свойства стали 35 [17]:

- удельный вес - 7640 кг/м³;
- термообработка: заковка и отпуск;
- температура ковки, °С: начала 1250, конца 700. Охлаждение на воздухе.

- обрабатываемость резанием: при НВ 170-179 и $\sigma_B=640$ МПа,

$K_{\text{вТВ.спл}}=1,0$ и $K_{\text{в.б.ст}}=1,0$;

- флокеночувствительность – малочувствительна;
- склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

Данная сталь оптимально подходит для изготовления детали «Корпус подшипника».

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

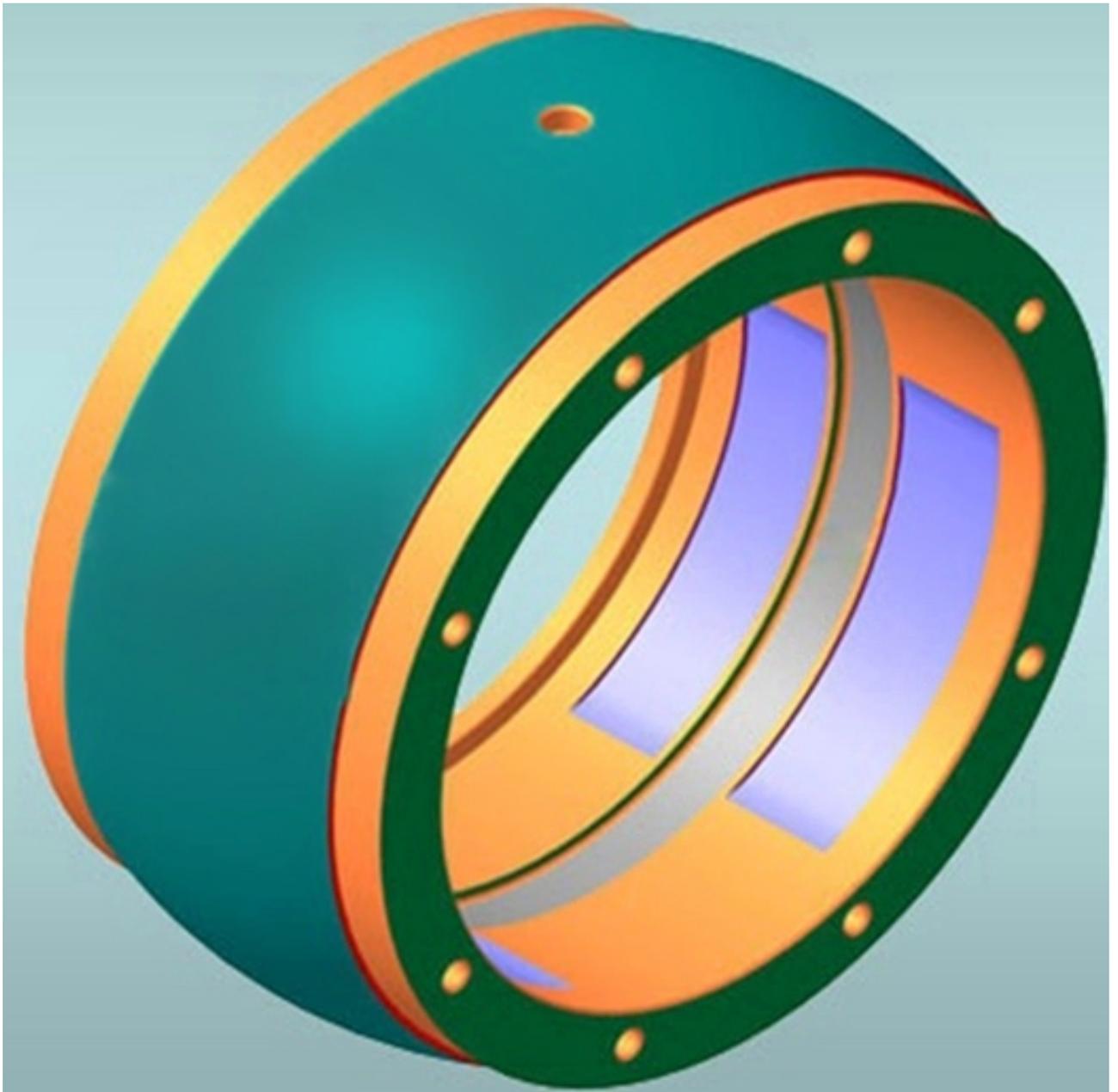


Рисунок 1 – 3D модель детали «Корпус подшипника»

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.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.736.ПЗ

Лист

8

Качественная оценка технологичности детали

Получение заготовки методом закрытой штамповки позволяет сократить время на снятие припусков при обработке поверхностей детали, тем самым уменьшить трудоемкость; получить заданную точность и шероховатость поверхностей.

Геометрическая форма заготовки обеспечивает возможность свободного извлечения ее из штампа. Также геометрическая форма корпуса подшипника позволяет применить высокопроизводительные методы производства. Форма детали позволяет вести обработку проходными резцами на проход. Свободный вход и выход инструмента из зоны обработки обеспечен.

Заданные требования к точности размеров и формы детали соответствуют его эксплуатационным характеристикам. Допуск круглости в отверстии $\varnothing 210H8$ не более 0,02мм исключает деформацию наружного кольца подшипника. Допуск перпендикулярности правого торца относительно базовой поверхности Ж не более 0,04мм предусмотрен для обеспечения надежного (без перекосов) зажима подшипника со стороны торца.

Для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только для посадочных поверхностей.

Количественная оценка технологичности детали

Количественную оценку технологичности конструкции детали производят по следующим показателям:

- 1) коэффициенту унификации конструктивных элементов $K_{уэ}$;
- 2) коэффициенту точности обработки детали K_T ;
- 3) коэффициенту шероховатости поверхностей детали $K_{ш}$;
- 4) по коэффициенту использования материала $K_{им}$.

Для удобства проведения качественного анализа составлена таблица 3, в которую занесены данные чертежа детали.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3 – Количественная оценка детали на технологичность

№ п/п	Элементы поверхностей детали	Количество поверхностей	Количество унифицированных поверхностей	Квалитет точности обработки	Шероховатость поверхностей (R _a)
1	Поверхность Ø210мм	1	1	8	1,25
2	Поверхность Ø225мм	1	1	14	6,3
3	Поверхность Ø212,5мм	1	1	14	12,5
4	Поверхность Ø198мм	1	1	11	6,3
5	Поверхность Ø14мм	1	1	14	6,3
6	Поверхность Ø17мм	1	1	14	6,3
7	Поверхность с резьбой				
8	M14	1	1	14	6,3
9	Поверхность с резьбой				
10	M8	8	8	7	6,3
11	Фаска 2x45°	11	11	14	6,3
12	Радиус закругления R3	2	2	14	6,3
13	Радиус закругления R2	1	1	14	6,3
14	Радиус закругления				
15	R25	12	12	14	6,3
16	Поверхность R106,5	6	6	14	6,3
17	Ширина канавки 5мм	1	1	14	12,5
18	Ширина канавки 20мм	1	1	14	6,3
19	Длина ступени 52,5мм	1	1	14	6,3
20	Длина ступени 117,4мм	1	-	13	6,3
21	Длина ступени 125мм	1	1	12	6,3
22	Длина ступени 16мм	1	1	16	12,5
23	Длина ступени 93мм	1	1	14	12,5
24	Ширина паза 30мм	6	6	14	12,5
25	Диаметр сферы 275мм	1	1	8	3,2
Итого:		63	62	-	-

1. Коэффициент унификации конструктивных элементов $K_{у.э}$ определяется по формуле:

$$K_{у.э} = \frac{\sum \text{графы №4}}{\sum \text{графы №3}} = \frac{62}{63} = 0,98 \quad (1)$$

Так как $K_{у.э} = 0,98 > 0,6$ то деталь по данному показателю является технологичной.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

2. Коэффициент точности обработки K_T находим по формуле:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,75} = 0,92 \quad (2)$$

где среднее значение точности обработки:

$$A_{cp} = \frac{\sum (\text{графа№5} \cdot \text{графа№3})}{\sum \text{графы№3}} = \frac{(16 \cdot 1) + (14 \cdot 48) + (13 \cdot 1) + (12 \cdot 1) + (11 \cdot 1) + (8 \cdot 2) + (7 \cdot 9)}{63} = 12,75$$

Так как $K_T = 0,92 > 0,75$ то деталь по данному показателю является технологичной.

3. Коэффициент шероховатости поверхности $K_{ш}$ определяется по формуле:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{7,35} = 0,136, \quad (3)$$

где среднее значение параметра шероховатости:

$$B_{cp} = \frac{\sum (\text{графа№6} \cdot \text{графа№3})}{\sum \text{графа№3}} = \frac{(12,5 \cdot 12) + (6,3 \cdot 49) + (3,2 \cdot 1) + (1,25 \cdot 1)}{63} = 7,35$$

Так как $K_{ш} = 0,136 < 0,32$ то деталь по данному показателю является технологичной.

4. Коэффициент использования материала $K_{им}$ определяется по формуле:

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3}, \quad (4)$$

где M_d – масса детали, кг, ($M_d = 21,38$ кг);

M_3 – масса заготовки, кг, (по исходному технологическому процессу $M_3 = 42,8$ кг).

При $K_{им}$ больше 0,75 деталь технологична.

$$K_{им} = \frac{21,83}{28,35} = 0,77$$

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.736.ПЗ				

$K_{\text{ИМ}} = 0,77 > 0,75$. Отсюда следует, что деталь по данному показателю технологична. В рассматриваемом заводском технологическом процессе при изготовлении детали «Корпус подшипника» в качестве заготовки применяется штамповка на ГKM, ГОСТ7023-89

Формулировка основных технологических задач

Основные технологические задачи по [5, с. 37]:

При обработке корпуса подшипника необходимо обеспечить:

- точности размеров ($\varnothing 210\text{H}8$ – по IT8; $\varnothing 275\text{h}8(-0,081)$, остальные размеры по IT11 – IT16);
- точности формы (допуск некруглости отверстия $\varnothing 210\text{H}8$ относительно базовой поверхности Ж не более 0,02мм);
- точности взаимного расположения (допуск перпендикулярности торца корпуса подшипника относительно базовой поверхности Ж не более 0,02мм);
- качество поверхностного слоя (шероховатость поверхности $\varnothing 210\text{H}8$ – $R_a = 1,6$ мкм; шероховатость поверхностей $\varnothing 275\text{h}8$ - $R_a = 3,2$ мкм; наружная и боковая поверхности канавки шириной 5мм, боковые поверхности ступени длиной 93мм, боковые поверхности пазов шириной 30мм - $R_a = 12,5$ мкм; остальные поверхности - $R_a = 6,3$ мкм).

Чертеж детали выполнен в соответствии с ГОСТ 2.107 – 83 «Основные требования к рабочим чертежам» и ГОСТ 2.307 – 83 «Нанесение размеров и предельных отклонений», он содержит все данные, необходимые для изготовления, контроля и испытания изделия.

1.1.3. Анализ заводского технологического процесса изготовления детали «Корпус подшипника»

Характеристика технологического процесса

По признакам технологический процесс относят [6]:

- по числу охватываемых изделий – среднесерийный;

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

- по назначению – рабочий;
- по документации – маршрутный.

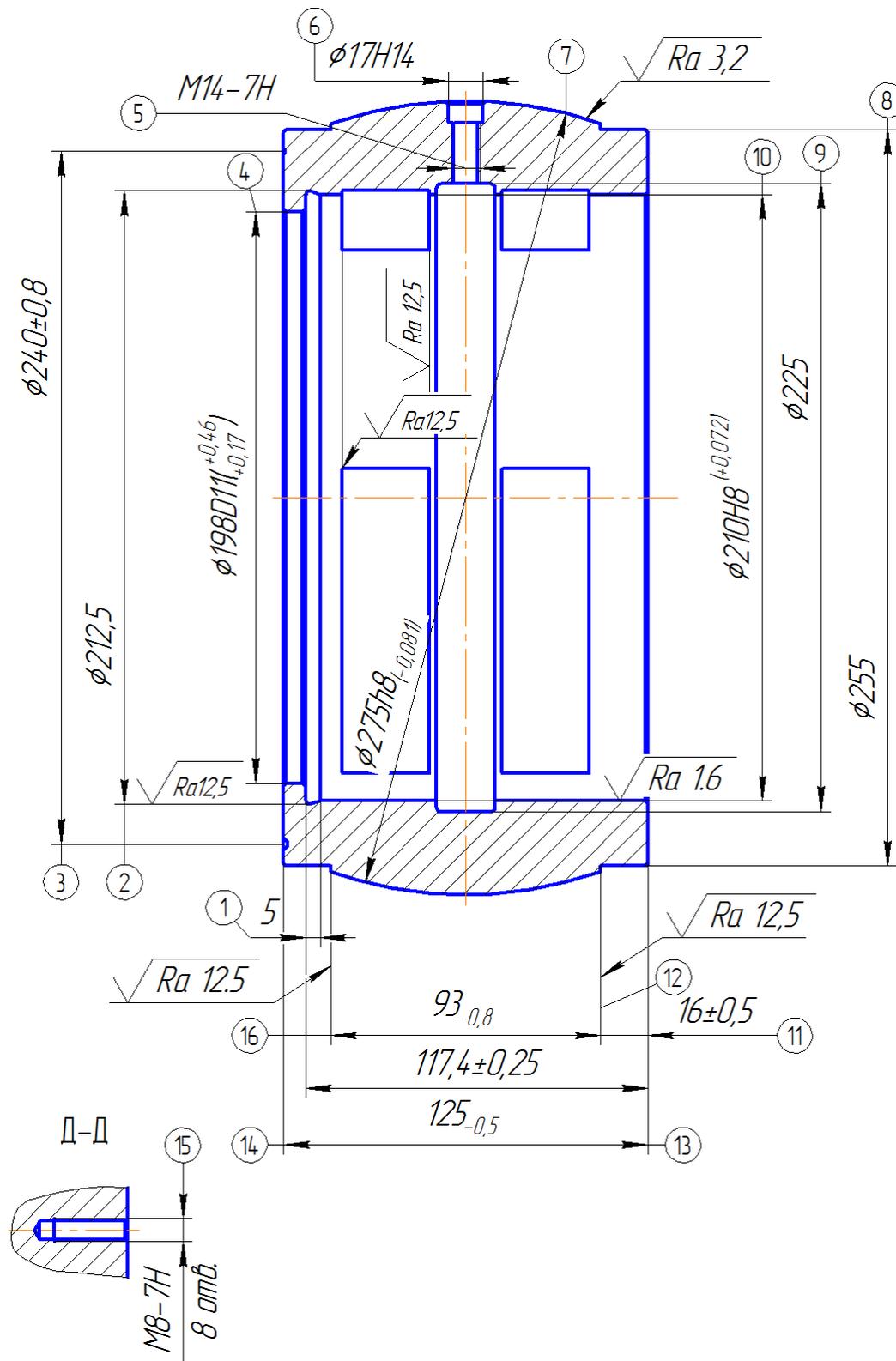


Рисунок 2 – Эскиз детали «Корпус подшипника»

					Лист
					ДП 44.03.04.736.ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13

Анализ методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от служебного назначения детали. На рисунке 2 укажем обрабатываемые поверхности и проанализируем методы их обработки. Проанализируем МОП с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 4 [6].

Таблица 4 - МОП по экономической точности

№ Поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП в М.К.	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шероховатость	
1, 2, 3, 9	Канавка	14	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
4	Отверстие	11	6,3	Точение черновое, чистовое	8...11	3,2...6,3	Соответствует
5, 15	Отверстие	7Н	6,3	Сверление, нарезание резьбы	6Н...8Н	6,3...12,5	Соответствует
6	Отверстие	14	6,3	Сверление	12...14	6,3...12,5	Соответствует
7	Сфера	8	3,2	Точение черновое, чистовое	8...11	3,2...6,3	Соответствует
8	Поверхность	14	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
9	Отверстие	8	1,6	Точение черновое, чистовое, тонкое	6...8	1,6...2,5	Соответствует
11, 12, 13, 14, 16	Торец	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует

В большинстве своем методы обработки в базовой технологии верны.

Анализ выбора технологических баз

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

Базы на операциях выбраны, верно, соблюдается правило базирования: принцип постоянства и совмещения баз [6].

Таблица 5 - Технологические базы в станочных операциях базового тех. процесса

	Наименование и содержание операции	Технологические базы		Модель станка
		Черновые	Чистовые	
05	Токарно-винторезная Точить торцы 11, 12, 13. Точить пов. 8, расточить отв. 10, точить канавки 1, 2, 9.	Торец 14, поверхность 8.	-	16К30
10	Токарно-винторезная Точить торцы 14, 16. Точить пов. 7 и 8, расточить отв. 10, точить канавку 3.	-	Торец 13, пов. 8.	16К30
15	Внутришлифовальная Шлифовать отв. 10.	-	Торец 13, пов. 8.	3К227А
20	Вертикально-фрезерная Фрезеровать выемки.	-	Торец 13, пов. 8.	6Р13
25	Радиально-сверлильная Сверлить и нарезать резьбу в 6-ти отв. 15.	-	Торец 13, пов. 8.	2Н55
30	Радиально-сверлильная Сверлить и нарезать резьбу в отв. 5, сверлить отв. 6.	-	Торец 13, пов. 8.	2Н55

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 [6].

Анализ станочных операций

Проанализируем операции 005 Токарно-винторезная и 025 Радиально-сверлильная, а результат занесем в таблицу 6 [6].

Таблица 6 - Анализ станочных операций

№	Наименование и содержание операции	Структура операций				Технологическая база	Способ установки и закрепления	Модель станка	Схема построения операции
		кол-во установов	кол-во позиций	кол-во переходов	кол-во ходов				
005	Токарно-винторезная Точить торцы 11, 12, 13. Точить пов. 8, расточить отв. 10, точить канавки 1, 2, 9.	1	-	4	4	Пов. 8 и 14	Патрон 3-х кул.	16К20	Одноместная, одноинструментальная, последовательная обработка
025	Радиально-сверлильная Сверлить и нарезать резьбу в 6-ти отв. 15.	1	-	3	3	Пов. 8 и 13	Кондуктор	2Н55	Одноместная, многоинструментальная, последовательная обработка

Выводы:

При рассмотрении заводского технологического процесса выявлены следующие недостатки:

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

- 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;

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

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

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;

- применение специализированных приспособлений с пневматическим зажимом, значительно сократит вспомогательное время на операцию.

1.1.4. Определение типа производства

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

Тип производства K_{30}

Массовое.....1

Серийное:

Крупносерийное.....св. 1 до 10

Среднесерийное.....св. 10 до 20

Мелкосерийное.....св. 20 до 40

Единичное.....св. 40

В таблице 7 представлена зависимость типа производства от массы

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

детали и объёма выпуска.

Таблица 7 - Зависимость типа производства от объёма 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 $m_{\text{дет}}=21,83$ кг и годовой программе выпуска $N=1000$ шт., предварительно примем тип производства - среднесерийное.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от объема выпуска изделий серийное производство делится на: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с ЧПУ. Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, повышается производительность, и время изготовления детали уменьшаются. Оборудование располагается по ходу технологического процесса. В серийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированы.

Квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

1.2. Разработка технологического процесса обработки детали «Корпус подшипника»

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

-масса детали 21,83кг;

-габариты детали 275xØ125мм;

-материал сталь 35 ГОСТ 1050-88 ($\sigma_{\text{в}}=600$ МПа);

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

-годовое число деталей 1000 шт.

Штамповка закрытая

Для того, чтобы определить припуски и допуски на размеры каждой поверхности штампованной заготовки необходимо найти исходный индекс.

Для этого необходимо определить:

1. Группу стали – М2 [5, табл. 1];
2. Конфигурация поверхности разъема штампа «И_с» - симметрично изогнутая [5, табл. 1];
3. Класс точности поковки - Т3 [5, табл. 19];
4. Степень сложности поковки - определяется путем вычисления отношения массы (объема) поковки к массе (объему) геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки:

$$K_c = \frac{V_{II}}{V_{фиг}} = \frac{G_{II}}{G_{фиг}} = \frac{M_{II}}{M_{фиг}} \quad (4)$$

Расчетная масса поковки:

$$M_{II} = M_{д} \cdot K_p, \quad (5)$$

где K_p – расчетный коэффициент, $K_p = 1,5 - 1,8$ [3, табл. 20],

принимаю $K_p = 1,65$

$$M_{II} = 21,83 \cdot 1,65 = 36,02 \text{ кг}$$

Масса фигуры:

$$M_{ф} = V_{ф} \cdot \rho = \pi \cdot R_{ф}^2 \cdot l_{ф} \cdot \rho \quad (6)$$

$$M_{ф} = 3,14 \cdot 13,75^2 \cdot 12,5 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 58,25 \text{ кг}$$

$$\frac{M_{II}}{M_{фиг}} = \frac{36,02}{58,25} = 0,62$$

Степень сложности поковки – С2 [3, с. 30];

Исходный индекс -12 [3, табл. 2].

Зная исходный индекс, определяются припуски на каждую поверхность заготовки [3, табл. 3] с учетом дополнительных припусков на

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

смещение по поверхности разъема штампа - 0,5 мм [3, табл. 4] и изогнутости от плоскостности и прямолинейности -0,5 мм [3, табл. 5]:

поверхность Ø255мм – $255+(2,3+0,5+0,5) \cdot 2=261,6$ мм,

принимается Ø261,5мм;

поверхность Ø210мм – $210-(2,2+0,5+0,5) \cdot 2=203,6$ мм,

принимается Ø204мм;

поверхность длиной 125мм – $125+(1,5+0,5+0,5) \cdot 2=130$ мм

Допуски на диаметры и длину [3, табл. 8]:

Ø261,5($^{+2,1}_{-1,1}$), Ø204($^{+1,0}_{-1,8}$), 130($^{+1,6}_{-0,9}$)

Нахождение массы штампованной заготовки проводится путем построения трехмерной модели с учетом плюсовых допусков. Полученная масса штампованной заготовки $M_{\text{п}} = 28,35$ кг.

Коэффициент использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{о}}}{M_{\text{н}}} = \frac{21,83}{28,35} = 0,77$$

1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

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

Исходными данными для выбора баз являются:

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

К основным принципам и требованиям, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз, относятся следующие:- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т.е. конструкторские базы, используемые для

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

определения положения детали в изделии;

- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы;

- требование хорошей устойчивости и надежности установки заготовки.

Выделяют основные и вспомогательные базы, черновые и чистовые базы.

К основным технологическим базам относят правый торец и резьбовые отверстия М8-7Н.

К вспомогательным базам относят отверстие Ø210Н8, левый торец и отверстие Ø198D11.

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

В нашем случае черновой базой будет торец **А** (лишает деталь трёх степеней свободы – одного перемещения и двух вращений) и отверстие **Б** (лишает деталь двух степеней свободы – одного вращения и одного перемещения). Таким образом, базирование не полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 3.

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при чистовой обработке поверхностей. В нашем случае чистовыми базами являются торец **В** (лишает деталь трех степеней свободы – одного перемещения и двух вращений), отверстие **Г** (лишает деталь двух степеней свободы – одного перемещения и одного вращения).

Таким образом, базирование не полное. Схема чистового базирования показана на рисунке 4.

Таким образом, в ходе определения технологических баз были решены следующие вопросы:

- обеспечивается основной принцип выбора технологических баз – принцип совмещения баз, так как технологические базы в данном случае

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

совпадают с конструкторскими базами.

- обеспечивается правильность расположения обработанных поверхностей относительно необработанных.

- осуществляется подготовка технологической базы для дальнейших операций.

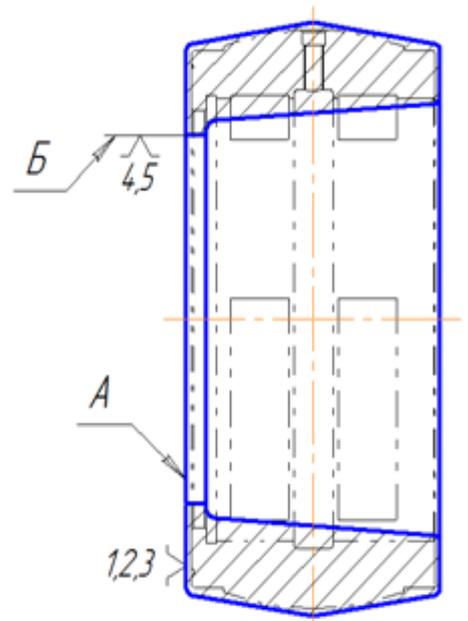


Рисунок 3 - Черновое базирование детали (установ А)

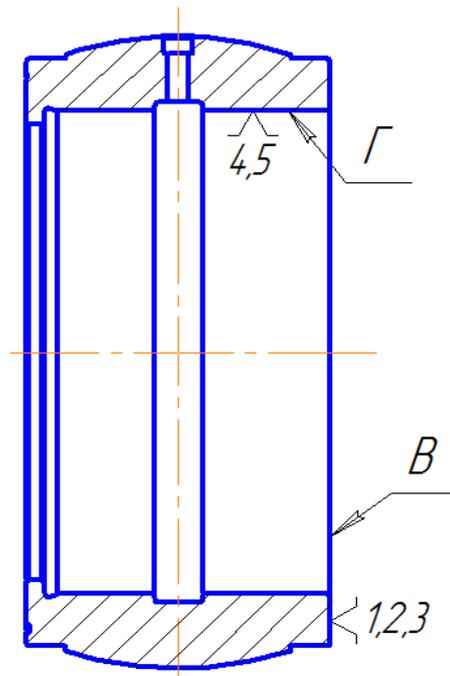


Рисунок 4 - Чистовое базирование детали (установ Б)

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей

На рисунке 5 обозначим обрабатываемые поверхности и назначим на них методы обработки.

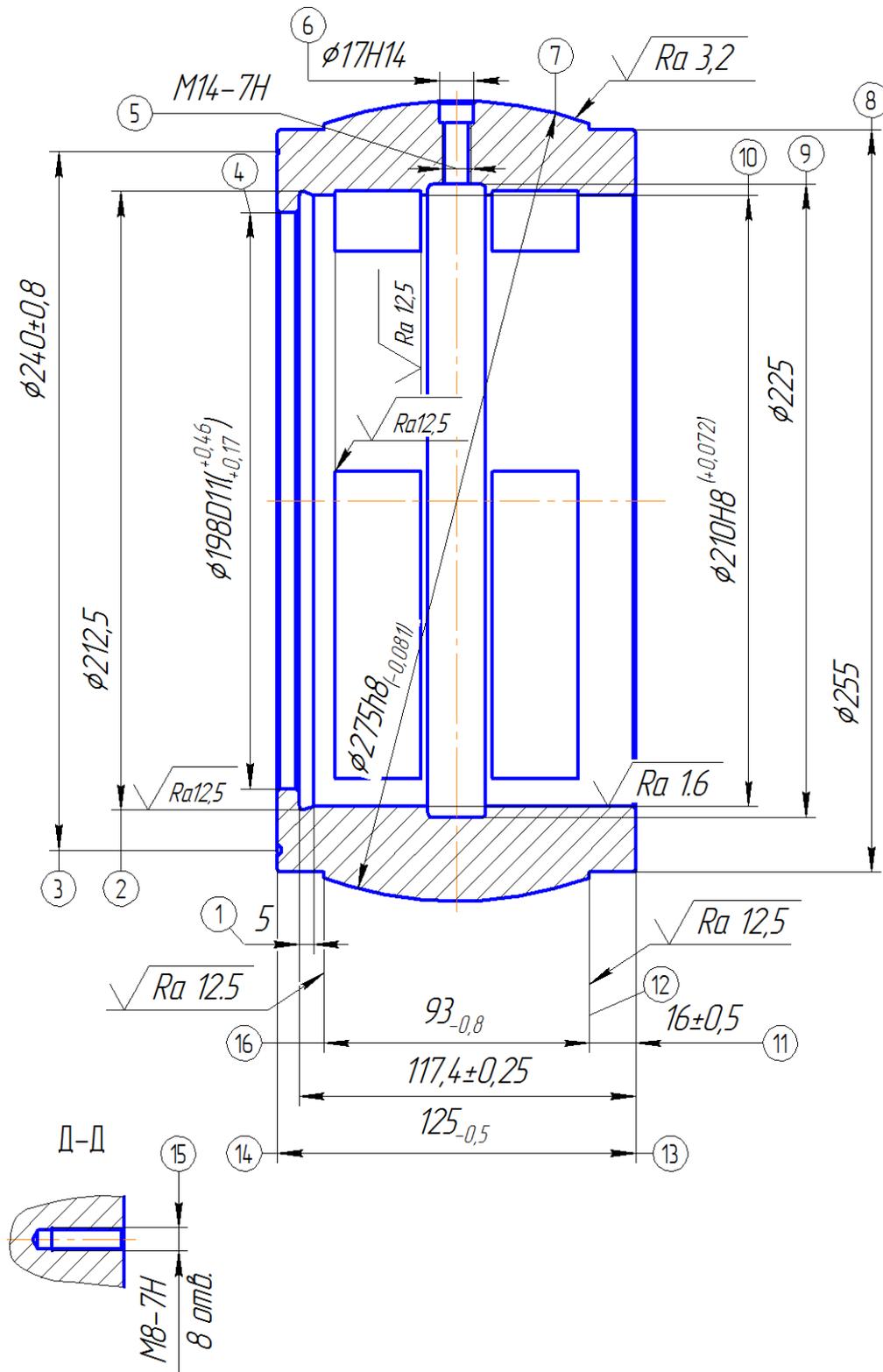


Рисунок 5 – Эскиз детали «Корпус подшипника»

					Лист	
					ДП 44.03.04.736.ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23	

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

- торцы 1, 11, 12, 13, 14, 16 – точение однократное;
- отверстие 5, 15 – сверление, нарезание резьбы;
- поверхности 2, 8, 9 – точение однократное;
- канавка 3 – точение однократное;
- отверстие 4, 10 – точение черновое, получистовое, чистовое;
- поверхность 7 – точение черновое и чистовое;
- отверстие 6 – сверление.

1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Корпус подшипника»

Технологический маршрут обработки детали «Корпус подшипника» представлен в таблице 8. Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунке 5.

Таблица 8 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус подшипника»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Точить поверхности	8, 13
	Расточить предварительно отв.	10
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б	Точить поверхности	8, 7, 14
	Расточить отв.	2
	Точить канавку	3
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ В	Точить отверстия	2, 10
	Точить канавку	9
	Фрезеровать канавки	R106,5
	Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях	15
	Сверлить отверстие	6
	Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях	5

1.2.5. Выбор средств технологического оснащения

1.2.5.1. Выбор и описание оборудования

В связи с увеличением производственной программы выпуска деталей «Корпус подшипника» до 1000 в год существующее универсальное оборудование не справится с предстоящей задачей. Предлагается, заменить существующее универсальное оборудование на 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.

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

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

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

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

Для изготовления детали «Корпус подшипника» выбираем следующее оборудование:

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ модели PUMA MX2100ST (Компания DOOSAN, про-во Ю. Корея) [18].(рисунок 6;7)



Рисунок 6 - Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ PUMA MX2100ST

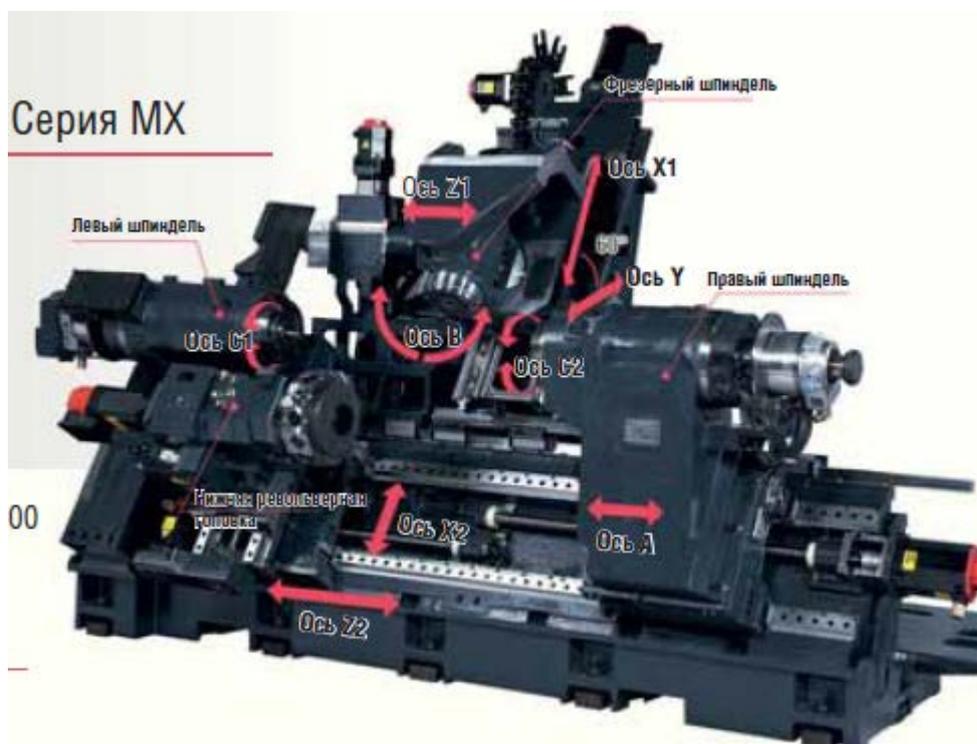


Рисунок 7 – Компоновка.Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ PUMA MX2100ST

									Лист
									26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП 44.03.04.736.ПЗ

Токарные станки Puma MX2100ST подняли планку высокой производительности и обеспечивают повышенную точность и повторяемость, обладают превосходными характеристиками обработки и надежностью.

Станки с коробчатой направляющей имеют 8-дюймовый патрон, рассчитаны на 65-миллиметровые прутки и могут иметь станины длиной 545 мм и 785 мм.

Помимо выбора длины станины заказчик может выбрать одиннадцать моделей станков Puma 2100 с вспомогательным шпинделем, приводным инструментом, осями С и Y [18].

Современный многофункциональный токарный центр с приводным инструментом предназначен для обработки деталей в патроне и в центрах с превосходной точностью обработки, с расширенными функциональными возможностями автоматического цикла, что обеспечивает значительное увеличение производительности.

Особенности конструкции [18]:

Система подачи СОЖ;

Педаль (зажим/разжим);

Полная защита (ограждение) рабочей зоны;

Блокировка передней двери ограждения;

Цветной дисплей 10.4”;

Функция ETHERNET встроенный ETHERNET;

Комплект ручного инструмента для обслуживания станка;

Маховик перемещений по осям;

Гидростанция;

Гидравлический зажимной патрон с зажимным гидроцилиндром;

Выравнивающие болты, винты и подкладки;

Смазочное оборудование;

Стандартный набор инструментальной оснастки;

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Освещение рабочей зоны;
Инструкция по эксплуатации (на русском языке);
Трансформатор;
Стандартная комплектация:
«Сырые» кулачки для гидравлического патрона;
Датчик подтверждения зажима детали в патроне;
Задняя бабка: с контр шпинделем;
Система обратной связи: Абсолютные энкодеры позиционирования;
Насос подачи СОЖ на револьверную головку;
Педаль управления патроном;
Блокировка передней двери защитного ограждения;
Полная защита от разбрызгивания СОЖ и разлёта стружки;
Комплект ручного инструмента;
Выравнивающие винты и плиты;
Руководство по работе и обслуживанию станка;
Предупреждающие таблички по технике безопасности;
Освещение рабочей зоны;
Дополнительные принадлежности и опции:
Двойное усилие зажима детали в патроне;
Ручная/Программируемая/Серво-приводная Задняя Бабка
Автоматическое измерение детали;
Оптические линейки (ось X);
Оптические линейки (ось Z);
Оптические линейки (ось Y);
Станция охлаждения СОЖ;
Маслоотделитель из СОЖ;
Датчик уровня СОЖ;
Конвейер стружки (боковой);

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Подача СОЖ через главный/контр шпиндели;
 Вытяжка масляного тумана;
 Обдув кулачков патрона воздухом;
 Ручной настройщик инструмента / Автоматический настройщик инструмента;
 Уловитель деталей с коробом (для Puma 2100/2600);
 Уловитель деталей с конвейером (для Puma 2100/2600);
 Автоматическая передняя дверь;
 Интерфейс податчика прутка;
 Выталкиватель детали (только для моделей с контр шпинделем);
 Функция подтверждения отрезки детали (только для моделей с контр шпинделем);
 Автоматическое отключение питания;
 Трех цветная сигнальная лампа;
 Пневматический пистолет;
 Технические характеристики станка модели PUMA MX2100ST [18]:
 - максимальный диаметр обработки – 540мм;
 - максимальная длина заготовки – 1020мм;
 - перемещения по осям X/Y/Z – 565/170/1050;
 - максимальная частота вращения шпинделей (л/п) – 5000об/мин;
 - максимальная частота вращения приводного шпинделя – 1200об/мин;
 - мощность главного двигателя – 18,5кВт.

1.2.5.2. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «Seco».

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

металлорежущего инструмента фирмы «Seco» [13, 14, 15].

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

Сталь 35 относится к группе материалов P-4 [15, с. 692].

Фрагмент каталога «Seco» для выбора элементов режима резания показан на рисунке 8.

Классификация обрабатываемых материалов, SMG (v. 2)

SMG версия 2 – Введение

Основой для SMG v2 является классификация материалов заготовок на основе их типов, а не относительной обрабатываемости, и соответственно, сюда входят такие материалы, как композиты. Группы достаточно обширные, однако достаточно легко определить, к какой именно группе SMG относится конкретный материал.

Для каждой группы SMG существует определенный стандарт материалов в определенном состоянии, который является эталоном для простой корректировки режима резания под любой фактический материал, сопоставимый с эталонным материалом Seco – см. стр. 49.

В качестве примера см. данные по эталонным материалам EN C45E для SMG P4 и EN 42 CrMo 4 для SMG P5 и SMG H5 на следующих страницах.

Стали, ферритовые и мартенситные нержавеющие стали

SMG	Описание	свойства	Пример
P1	Автоматные стали	$360 < R_m < 880$	11 SMn30 $R_m = 385 \text{ N/mm}^2$
P2	Низколегированные ферритные стали, $C < 0.25\%wt$ Низколегированные сварочные конструкционные стали	$320 < R_m < 600$	S235JRG2 $R_m = 420 \text{ N/mm}^2$
P3	Ферритные/перлитные стали, $C < 0.25\%wt$ Сварочные конструкционные стали Поверхностно упрочненные стали	$430 < R_m < 610$	16 MnCr 5 $R_m = 550 \text{ N/mm}^2$
P4	Низколегированные конструкционные стали, $0.25\% < C < 0.67\%wt$ Низколегированные закаленные и отпущенные стали	$520 < R_m < 1200$	C 45E $R_m = 660 \text{ N/mm}^2$

Рисунок 8 – Выбор группы материала для стали 35 из каталога фирмы «Seco».

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

Установ А.

Переход 1. Точить поверхности 8, 13 (рис. 5).

Державка токарная наружная SCLCL 2020K12 [15, с. 181],

где S – крепление пластины (винт), C – форма пластины (ромб 80°), L – тип инструмента (95°), C – задний угол (7°), L – направление резания (левое), 20 – высота хвостовика (20мм), 20 – ширина хвостовика (20мм), K – длина инструмента (125мм), 12 – длина режущей кромки (рис. 9) [15, с. 10-11].

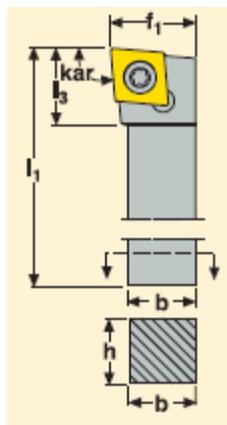


Рисунок 9 – Державка токарная наружная

Размеры державки: $L_1=125\text{мм}$, $f_1=25\text{мм}$, $L_3=20\text{мм}$ $h=20\text{мм}$, $b=20\text{мм}$ [15, с. 181].

Пластина ССМТ 120408-М3 TP2501 [15, с. 347],

где C - форма пластины (ромб 80°), C - задний угол (равен 7°), M – класс допуска, T – тип СМП, 12 – номинальная длина режущей кромки (12мм), 04 – толщина (4,76мм), 08 – радиус вершины (0,8мм), М3 – внутреннее обозначение (обозначение стружколома) [15, с. 18-20]. TP2501 – предназначен для широкого круга токарных операций по стали и нержавеющей стали, а также и по чугуны. Износостойкость и прочность кромки совместно с высокой универсальностью делают сплав предпочтительным для большого количества операций [15, с. 37].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270\text{м/мин}$ [15, с. 52].

Переход 2. Расточить отверстие 10 предварительно (рис. 5).

Державка внутренняя A16Q-SCLCL09 [15, с. 272] (рис. 10).

Пластина ССМТ 09Т308-F1 TP2501 [15, с. 345].

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.736.ПЗ					

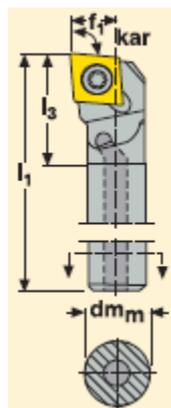


Рисунок 10 – Державка внутренняя

Размеры державки: $d_m=16\text{мм}$, $h=16\text{мм}$, $L_1=180\text{мм}$, $f_1=11\text{мм}$, $L_3=22\text{мм}$ [15, с. 272].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30\text{ мм/об}$, $V_c=270\text{м/мин}$ [15, с. 52]

Установ Б.

Переход 1. Точить поверхности 8, 7, 14 (рис. 5).

Державка токарная наружная SCLCL 2020K12 [15, с. 181].

Пластина CCMT 120408-M3 TP2501 [15, с. 347].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30\text{ мм/об}$, $V_c=270\text{м/мин}$ [15, с. 52].

Переход 2. Расточить отверстие 10 предварительно (рис. 5).

Державка внутренняя A16Q-SCLCL09 [15, с. 272] (рис. 10).

Пластина CCMT 09T308-F1 TP2501 [15, с. 345].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30\text{ мм/об}$, $V_c=270\text{м/мин}$ [15, с. 52].

Переход 3. Точить канавку 3 (рис. 5).

Державка CEL 2525M14QHD [15, с. 618] (рис. 11).

Размеры державки: $b=25\text{мм}$, $h=25\text{мм}$, $L_1=150\text{мм}$, $f_1=32\text{мм}$, $L_3=26\text{мм}$ [15, с. 618].

Пластина 14NR 2.0R CP500 [15, с. 628].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,09\text{ мм/об}$, $V_c=110\text{м/мин}$ [15, с. 616].

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

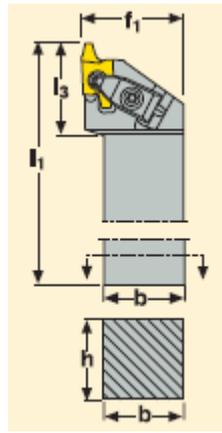


Рисунок 11 – Державка наружная

Установ В.

Переход 1. Расточить отверстия 2 и 10(рис. 5).

Державка внутренняя A16Q-SDQCL07 [15, с. 279] (рис. 12).

Пластина DCMT 070204-F1 TP2501 [15, с. 345].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,22$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [15, с. 52].

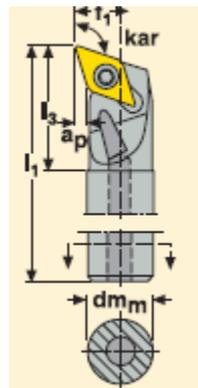


Рисунок 12 – Державка внутренняя

Размеры державки: $d_m=16$ мм, $L_1=180$ мм, $f_1=11$ мм, $L_3=22$ мм [15, с. 279].

Переход 2. Точить канавку 9 (рис. 5).

Державка CNL 0013L9 [15, с. 621] (рис. 13).

Размеры державки: $d_m=16$ мм, $h=16$ мм, $b=15,5$ мм, $L_1=140$ мм, $f_1=8$ мм, $L_3=32$ мм, $L_4=30$ мм [15, с. 618].

Пластина 9НД 2.65FG CP500 [15, с. 628].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,09$ мм/об, $V_c=110$ м/мин [15, с. 616].

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

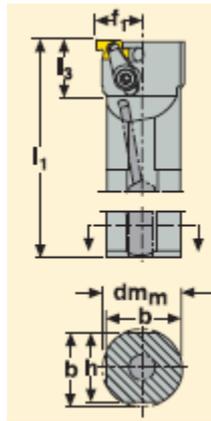


Рисунок 13 – Державка внутренняя

Переход 3. Фрезеровать 6 канавок R106,5мм.

Фреза R335.15-25034.3-03-2 [13, с. 200] (рис. 14).

Пластина R335.15-13110FG-E08 F40M [13, с. 632] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,18$ мм/зуб, $V_c=190$ м/мин [15, с. 616].

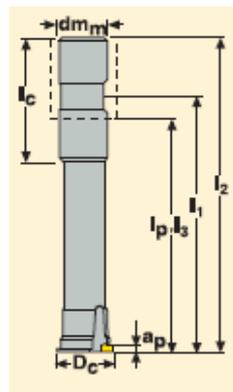


Рисунок 14 – Дисковая фреза

Размеры державки: $d_m=22$ мм, $D_c=63$ мм, $L_1=40$ мм, $Z=5$ [13, с. 200].

Переход 4. Сверлить 8 отверстий 15 под резьбу.

Сверло SD203A-C45-6.8-21-10R1 [14, с. 71] (рис. 15).

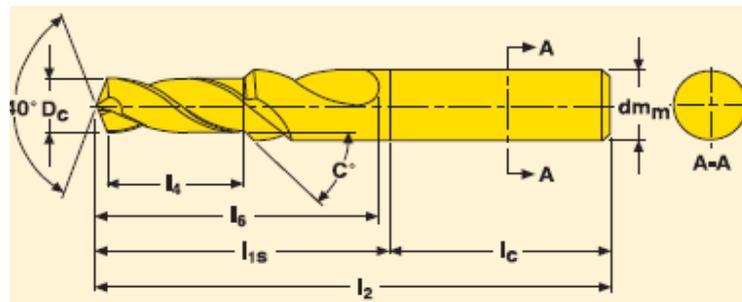


Рисунок 15 – Сверло цилиндрическое серии SD203A

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.736.ПЗ					

Размеры сверла: $d_m=22\text{мм}$, $l_2=89\text{мм}$, $l_{1s}=49\text{мм}$, $l_c=40\text{мм}$, $l_6=36\text{мм}$ [14, с. 71].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,19\text{ мм/об}$, $V_c=150\text{м/мин}$ [14, с. 122].

Переход 5. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 15.

Метчик МТН-М8х1.25ISO6Н-BC-V025 [14, с. 297] (рис. 16).

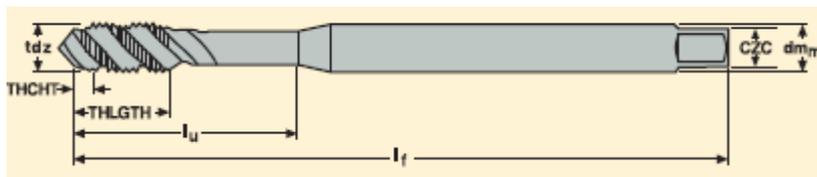


Рисунок 16 – Метчик серии МТН

Размеры метчика: $d_m=8\text{мм}$, $l_u=40\text{мм}$, $l_f=140\text{мм}$, $Z=3$ [14, с. 297].

Рекомендуемые режимы резания: $V_c=37\text{м/мин}$ [14, с. 276].

Переход 6. Сверлить отверстие.

Сверло SD502-17-34-20R7 [14, с. 184] (рис. 17).

СМП SPGX 0502-C1 [14, с. 184].

СМП SCGX 050204-P2 [14, с. 184].

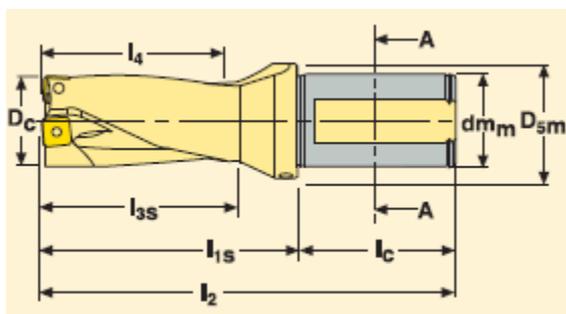


Рисунок 17 – Сверло цилиндрическое серии SD502

Размеры сверла: $d_{mm}=20\text{мм}$, $l_2=114\text{мм}$, $l_{1s}=64\text{мм}$, $l_c=50\text{мм}$, $l_{3s}=39\text{мм}$, $D_{5m}=30\text{мм}$ [14, с. 183].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,10\text{ мм/об}$, $V_c=220\text{м/мин}$ [14, с. 218].

Переход 7. Сверлить отверстие 5 под резьбу.

Сверло SD203A-C45-12.25-34.5-16R1 [14, с. 71] (рис. 15).

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30\text{ мм/об}$, $V_c=135\text{м/мин}$ [14, с.].

Переход 8. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 15.

Метчик МТН-М14х2ISO6Н-BC-V026 [14, с. 298] (рис. 16).

Рекомендуемые режимы резания: $V_c = 37$ м/мин [14, с. 276].

Элементы режимов резания сведем в таблицу 9.

Таблица 9 - Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, (а _p) мм	S ₀ (f) мм/об	S _m , мм/мин	n, об/мин	V _c (V _c) м/мин
Операция 005					
Комбинированная с ЧПУ					
<i>Установ А</i>					
Переход 1	3,5	0,30	101	337	270
Переход 2	3,5	0,30	123	410	270
<i>Установ Б</i>					
Переход 1	3,5	0,30	94	313	270
Переход 2	4,0	0,30	130	434	270
Переход 3	2,0	0,09	13	146	110
<i>Установ В</i>					
Переход 1	0,20	0,22	89	405	270
Переход 2	7,5	0,09	14	156	110
Переход 3	1,5	0,90	864	960	190
Переход 4	3,4	0,19	1335	7025	150
Переход 5	0,6	1,25	1841	1473	37
Переход 6	8,5	0,10	412	4121	220
Переход 7	6,12	0,30	1053	3510	135
Переход 8	0,875	2,0	1684	842	37

1.3. Технологические расчеты

1.3.1. Расчет припусков

Припуски на поверхность Ø210Н8 рассчитываются расчетно-аналитическим методом, на остальные поверхности – статистическим методом.

Для заготовки $T = 300$ мкм, $R_z = 250$ мкм [6, с.186 табл. 12].

Значения «Т» и «R_z» по переходам [6, с.190 табл. 27]:

Черновое растачивание – $R_z = 40$ мкм, $T = 50$ мкм, 12 квалитет;

Чистовое растачивание – $R_z = T = 20$ мкм, 10 квалитет;

Тонкое растачивание – $R_z = 5$ мкм, $T = 10$ мкм, 8 квалитет.

Суммарное пространственное отклонение:

$$\rho = \sqrt{\Delta_H^2 + \Delta_K^2}, \quad (7)$$

где Δ_H – отклонение от перпендикулярности торца к оси поковки,

$\Delta_H = 0,7$ мкм/мм [26, табл. 21, с.187],

$\Delta_H = 0,7 \cdot 127,5 = 89$ мкм

Δ_K – кривизна поволоков, $\Delta_K = 1,5$ мкм/мм [6, с.186 табл.15],

$\Delta_K = 1,5 \cdot 261,5 = 392$ мкм;

$$\rho = \sqrt{89^2 + 392^2} = 402 \text{ мкм}$$

Расчет с учетом коэффициента уточнения K_y [6, с.199 табл.29]:

- после черного растачивания – $\rho = 0,06 \cdot 402 = 24$ мкм;

- после чистового растачивания – $\rho = 0,04 \cdot 402 = 16$ мкм;

Расчетный минимальный припуск на данном переходе:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (8)$$

где R_z – средняя величина микронеровностей на предыдущем переходе, мкм;

T – глубина дефектного поверхностного слоя предыдущем переходе, мкм;

ρ – геометрическая сумма пространственных отклонений взаимосвязанных поверхностей предыдущем переходе, мкм;

ε_y – погрешность установки на данном переходе, мкм.

Погрешность установки определяется по [6, с. 42 табл. 13] при установке обрабатываемой детали в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон $\varepsilon_y = 80$ мкм.

Расчет с учетом коэффициента уточнения K_y [6, с. 195 табл. 29]:

- после черного растачивания – $\varepsilon_y = 0,06 \cdot 80 = 5$ мкм

В связи с малой величиной на последующих переходах погрешность установки в расчет не принимается.

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.736.ПЗ				

под черновое обтачивание:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (250 + 300 + \sqrt{402^2 + 80^2}) = 1920 \text{ мкм}$$

под чистовое растачивание:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{24^2 + 5^2}) = 229 \text{ мкм}$$

под тонкое растачивание:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (20 + 20 + 16) = 112 \text{ мкм}$$

Расчетный максимальный припуск на данном переходе:

$$2 \cdot Z_{i \max} = 2 \cdot Z_{\min} + TD_{i-1} - TD_i, \quad (9)$$

где $2 \cdot Z_{\min}$ – минимальный припуск на обработку, мкм;

TD_{i-1} – допуск на предыдущую операцию, мкм;

TD_i – допуск на данную операцию, мкм.

Максимальный припуск на черновое растачивание:

$$2 \cdot Z_{\max} = 1920 + 2800 - 460 = 4260 \text{ мкм}$$

Максимальный припуск на чистовое растачивание:

$$2 \cdot Z_{\max} = 229 + 460 - 185 = 504 \text{ мкм}$$

Максимальный припуск на тонкое растачивание:

$$2 \cdot Z_{\max} = 112 + 185 - 72 = 225 \text{ мкм}$$

Допуски на размеры, полученные после каждого тех. перехода принимаются по [12, с.192 табл. 32]

Проверка правильности расчетов:

$$TD_{\text{заг}} - TD_{\text{д}} = 2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} \quad (10)$$

$$2800 - 0,072 = (4260 + 504 + 225) - (1920 + 229 + 112)$$

$$2728 = 2728 \text{ – равенство верно.}$$

Минимальные промежуточные размеры обрабатываемой поверхности по переходам определяются по формуле:

$$D_{\min i} = D_{\min i-1} - 2Z_{\max i-1}, \quad (11)$$

где $D_{\min i-1}$ – минимальный промежуточный размер на последующий переход, мм;

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$2 \cdot Z_{\max i-1}$ – максимальный припуск на последующий переход, мм

Минимальный размер обработанного отверстия детали:

$$D_{\min \text{ д}} = 210 \text{ мм};$$

Минимальный размер при чистовом растачивании:

$$D_{\min} = 210 - 0,225 = 209,775 \text{ мм};$$

Минимальный размер при черновом растачивании:

$$D_{\min} = 209,775 - 0,504 = 209,271 \text{ мм};$$

Минимальный размер на отверстие заготовки:

$$D_{\min} = 209,271 - 4,260 = 205,011 \text{ мм}.$$

Максимальные промежуточные размеры обрабатываемой поверхности по переходам определяются по формуле:

$$D_{\max i} = D_{\max i-1} - 2Z_{\min i-1}, \quad (12)$$

где $D_{\max i-1}$ – максимальный промежуточный размер на последующий переход, мм;

$2 \cdot Z_{\min i-1}$ – минимальный припуск на последующий переход, мм.

Максимальный размер обработанного отверстия детали:

$$D_{\max \text{ д}} = 210,072 \text{ мм};$$

Максимальный промежуточный размер при чистовом растачивании:

$$D_{\max} = 210,072 - 0,112 = 209,96 \text{ мм};$$

Максимальный промежуточный размер при черновом растачивании:

$$D_{\max} = 209,96 - 0,229 = 209,731 \text{ мм};$$

Максимальный промежуточный размер заготовки:

$$D_{\max} = 209,731 - 1,920 = 207,811 \text{ мм}.$$

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Таблица 10 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности Ø210Н8

Тех. переходы обработки поверхности вала-шестерни	Элементы припуска, мкм				Расчетный размер D_p , мм	Допуск T , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R_z	T	ρ	ε			D_{min}	D_{max}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Заготовка (штамповка)	250	300	402	80	205,01	2800	205,011	207,811	4989	2261
Черновое растачивание	40	50	24	5	209,27	460	209,271	209,731	4260	1920
Чистовое растачивание	20	20	16	-	209,77	185	209,775	209,960	504	229
Тонкое растачивание	5	10	-	-	210	72	210	210,072	225	112

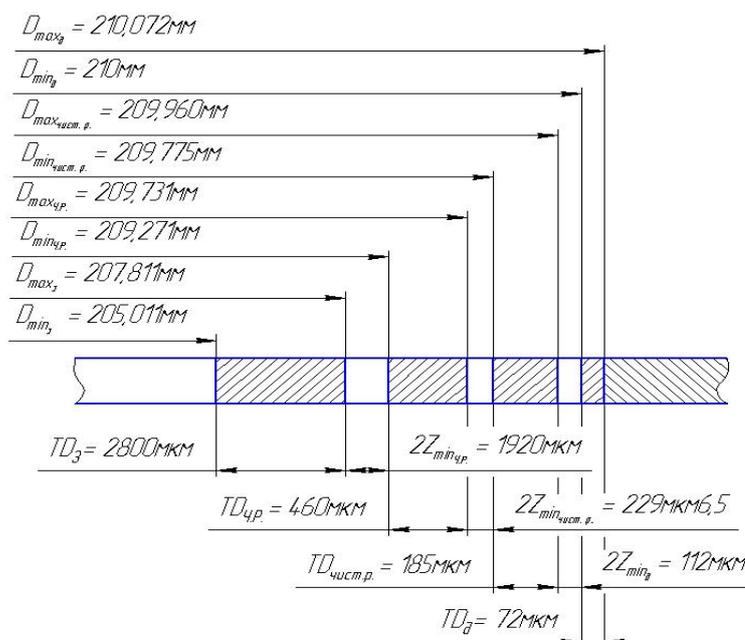


Рисунок 18 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку внутренней поверхности отверстия Ø210Н

Общие припуски и допуски на остальные обрабатываемые поверхности [6, табл. 3 и 8], промежуточные припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры заносятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Наименование обрабатываемых поверхностей и тех.переходов	$2Z_{\min}$, мм	Размер, мм	Верхнее откл., мм	Нижнее откл., мм	T, мм
Поверхность Ø198D11. Заготовка	2·3,0	204	+1,0	-1,8	2,8
1.Обтачивание черновое	2·2,5	203	+0,63	0	0,63
2.Обтачивание чистовое	2·0,5	198	+0,46	+0,17	0,29
Поверхность Ø275h8. Заготовка	2·3,0	278	+2,1	-1,1	3,2
1.Обтачивание черновое	2·1,0	276	0	-0,21	0,21
2.Обтачивание чистовое	2·0,5	275	0	-0,087	0,087
Поверхность Ø255h14. Заготовка	2·3,3	261,5	+2,1	-1,1	3,2
1.Обтачивание однократное	2·3,3	255	0	-1,3	1,3

1.3.2. Расчет технических норм времени

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

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (13)$$

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

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

n - количество деталей в партии, $n=24$ шт;

t_0 - основное время, мин.;

t_B - вспомогательное время, мин.;

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

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

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

$$t_B = t_{yc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{и.з}, \quad (14)$$

где $t_{ус}$ - время на установку и снятие детали, мин.;

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

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

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

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

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (15)$$

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

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

Основное время [7, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (16)$$

где l - расчетная длина, мм.;

i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [7, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (17)$$

где l_0 - длина обработки поверхности, мм.;

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

$l_{пер}$ - величина перебега.

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

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

Установ А.

Переход 1. Точить поверхности 8, 13.

Длина обрабатываемых поверхностей: $l_0 = 45$ мм.

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

$$l_{вр} + l_{пер} = 5,5 \text{ мм.}$$

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Тогда:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 45 + 5,5 = 50,5 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{50,5}{101} = 0,50 \text{ мин}$$

Переход 2. Расточить отверстие 10 предварительно.

$$l_0 = 117,4 \text{ мм, } l_{вр} + l_{пер} = 4,8 \text{ мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 117,4 + 4,8 = 122,2 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{122,2}{123} = 1,0 \text{ мин}$$

Общее основное время на установе А:

$$t_{0A} = 0,50 + 1,0 = 1,50 \text{ мин.}$$

Установ Б.

Переход 1. Точить поверхности 8, 7, 14.

$$l_0 = 106 \text{ мм, } l_{вр} + l_{пер} = 5,5 \text{ мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 106 + 5,5 = 111,5 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{111,5}{94} = 1,19 \text{ мин}$$

Переход 2. Расточить отверстие 10 предварительно.

$$l_0 = 17 \text{ мм, } l_{вр} + l_{пер} = 5 \text{ мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 17 + 5 = 22 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{22}{130} = 0,17 \text{ мин}$$

Переход 3. Точить канавку 3.

$$l_0 = 1,5 \text{ мм, } l_{вр} + l_{пер} = 4,5 \text{ мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 1,5 + 4,5 = 6 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{03} = \frac{6}{13} = 0,46 \text{ мин}$$

Общее основное время на установе Б:

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$t_{OB} = 1,19 + 0,17 + 0,46 = 1,82 \text{ мин.}$$

Установ В.

Переход 1. Расточить отверстия 2 и 10.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 117,4\text{мм.}$

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

$$l_{вр} + l_{пер} = 5,6\text{мм.}$$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 117,4 + 5,6 = 124\text{мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{124}{89} \cdot 1 = 1,39\text{мин}$$

Переход 2. Точить канавку 9.

$l_0 = 24\text{мм, } l_{вр} + l_{пер} = 6,3\text{мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 24 + 6,3 = 30,3\text{мм.}$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{30,3}{14} \cdot 1 = 2,16\text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать 6 канавок R106,5мм.

$l_0 = 216\text{мм, } l_{вр} + l_{пер} = 8,7\text{мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 216 + 8,7 = 224,7\text{мм.}$

Число проходов равно $i=6$.

$$t_{03} = \frac{224,7}{864} \cdot 6 = 1,56\text{мин}$$

Переход 4. Сверлить 8 отверстий 15 под резьбу.

$l_0 = 32\text{мм, } l_{вр} + l_{пер} = 4,2\text{мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 32 + 4,2 = 36,2\text{мм.}$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{04} = \frac{36,2}{1335} \cdot 8 = 0,22\text{мин}$$

Переход 5. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 15.

$l_0 = 26\text{мм, } l_{вр} + l_{пер} = 3,5\text{мм, } l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 26 + 3,5 = 29,5\text{мм.}$

Число проходов равно $i=8$.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

$$t_{05} = \frac{29,5}{1841} \cdot 8 = 0,13 \text{ мин}$$

Переход 6. Сверлить отверстие 6.

$$\ell_0 = 8 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 3,5 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 8 + 3,5 = 11,5 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{06} = \frac{11,5}{412} \cdot 1 = 0,03 \text{ мин}$$

Переход 7. Сверлить отверстие 5 под резьбу.

$$\ell_0 = 29 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 3,6 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 29 + 3,6 = 32,6 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{07} = \frac{32,6}{1053} \cdot 1 = 0,03 \text{ мин}$$

Переход 8. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 15.

$$\ell_0 = 28 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 2,8 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 28 + 2,8 = 30,8 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{07} = \frac{30,8}{1654} \cdot 1 = 0,02 \text{ мин}$$

Общее основное время на установке В:

$$t_{OB} = 1,39 + 2,16 + 1,56 + 0,22 + 0,13 + 0,03 + 0,02 = 5,51 \text{ мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$t_O = 1,50 + 1,82 + 5,51 = 8,83 \text{ мин}$$

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

$$t_{\text{ус}} = 3,12 \text{ мин.}; t_{\text{уп}} = 8,06 \text{ мин.}; t_{\text{изм}} = 11,69 \text{ мин.}$$

$$t_B = 3,12 + 8,06 + 11,69 = 22,87 \text{ мин.}$$

Оперативное время [7, с. 101]:

$$t_{OP} = t_O + t_B = 8,83 + 22,87 = 31,70 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{\text{мех}} = \frac{6 \cdot t_{OP}}{100} = \frac{6 \cdot 31,7}{100} = 1,90 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Время организационного обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{8 \cdot 31,7}{100} = 2,54 \text{ мин}$$

Время на отдых [7, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{он}}{100} = \frac{2,5 \cdot 31,7}{100} = 0,79 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 31,7 + 1,90 + 2,54 + 0,79 = 36,93 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [7, с. 216-217]: $T_{пз} = 28 \text{ мин}$

Тогда: $T_{шт-к} = \frac{28}{24} + 36,93 = 38,09 \text{ мин}$

Расчет норм времени сведем в таблицу 12.

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

Наименование операции, перехода, позиции	t_o	t_b	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{отд}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
<i>Операция 005 Комплексная с ЧПУ</i>		22,87	1,19	2,54	0,79	36,93	38,09
<i>Установ А</i>							
Переход 1	0,50						
Переход 2	1,0						
<i>Установ Б</i>							
Переход 1	1,19						
Переход 2	0,17						
Переход 3	0,46						
<i>Установ В</i>							
Переход 1	1,39						
Переход 2	2,16						
Переход 3	1,56						
Переход 4	0,22						
Переход 5	0,13						
Переход 6	0,03						
Переход 7	0,03						
Переход 8	0,02						

1.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)

Деталь зажимается в 3-х кулачковый гидравлический патрон. Определим силу зажима детали на операции 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ, установ А, переход 1.

Базирование детали

Схема базирования представлена на рисунке 19

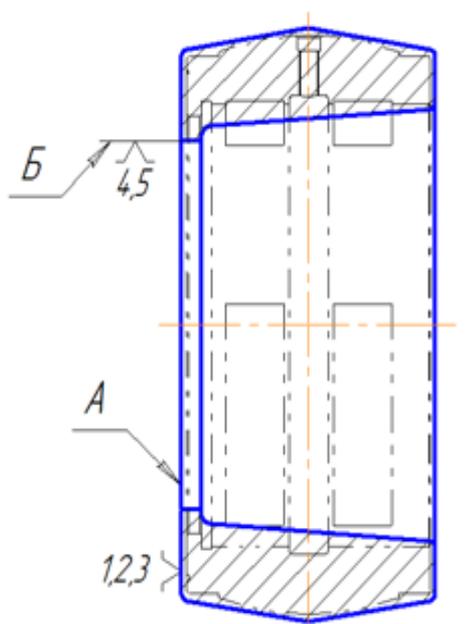


Рисунок 19 - Схема чернового базирования детали (установ А)

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

Торец «А» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), поверхность «Б» – 2-х степеней свободы (двух перемещений). Таким образом, базирование не полное.

Определим силы резания по [10, с. 135]:

$$P_{x,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (18)$$

где $K_p = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,13$.

Коэффициент C_p и показатели степеней определим по [10, с. 273 табл. 22]: - для силы P_x : $C_p=339$, $x=1$, $y=0,5$, $n=-0,40$;

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- для силы P_z : $C_p=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$

Тогда по (18):

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3,5^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 270^{-0,4} \cdot 1,13 = 782 \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 270^{-0,15} \cdot 1,13 = 2077 \text{ Н.}$$

Определим крутящий момент:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot P_z \cdot d = 0,5 \cdot 2077 \cdot 255 = 264818 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 264,82 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

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 [13, с. 382-384]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (19)$$

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 $K_2 = 1,0$;

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 не удобном 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 (14):

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

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

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 20 представлена графическая модель равновесия заготовки

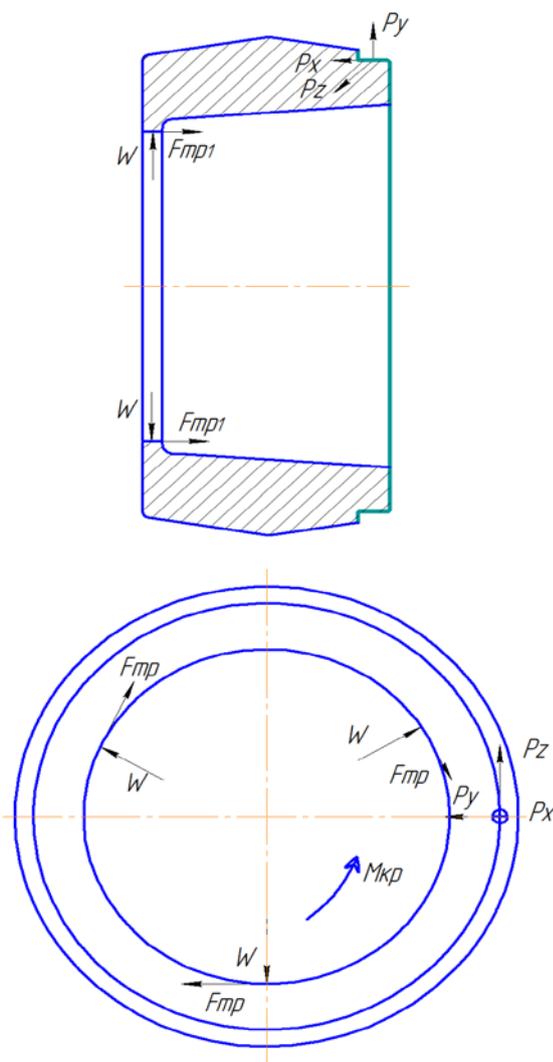


Рисунок 20 – Графическая модель равновесия заготовки

Для сохранения равновесия должны соблюдаться условия:

$$P_x \leq 3 \cdot F_{TP1} \text{ и } M_{KP} \leq 3 \cdot F_{TP} \cdot 0,5 \cdot D \text{ или}$$

$$k \cdot P_x = 3 \cdot F_{TP1} \text{ и } k \cdot M_{KP} = 3 \cdot F_{TP} \cdot 0,5 \cdot D.$$

где $F_{TP1} = f \cdot W'$ и $F_{TP} = f \cdot W''$

Общая сила зажима:

$$W = \sqrt{(W')^2 + (W'')^2}.$$

Тогда:

$$k \cdot P_x = 3 \cdot f \cdot W'$$

Откуда:

$$W' = \frac{k \cdot P_x}{3 \cdot f}$$

$$k \cdot M_{KP} = 3 \cdot F_{TP} \cdot 0,5 \cdot D$$

Откуда:

$$W'' = \frac{k \cdot M_{KP} \cdot 2}{3 \cdot f \cdot D}$$

где f – коэффициент трения, для стали по стали примем $f=0,2$

Тогда:

$$W' = \frac{2,16 \cdot 264,82}{3 \cdot 0,2} = 9534 \text{ Н}$$

$$W'' = \frac{2,16 \cdot 264,82 \cdot 2}{3 \cdot 0,2 \cdot 255} = 7477 \text{ Н}$$

$$W = \sqrt{9534^2 + 7477^2} = 12116 \text{ Н}$$

Чтоб обеспечить неподвижность заготовки в 3-х кулачковом патроне, её необходимо зажать тремя силами $W = 12116 \text{ Н}$

1.5. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Корпус подшипника»

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, самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства [16].

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 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.

Обрабатывающий центр с ЧПУ модели PUMA MX2100ST оснащен системой ЧПУ Fanuc 31i-A

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Данная система ЧПУ имеет простое, ориентированное на пользователя управление, которое позволяет достаточно быстро составлять программы и обладает следующими возможностями:

- программирование возможно непосредственно на ЧПУ или на внешних носителях (CAD/CAM);
- фрезерные циклы: круговые карманы, прямоугольные карманы, изогнутые карманы, плоское фрезерование;
- циклы сверления: простое сверление, сверление с выдержкой по времени, сверление глубоких отверстий, нарезание резьбы метчиком;
- высверливание рисунков: ряды отверстий, отверстия по кругу / сегменту, свободное позиционирование отверстия, прямоугольник/ параллелограмм.

Запись информации в УП осуществляется по определенным правилам, которые указывают, как записывать информацию в каждом кадре УП, а также правила записи слов внутри каждого кадра.

В дипломном проекте управляющую программу разработаем на 005 операцию «Комплексная с ЧПУ» установ А. Операция состоит из двух переходов:

Установ А:

1. Точить поверхности 8, 13.
2. Расточить отверстие 10 предварительно.

Фрагмент управляющей программы на операцию 005 представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Фрагмент управляющей программы на операцию 005 (установ А)

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание кадра УП
1	2
WWP	Позиция смены инструмента
T1 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой

Продолжение таблицы 13

1	2
	точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S270 Lims=800 M3	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелки
G0 X290 Z0	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X-0.4 F0.30	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X290 Z0	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
CYCLE95("contur",3.5,,,, 0.30,,,,,8,1)	Цикл снятия припуска: 3.5 – припуск под черновое точение, 0.30 – рабочая подача при черновом точении, 8 – длина пути обработки, 1 – путь отвода
"contur"	подпрограмма
G90 G18 DIAMON ;*GP*	Абсолютные размеры, выбор рабочей плоскости X-Z, параметры размеров заданы диаметрально
G0 X199 Z132,5 ;*GP*	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
G1 Z127.5 ;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X251;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X255 Z125.5;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z111.5;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X270 ;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M17	Конец подпрограммы
WWP	Позиция смены инструмента
T2 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S270 Lims=800 M3	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелки
G0 X290 Z0;*GP*	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами

Окончание таблицы 13

1	2
G1 X-0.4 F0.25;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X290 Z0;*GP*	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
CYCLE95("contur1",3.5,,,, 0.30,,,,,6,1)	Цикл снятия припуска: 2 – припуск под черновое точение, 0.30 – рабочая подача при черновом точении, 6 – длина пути обработки, 1 – путь отвода
"contur1"	подпрограмма
G90 G18 DIAMON ;*GP*	Абсолютные размеры, выбор рабочей плоскости X-Z, параметры размеров заданы диаметрально
G0 X209.6 Z130 ;*GP*	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
G1 Z10.1 ;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X185;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 Z130;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M17	Конец подпрограммы

2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В экономической части проекта выполняется расчет капитальных затрат и определяется экономическая эффективность проектируемого технологического процесса. Сравнение двух вариантов (альтернативного и проектируемого) технологических процессов осуществляется путем расчета себестоимости работ по каждому из вариантов и определяется наибольшая экономическая целесообразность выбранных вариантов.

2.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле [12]:

$$K = K_{об} + K_{про}$$

(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 [12]:

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

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

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

$N_{год} = 1000$ шт.;

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

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

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

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

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

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

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

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

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

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

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

Отсюда количество рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

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

- при трёхсменной работе:

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

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2% рабочего времени универсального оборудования и 9% для обрабатывающего центра с ЧПУ.

Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (22), составляет:

$$F_{об} = 5910 \cdot \left(1 - \frac{2}{100} \right) = 5792 \text{ ч. - альтернативный вариант.}$$

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

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (21)

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Данные по расчетам сводим в таблицу 14 по альтернатив. варианту

$$C_{16K30} = \frac{1,15 \cdot 1000}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,22 \text{ шт.};$$

$$C_{6P13} = \frac{0,42 \cdot 1000}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,08 \text{ шт.};$$

$$C_{2H55} = \frac{0,30 \cdot 1000}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,05 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени, согласно раздела 1.3.2. по формуле (13)

Данные по расчетам сводим в таблицу 15 по проектируемому варианту

$$C_{2100ST} = \frac{0,64 \cdot 1000}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,14 \text{ шт.}$$

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

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

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{шт. (ш-к)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{п}$	Кз.ф.
16K30	1,15	0,22	1	0,22
6P13	0,42	0,08	1	0,08
2H55	0,30	0,05	1	0,05
	$\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 1,87$	0,35	$\Sigma C_{п} = 3$	$0,35/3=0,1$

Таблица 15 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляц. время (Т _{шт.} (ш-к)), ч.	Расчетное количество станков, С _р	Принимаемое количество станков, С _п	Кз.ф.
MX2100ST	0,64	0,14	1	0,14
	Σ Т _{шт.} (ш-к) = 0,64	0,14	Σ С _п = 1	

Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 16 по альтернативному варианту, по проектируемому в таблице 17.

Таблица 16 – 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	
Токарный	16К30	1	11	11	195	19,5	-	214,5
Фрезерный	6Р13	1	7,5	7,5	170	17	-	187
Радиально-сверлильный	2Н55	1	7,5	7,5	150	15	-	165
Итого		3		26	515	51,5	-	566,5

Таблица 17 – 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	MX2100ST	1	18,5	18,5	18560	-	-	18560	18560
Итого		1		18,5					18560

Капитальные вложения в оборудование (К_{об}) с учётом загрузки станка на 14% составляют $0,14 \cdot 18560000 = 2611$ т.руб.

Определение капитальных вложений в приспособления

Капитальные вложения в приспособления отсутствуют, так как деталь зажимается в стандартном приспособлении (тиски), поставляемом с оборудованием и включенном в стоимость оборудования.

2.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

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

$$C = Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (23)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_{н} + Z_{к} + Z_{тр}, \quad (24)$$

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.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Численность станочников вычисляем по формуле [12]:

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p}, \quad (25)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего,

$F_p = 1682$ ч.;

$k_{мн}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,

$k_{мн} = 1$;

t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

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

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

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

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

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

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1682 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (25). Результаты вычислений сводим в таблицу 18 по проектируемому варианту в таблице 19.

Таблица 18 – Затраты на заработную плату станочников по альтернативному варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб/час	Расчётная численность станочников, чел.
Токарная	3	109,5	1,15	125,9	0,68
Фрезерная	3	109,5	0,42	46,0	0,25
Сверлильная	3	105,3	0,30	31,6	0,17
Итого				203,5	1,1

Определим затраты на заработную плату на годовую программу [12]:

$$Ззп = 203,5 \cdot 1000 = 203500 \text{ руб.}$$

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

$$Ззп = 203500 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 271469 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	124,1	0,64	79,4	0,38
Итого				79,4	0,38

Определим затраты на заработную плату на годовую программу [12]:

$$Ззп = 79,4 \cdot 1000 = 79400 \text{ руб.}$$

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

$$Ззп = 79400 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 105919,6 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [12]:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_p \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_p}{N_{\text{год}}}, \quad (26)$$

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

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 1000$ 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 [12]:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{H}, \quad (27)$$

где g_n – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет

$$g_n = 0,14 \text{ шт.};$$

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

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

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,14 \cdot 3}{8} = 0,0525 \text{ чел.}$$

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

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

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

По формуле (26) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{73,9 \cdot 1682 \cdot 0,05 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1000} = 9,2 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{75,1 \cdot 1682 \cdot 0,07 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1000} = 13 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящаяся на одну деталь по каждому из вариантов, сводим в таблицу 20, по проектируемому в таблице 21.

Таблица 20 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по альтернативному варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Транспортный рабочий	73,9	0,05	9,2
Контролер	75,1	0,07	13
Итого		0,12	22,2

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 22,2 \cdot 1000 = 22200 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (24):

$$З_{зп} = 271469 + 22200 = 293669 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	86,8	0,04	8,6
Транспортный рабочий	73,9	0,019	3,4
Контролер	75,1	0,026	4,8
Итого		0,085	16,8

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 16,8 \cdot 1000 = 16800 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (24):

$$З_{зп} = 105919,6 + 16800 = 122719 \text{ руб.}$$

Страховые взносы

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

Альтернативный вариант $293669 \cdot 0,3 = 88100,7$ руб.

Проектируемый вариант $122719 \cdot 0,3 = 36815,7$ руб.

Затраты на электроэнергию

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

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{ep} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн}} \cdot Ц_э, \quad (28)$$

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);

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (28):

$$Z_э(16K30) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,15}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 9,3 \text{ руб.};$$

$$Z_э(6P81Г) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,42}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 1,4 \text{ руб.};$$

$$Z_э(2H55) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,30}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 1,6 \text{ руб.};$$

$$Z_э(MX2100ST) = \frac{18,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,64}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 2,2 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 22 по проектируемому варианту в таблицу 23.

Таблица 22 – Затраты на электроэнергию по альтернативному варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
16K30	11	1,15	9,3
6P13	7,5	0,42	1,4
2H55	7,5	0,30	1,6
Итого			12,3

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_э = 12,3 \cdot 1000 = 12300 \text{ руб.}$$

Таблица 23 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
MX2100ST	18,5	0,64	2,2
Итого			2,2

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_3 = 2,2 \cdot 1000 = 2200 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

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

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (29)$$

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

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

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

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (30)$$

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

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, $H_{амАЛЬТ} = 12\%$ для альтерна-

тивного оборудования, $H_{амН} = 6\%$ - для обрабатывающего центра с ЧПУ;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

$F_{обАЛЬТ} = 5910$ 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 (30):

$$C_{\text{ам}}(16K30) = \frac{214500 \cdot 0,12 \cdot 1,15}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 5,8 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(6P13) = \frac{187000 \cdot 0,12 \cdot 0,42}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 1,6 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(2H55) = \frac{165000 \cdot 0,12 \cdot 0,30}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 1 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(\text{MX2100ST}) = \frac{18560000 \cdot 0,06 \cdot 0,64}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 152,6 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования ($C_{\text{рем}}$)

Вычисления производим по формуле [12]:

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}}, \quad (31)$$

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

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (31):

$$C_{\text{рем}}(16K30) = \frac{214500 \cdot 0,06}{1,15 \cdot 1000} = 11,19 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(6P13) = \frac{187000 \cdot 0,06}{0,42 \cdot 1000} = 26,71 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(2H55) = \frac{39655 \cdot 0,06}{0,30 \cdot 1000} = 33 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(\text{MX2100ST}) = \frac{18560000 \cdot 0,0001}{0,64 \cdot 1000} = 2,9 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 24 по проектируемому в таблицу 25.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Таблица 24 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования альтернативный вариант

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
16К30	214,5	1	0,06	1,15	5,8	11,19
6Р13	187,0	1	0,06	0,42	1,6	26,71
2Н55	165,0	1	0,06	0,30	1	33
Итого					8,4	70,9

Таблица 25 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемый вариант

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
МХ2100ST	18560	1	0,0001	0,64	152,6	2,9
Итого					152,6	2,9

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (24):

$$Z_6 = 8,4 + 70,9 = 79,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{II} = 152,6 + 2,9 = 155,5 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в альтернативном технологии вычисляем по формуле:

$$Z_{II} = \frac{C_{II} + \beta_n \cdot C_{II}}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{II}, \quad (32)$$

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

β_n - число переточек;

C_{II} – стоимость одной переточки, руб.;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

T_m – машинное время, мин.;

η_{II} - коэффициент случайной убыли инструмента, $\eta_{II} = 0,98$;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 1000$ шт.

В таблице 26 укажем инструмент, используемый в альтернативном тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 26 – Перечень инструмента альтернатив. технологического процесса

№ опер.	Наименование	T_m , мин	№ опер.	Наименование	T_m , мин.
005, 010	Резец проходной ГОСТ 18877	33,8	015	Фреза дисковая ГОСТ 2679	25,1
005, 010	Резец расточной ГОСТ 18883	25,8	025	Сверло ГОСТ 10903	4,9
010	Резец канавочный ГОСТ 18885	3,9	025	Метчик ГОСТ 3266-81	7,7
010	Резец канавочный ГОСТ 18889	4,5	030	Сверло ГОСТ 10903	3,6
010	Резец сферический ГОСТ 18880	1,2	030	Метчик ГОСТ 3266-81	2,0

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по альтернат. тех. процессу (для стандартного инструмента) по формуле (32):

$$Z_{II} = \frac{956,1+8 \cdot 77}{60 \cdot 1000 \cdot 9} \cdot 9,6 \cdot 0,98 + \frac{855,3+9 \cdot 68}{60 \cdot 1000 \cdot 10} \cdot 22,9 \cdot 0,98 + \frac{1023+6 \cdot 92}{50 \cdot 1000 \cdot 7} \cdot 23,4 \cdot 0,98 + \frac{956,6+7 \cdot 84}{45 \cdot 1000 \cdot 8} \cdot 20,9 \cdot 0,98 + \frac{1106+6 \cdot 88}{50 \cdot 1000 \cdot 7} \cdot 12,9 \cdot 0,98 + \frac{15632+0 \cdot 0}{189 \cdot 1000} \cdot 14,1 \cdot 0,98 = 179,6 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{эи} = (C_{пл} \cdot n + (C_{корп} + k_{компл} \cdot C_{компл}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{маш} \cdot (T_{ст} \cdot b_{фи} \cdot N)^{-1}, \quad (33)$$

где $Z_{эи}$ - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, руб.;

$C_{пл}$ - цена сменной многогранной пластины, руб.;

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

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.736.ПЗ					

$C_{\text{корп}}$ - 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;

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

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

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

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

В таблицу 27 внесем параметры инструмента.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Таблица 27 – 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.
005	Метчик МТН-М8х1.25ISO 6Н-BC-V025	5,07	7561	71	-	0,90	14,1
	Державка токарная наружная SCLCL 2020K12 СМП Пластина ССМТ 120408-М3 TP2501	3,44	21563 385	181	-	0,90	4,7
	Державка внутренняя А16Q-SCLCL09 СМП ССМТ 09Т308-F1 TP2501	3,70	19255 391	201	-	0,90	6,8
	Державка CEL 2525M14QH D СМП 14NR 2.0R CP500	0,53	22563 412	181	-	0,90	1,8
	Державка CNL 0013L9 СМП9НД 2.65FG CP500	1,12	24632 695	195	-	0,90	5,6
	Фреза R335.15-25034.3-03-2 СМП R335.15-13110FG-E08 F40M	2,25	28963 621	206	-	0,90	4,2
	Сверло SD203A-C45-6.8-21-10R1	3,63	5632	85	-	0,90	4,1
	Сверло SD203A-C45-6.8-21-10R1	4,55	6532	90	-	0,90	5,2
	Метчик МТН-М14х2ISO6 Н-BC-V026	5,95	7563	74	-	0,90	4,9
Итого							51,4

Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле [12]:

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

где g_p – принятое количество оборудования, ($g_p = 3$ шт.);

$H_{\text{прс}}$ – количество приспособлений на единицу оборудования, ($H_{\text{прс}} = 1$);

$C_{\text{прс}}$ – стоимость приспособлений, ($C_{\text{прс1}} = 25563$ руб., $C_{\text{прс2}} = 17300$ руб.,

$C_{\text{прс3}} = 29631$ руб.);

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

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}} = 66\%$;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 1000$ шт.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (34):

$$Z_{\text{осн}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot (25563 + 17300 + 29631) \cdot 66}{1000 \cdot 100} = 47,8 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости выпуска детали сводим в таблицу 28.

Таблица 28 – Технологическая себестоимость обработки одной детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Альтернативный вариант	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	424,9	228,6
Затраты на технологическую электроэнергию	12,3	2,2
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	79,3	155,5
Затраты на эксплуатацию оснастки	47,8	0
Затраты на инструмент	103,6	51,4
Итого	667,9	437,7

Данные показатели указывают, что альтернативный вариант технологического процесса обработки детали «Корпус подшипника» более выгоден и целесообразен.

Анализ уровня технологии производства

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

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

(36)

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

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (36) по альтернативному варианту:

$$Y_{\text{оп}}(16К30) = \frac{1,15}{1,87} \cdot 100\% = 61,5\% ;$$

$$Y_{\text{оп}}(6Р13) = \frac{0,42}{1,87} \cdot 100\% = 22,5\% ;$$

$$Y_{\text{оп}}(2Н55) = \frac{0,30}{1,87} \cdot 100\% = 16,0\% ;$$

По проектируемому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(\text{МХ2100СТ}) = \frac{0,64}{0,64} \cdot 100\% = 100\% .$$

Доля прогрессивного оборудования

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

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\% , \quad (37)$$

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

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

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

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

Определим производительность труда на программных операциях:

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

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

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{пр.} = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{38,09} = 3179,4 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_{б.} = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{112,2} = 1079,4 \text{ шт/чел.год}$$

Рост производительности труда:

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

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

$$\Delta B = \frac{3179,4 - 1079,4}{1079,4} \cdot 100\% = 194,6\%$$

В таблице 29 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 29 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Проектный вариант
Годовой выпуск деталей	шт.	1000
Количество оборудования	шт.	1
Численность рабочих	чел.	1

Окончание таблицы 29- Техничко-экономические показатели проекта

Трудоемкость обработки одной детали	н/ч	0,64
Доля прогрессивного оборудования	%	100
Производительность труда	шт/чел.год	3179,4
Инвестиции	т. руб.	2611
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	437,7
-затраты на инструмент		51,4
-зарботная плата рабочих		16,8
Коэффициент загрузки	шт.	0,14

Вывод

Проведенные расчеты указывают на то, что инвестиции вложенные в проект для приобретения обрабатывающего центра модели PUMA MX2100ST с загрузкой его технологическим процессом по обработке детали «Корпус подшипника» на 14% показали экономическую привлекательность проекта.

3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Условия обучения и возможности обучающей организации

В дипломном проекте рассматриваются вопросы проектирования технологического процесса изготовления детали «Корпус подшипника». В процессе изготовления детали применялась многоцелевая операция, выполняемая на станке с числовым программным управлением.

В связи с внедрением в производство нового технологического процесса появляется необходимость переподготовки рабочих с профессии «Токарь» на профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ». Так как станок подобного типа применяется в технологическом процессе обработки деталей, разрабатываемом в настоящем проекте, то следует предусмотреть не только переподготовку и повышение квалификации рабочих, способных выполнять работы на станках с программным управлением – рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением». Таким образом в настоящей методической разработке преследуется двойная цель – разработать универсальный тематический план переподготовки токарей и повышения квалификации операторов станков с программным управлением по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в соответствии с требованиями профессионального стандарта, утвержденного приказом Минтруда № 530.

Переподготовка и повышение квалификации предполагается производить на базе центра дополнительного профессионального образования ПАО «МЗиК» (Центр ДПО), который занимается подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации рабочих. В целом на основании программы руководство цеха отводит 4 недели, что при графике по 4 часа в день (исключая субботы) дает 80 учебных часов.

Ниже проанализирует требования к подготовке, заложенные в

профессиональном стандарте по профессии «Оператор-наладчик

ДП 44.03.04.736.ПЗ

					Лист
					75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Окончание таблицы 30

	обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	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, занятых на обслуживаемом оборудовании	3
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	3
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме ОЦ 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

Деталь, рассматриваемая в дипломном проекте, может быть отнесена к деталям высокой степени сложности, поэтому далее проанализируем первую обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности». Анализ приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Анализ обобщенной трудовой функции.

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей		Код	А	Уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей	Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации					
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)					
Требования к опыту практической работы	Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»					
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке					
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте					
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 5-й разряд				
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением				

В дипломной работе рассматривается деталь высокой степени сложности, требующая высокого уровня сформированности умений программирования обработки, поэтому остановимся на первой трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на втором уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 32.

Таблица 32 – Анализ трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	A/01.2	Уровень (подуровень) квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей				
Необходимые знания	Режимы работы стойки ЧПУ				
	Системы графического программирования				
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами				
	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности				
Другие характеристики	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности				

Рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования комплексного тематического плана переподготовки токарей и повышения квалификации операторов станков с программным управлением по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» на ПАО «МЗиК» (Центр ДПО), который анализируется в следующем параграфе.

3.3. Разработка учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре ДПО

По согласованию с руководством предприятия и центра ДПО, тематический план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в рамках учебного центра предприятия рассчитан на срок обучения = 80 часов (1 месяц по 4 часа в день) и включает учебные занятия теоретического и практического обучения, а также квалификационный экзамен. Базовая профессия – оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2 разряда. Уровень квалификации оператора после повышения квалификации – 3 разряд. Тематический план приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Тематический план переподготовки токарей и повышения квалификации операторов станков с программным управлением по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

№	Название раздела	Кол-во часов
1	Черчение и чтение чертежей	10
2	Общие сведения о материалах	4
3	Основы резания металлов и технологии машиностроения	8
4	Программирование процесса обработки деталей на станках с ЧПУ	12
5	Наладка обрабатывающих центров с программным управлением	10
6	Производственное обучение	40
5	Квалификационный экзамен	6
	Всего	80

Ниже приведен рисунок, иллюстрирующий соотношение разделов тематического плана и формируемых трудовых действий (рисунок 21)

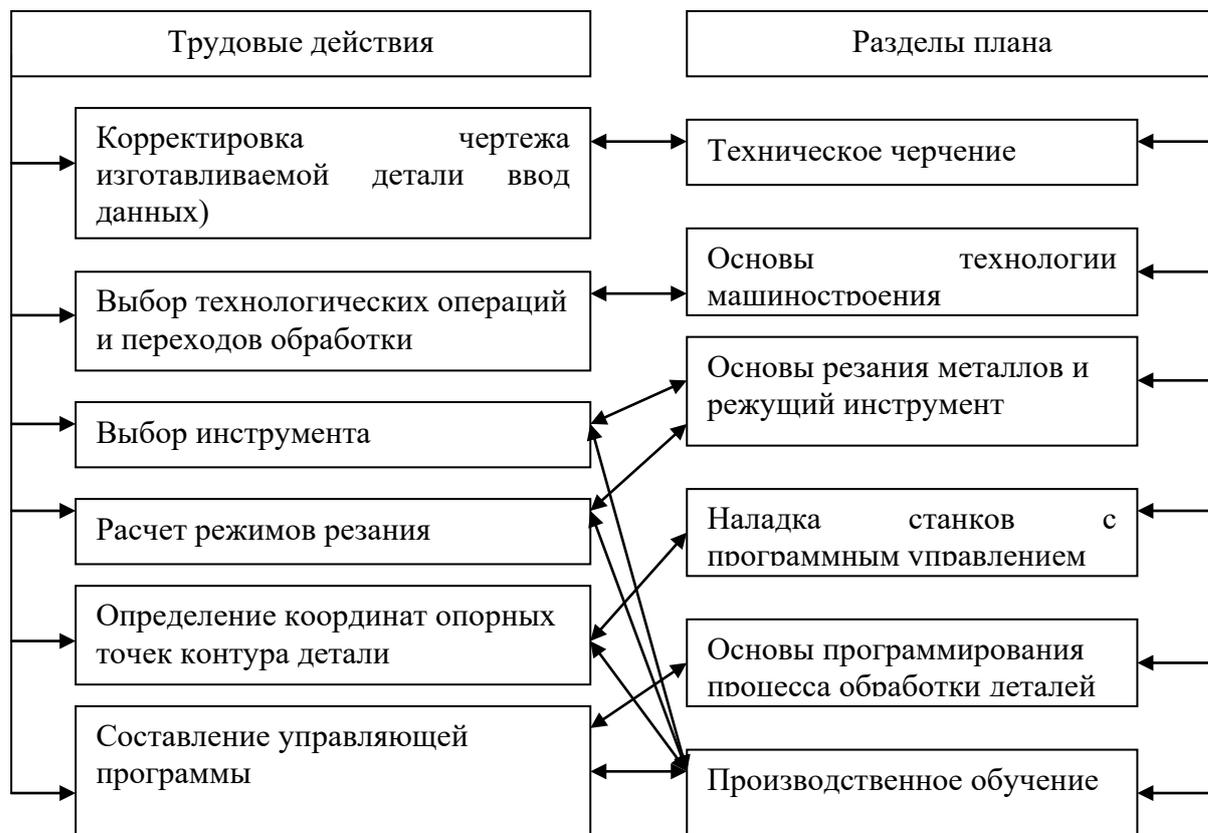


Рисунок 21 – Соотношение разделов тематического плана и формируемых трудовых действий.

Переподготовка производится на базе центра ДПО . Центр ДПО имеет право ведения образовательной деятельности по профессиональной подготовке рабочих 16 специальностей и дополнительное профессиональное образование (повышение квалификации) по 12 специальностям в соответствии с лицензией Министерства общего и профессионального образования А 300783 рег.№3481 от 19.01.10 г.

Для обеспечения качественного процесса обучения - Центр ДПО имеет учебно-материальную базу в составе:

- учебные кабинеты, лаборатории, компьютерные классы;
- высокотехнологичное современное оборудование в цехах

Из программы выбираю тему теоретического занятия «Общие сведения о программировании, программах и программном коде». На эту тему отводится 2 часа. Далее проведем анализ темы «Общие сведения о программировании, программах и программном коде».

Данная тема рассчитана на 1 занятие, длительностью 2 часа. Тема полностью теоретическая и направлена на изучение особенностей построения управляющих программ в системах ЧПУ.

Основные вопросы, которые будут рассматриваться в теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде»:

- Общие сведения о программировании
- Оси станков с ЧПУ
- Код ISO-7bit в ручном программировании
- Структура управляющих программ

Указанные вопросы являются универсальными, которые следует изучать как при переподготовке токарей, так и при повышении квалификации операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

3.4. Разработка методики и методического обеспечения занятия теоретического обучения по теме: «Общие сведения о программировании, программах и программном коде»

План обучения по данной теме приведен в таблице 35.

Таблица 35 –План обучения по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде».

№ урока	Тема урока	Цели урока	Методы обучения	Материально-техническое оснащение
1 (2 часа)	Общие сведения о программировании, программах и программном коде	дидактические: сформировать у учащихся знания: - принципов программирования процесса обработки деталей на станках с ЧПУ, о программном коде и структуре управляющих программ воспитательные: - воспитать бережное отношение к инструменту и оборудованию, развивающие: - развить целеустремленность и волю при выполнении запланированной работы.	рассказ, беседа, демонстрация презентации, самостоятельна работа по изучению презентации, самостоятельная работа по заполнению рабочей тетради	Компьютерная презентация; Программа-тренажер Персональные компьютеры; Обеспечение для самостоятельной работы обучаемых.

В рамках дипломного проекта разработаем занятие теоретического обучения по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде». В таблице 36 приведена модель деятельности преподавателя и обучаемых на занятии.

Таблица 36 – Модель деятельности преподавателя и обучаемых на занятии теоретического обучения по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде».

Основные этапы урока	Деятельность преподавателя	Деятельность обучаемых	Кол-во времени
1	2	3	4
Организационная часть	Приветствует обучаемых. Проверяет присутствующих. Использует слайд №1 на котором сформулирована тема урока.	Переписывают в тетради с 1 слайда тему урока	5 минут
Мотивация обучаемых	Рассказывает о значимости темы урока в общей подготовке операторов станков с ЧПУ	Слушают преподавателя	2 минуты
Актуализация опорных знаний	Задаёт вопросы, анализирует ответы. Добавляет информацию к их ответам. Использует слайд №2, просит дать определение понятию «УП», осей и возможностей станков с ЧПУ.	Отвечают на вопросы. Актуализируют опорные знания. Сравнивают свои ответы с определением на	13 минут
Изложение нового материала	Рассказывает о принципах программирования, коде программирования и структуре управляющих программ для демонстрации принципов и методов программирования с использованием ручного программирования	Внимательно слушают преподавателя, рассматривают презентацию и записывают в тетради основные сведения	45 минут
Закрепление нового материала.	Выдает задания на кодификацию информации в управляющих программах	Выполняют задания на кодификацию информации в управляющих программах	15 минут
Заключительная часть	Задаёт вопросы для закрепления нового учебного материала	Каждый обучаемый устно отвечает на вопрос	10 минут

План-конспект урока теоретического обучения по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде» с использованием циклового программирования»

1. Организационная часть

Здравствуйтесь уважаемые операторы. Сегодня мы начнем изучать очень важную тему, связанную с материальной базой систем управления станками. Это тема «Общие сведения о программировании, программах и программном коде»

На занятиях мы с вами рассмотрим:

- Общие сведения о программировании
- Оси станков с ЧПУ
- Код ISO-7bit в ручном программировании
- Структура управляющих программ

2. Мотивация обучаемых

Оператор станков с ЧПУ сегодня должен точно и хорошо работать и в области разработки управляющих программ. Для систем ЧПУ разработан специальный код, облегчающий процесс разработки управляющих программ, которые позволяют не только обучаться обработке, но и производить программирование всех видов обработки деталей. Сегодня мы остановимся на этом коде и структуре управляющих программ.

3. Актуализация опорных знаний

На предыдущих занятиях мы рассмотрели особенности устройства станков с ЧПУ и их принцип работы. Сегодня мы переходим к изучению особенностей программирования, но прежде вспомним основные моменты из пройденного материала.

4. План-конспект изложения учебного материала на занятии

Числовое программное управление(ЧПУ) компьютеризованная система управления, управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Изобретателем первого станка с числовым (программным) управлением (англ. Numerical Control, NC) является Джон Пэрсонс (John T. Parsons), работавший инженером в компании своего отца Parsons Inc, выпускавшей в конце Второй мировой войны пропеллеры для вертолетов. Он впервые предложил использовать для обработки пропеллеров станок, работающий по программе, вводимой с перфокарт.

Системы типа NC (англ. Numerical control), появившиеся первыми, предусматривали использование жестко заданных схем управления обработкой — например, задание программы с помощью штекеров или переключателей, хранение программ на внешних носителях. Каких-либо устройств оперативного хранения данных, управляющих процессоров не предусматривалось.

Более современные системы ЧПУ, называемые CNC (англ. Computer numerical control) — системы управления позволяющие использовать для модификации существующих/написания новых программ программные средства. Базой для построения CNC служат современный (микро)контроллер или (микро)процессор:

микроконтроллер,
контроллер с программируемой логикой,
управляющий компьютер на базе микропроцессора.

Возможна реализация модели с централизованным автоматизированным рабочим местом (например, ABB Robot Studio, Microsoft Robotics Developer Studio) с последующей загрузкой программы посредством передачи по промышленной сети.

Числовое программное управление (ЧПУ) станком - управление обработкой заготовки на станке по УП, в которой данные заданы в цифровой форме.

Устройство числового программного управления (УЧПУ) - устройство, выдающее управляющие воздействия на исполнительные органы станка в

									Лист
									87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.736.ПЗ				

соответствии с УП и информацией о состоянии управляемого объекта.

Кадр управляющей программы (кадр) - составная часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

Например, б Т10 П1 Ч10ю553 Н-12ю754 Я-10 А1500ж

Слово УП (слово) - составная часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и другие данные по выполнению управления.

Например, F3000 - задание скорости перемещения;

Адрес ЧПУ (адрес) - часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся за ним в слове. Например, X, Y, Z и т.д. - адреса перемещения по соответствующим координатам;

Формат кадра УП (формат кадра) - условная запись структуры и расположения слов в кадре УП с максимальным числом слов.

Абсолютный размер - линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета.

Относительный размер - линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка.

Нулевая точка детали (ноль детали) - точка на детали, относительно которой заданы ее размеры.

Нулевая точка станка (ноль станка) - точка, определяющая начало системы координат станка.

Интерполяция - получение (расчет) координат промежуточных точек траектории движения центра инструмента в плоскости или пространстве

Центр инструмента - неподвижная относительно державки точка инструмента, по которой ведется расчет траектории;

Существует три метода программирования обработки для станков с ЧПУ:

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

- Ручное программирование
- программирование на пульте УЧПУ
- программирование при помощи CAD/CAM системы.

Ручное программирование является довольно утомительным занятием. Однако все технологи-программисты должны иметь хорошее представление о технике ручного программирования независимо от того, как на самом деле они работают. Это как начальные классы в школе, обучение в которых дает нам базу для последующего образования. В нашей стране существует еще немало предприятий, на которых используется метод ручного программирования. Действительно, если завод имеет несколько станков с ЧПУ, а изготавливаемые детали просты, то грамотный программист способен довольно успешно работать и без средств автоматизации собственного труда

Метод программирования на пульте УЧПУ приобрел особую популярность лишь в последние годы. Это связано с техническим развитием систем ЧПУ, улучшением их интерфейса и возможностей. В этом случае, программы создаются и вводятся прямо на стойке ЧПУ, используя клавиатуру и дисплей. Современные системы ЧПУ действительно позволяют работать очень эффективно. Например, оператор станка может произвести верификацию УП или выбрать требуемый постоянный цикл при помощи специальных пиктограмм и вставить его в код УЛ. Некоторые системы ЧПУ предлагают диалоговый язык программирования, который значительно упрощает процесс создания УП, делает "общение" с ЧПУ удобным для оператора .

Программирование при помощи CAD/CAM системы позволяет "поднять" процесс написания программ обработки на более высокий уровень. Работая с CAD/CAM системой, технолог-программист избавляет себя от трудоемких математических расчетов и получает инструменты, значительно повышающие скорость написания УП.

Ручное программирование

G-code это условное именование языка для программирования устройств с ЧПУ (CNC)(Числовое программное управление). Был создан компанией Electronic Industries Alliance в начале 1960-х. Финальная доработка была одобрена в феврале 1980-го года как RS274D стандарт. Комитет ИСО утвердил G-code, как стандарт ISO 6983-1:1982, Госкомитет по стандартам СССР — как ГОСТ 20999-83. В советской технической литературе G-code обозначается, как код ИСО-7 бит.

Производители систем управления используют G-code в качестве базового подмножества языка программирования, расширяя его по своему усмотрению.

Программа, написанная с использованием G-code, имеет жесткую структуру. Все команды управления объединяются в кадры — группы, состоящие из одной или более команд. Завершается программа командой M02 или M30.

Для удобства программирования процесса обработки в станках с ЧПУ принято координатные оси всегда ориентировать параллельно направляющим станка. В зависимости от типа станка расположение осей координат в пространстве может быть различным, но существуют следующие общие правила.

1. Ось Z всегда совмещена с осью вращения шпинделя. Ее положительное направление всегда совпадает с направлением перемещения от устройства для крепления заготовки к режущему инструменту.

2. Если в системе координат станка имеется хотя бы одна ось, расположенная горизонтально и не совпадающая с осью вращения шпинделя, то это будет обязательно ось X.

3. Если ось Z расположена горизонтально, то положительным направлением оси X считается направление перемещения вправо, если встать лицом к левому – относительно передней плоскости – торцу станка.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

4. Если ось Z расположена вертикально, то положительным направлением оси X считается направление перемещения вправо, если встать лицом к передней плоскости станка.

5. Положительное направление оси Y определяется по одному из следующих правил:

- Смотря вдоль оси Z в положительном направлении, мысленно повернуть ось X на 90° по часовой стрелке вокруг оси Z.

Кадр начинается буквой N - номером кадра. Буквы слова имеют различное значение и смысл:

N - номер кадра.

G - Подготовительные функции. Выбирают режимы работы станка.

M - Вспомогательные функции.

X, Y, Z - Точки осей.

T - Номер инструмента.

S - Обороты шпинделя.

F - Подача.

Код G00 используется для ускоренного перемещения. Это максимальная скорость перемещения рабочих частей станка, необходимая для быстрого перемещения инструмента к позиции обработки или вывода инструмента в зону безопасности. Современные станки с ЧПУ в этом режиме могут развивать скорость от 30 метров в минуту и более.

Команда G00 отменяется при последующем вводе команды G01.

При ускоренном движении инструмента к детали по трем осям сначала лучше выполнить позиционирование по осям X и Y, а уже затем по оси Z:

N15 G00 X200.0 Y400.0

N20 Z1.5

Если закреплённая деталь не имеет дополнительных выступающих

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

элементов крепления, и нет препятствий на пути к начальной точке подхода инструмента, перемещение можно выполнить по трём координатам одновременно:

N15 G00 X200.0 Y400.0 Z1.5

Заготовка, устанавливаемая на рабочую поверхность станка, имеет допустимые отклонения от номинального размера, поэтому при подходе к детали по оси Z, оставляется безопасное расстояние, обычно от 1.5 до 5 мм.

Линейная интерполяция - это перемещение по прямой линии. Код G01 используется для рабочего перемещения, его параметр F задаёт скорость перемещения в мм/мин.

Код G01 отменяется с помощью кодов G00, G02 и G03.

Пример: N25 G01 X6.0 Y6.0 F80

N35 Y12.0

N45 X8.0 Y14.0

Функции G02 и G03 используются для перемещения инструмента по круговой траектории (дуге), на скорости подачи, заданной F.

G02 (clockwise) – круговая интерполяция по часовой стрелке CW.

G03 (counterclockwise) – круговая интерполяция против часовой стрелки CCW.

Существует два способа для формирования кадра круговой интерполяции:

- заданием центра окружности с помощью I, J, K;
- заданием радиуса окружности с помощью R

Большинство современных станков с ЧПУ поддерживают оба варианта записи

Пример:

N50 G03 X0 Y-17 I0 J17

Пример:

N50 G03 X0 Y-17 R 17

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Подготовка управляющей программы складывается из следующих этапов:

1. Корректировка чертежа изготавливаемой детали:

- перевод размеров в плоскости обработки;
- выбор технологической базы;
- замена сложных траекторий прямыми линиями и дугами окружности.

2. Выбор технологических операций и переходов обработки.

3. Выбор режущего инструмента.

4. Расчет режимов резания:

- определение скорости резания;
- определение частоты вращения силового привода;
- определение скорости подачи режущего инструмента.

5. Определение координат опорных точек контура детали.

6. Построение эквидистанты и нахождение координат опорных точек эквидистанты. Ввод исходной точки режущего инструмента.

7. Построение схемы наладки, в которой в графической форме указывается взаимное расположение узлов станка, изготавливаемой детали и режущего инструмента перед началом обработки.

8. Составление карты подготовки информации, в которую сводится геометрическая (координаты опорных точек и расстояния между ними) и технологическая (режимы резания) информация.

9. Составление управляющей программы.

3.5. Заключительная часть

Давайте подведем итог нашей работе сегодня:

1. Для чего применяется система ЧПУ?

(для программирования всех видов обработки)

2. Каким образом в этой системе программируются наружная обработка и обработка торцов?

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

3. Расшифруйте управляющую программу

Таким образом, мы с вами сегодня рассмотрели основы программирования токарной обработки в системе ЧПУ. А на следующем занятии мы будем разрабатывать управляющие программы в этой системе.

Задание для лабораторной работы.

- Получить у преподавателя индивидуальное задание.
- Изучить формат кода управляющей программы (УП) и основные функции программирования системы ЧПУ.
- Разработать и записать УП обработки заданной детали.
- Проверить работоспособность УП используя возможности сплайн-графика СЧПУ, устранить выявленные недостатки.
- Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте была произведена разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус подшипника» в условиях среднесерийного производства.

Разработанный технологический процесс обеспечивает экономические показатели выпуска продукции высокого качества, в условиях существующего на предприятии современного оборудования с применением инструмента производства фирмы SEKO.

При разработке проекта были учтены: особенности и свойства обрабатываемого материала, точность размеров, шероховатость поверхностей, действующие стандарты и нормативы.

В экономической части разрабатываемого проекта был выполнен расчет себестоимости детали, расчет капитальных вложений.

В методической части было разработано занятие теоретического обучения для повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

Поставленные задачи решены, цели достигнуты.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А., «Курсовое проектирование по технологии машиностроения»: Учебное пособие для машиностроительных спецвузов - 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007г.
2. Григорьев В. М. «Разработка технологии изготовления отливки»: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. - 67 с.
3. Должиков В. П. «Основы программирования и наладки станков с ЧПУ»: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 112с.
4. Должиков В. П. «Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве»: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. - 324с.
5. Козлова Т. А. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения»: Учеб. пособие. – Екатеринбург, Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. - 169 с.
6. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали»: Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008.- 34с.
7. Козлова Т. А. «Нормирование механической обработки»: Учеб. пособие / Т.А. Козлова, Т.В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. - 137с.
8. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения»: Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. - 41с.
9. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. - 526с.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

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

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

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

13. «Технология машиностроения»: В2 кн. Учебное пособие/ под ред. С. Л. Мурашкина. Москва: Изд-во «Высшая школа» 2003 г.-195 с.

14. «Основы технологии машиностроения» Том 1. Учеб. Литература / Васильев А.С. Москва. Изд-во: МГТУ им. Н.Э.Баумана.

15. Электронный каталог «Seco», Фрезерование, 2015 г.

16. Электронный каталог «Seco», Обработка отверстий, 2015 г.

17. Электронный каталог «Seco», Токарная обработка, 2015 г.

18. Электронное руководство по эксплуатации Fanuc для системы многоцелевого станка.

19. http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/35

20. <http://doosan-russia.ru/pdf/puma-mx-series-english.pdf>

21. <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/>

22. <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833>

23. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>

24. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>

25. <https://e.lanbook.com/reader/book/37102/#1>

26. <https://e.lanbook.com/reader/book/63256/#1>

27. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=258

28. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=711

29. <http://www.iprbookshop.ru/54717>

30. <https://e.lanbook.com/reader/book/50683/#1>

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Лист задание на проектирование.

В данном приложении содержится лист задания на выпускную квалификационную работу.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов
1. Корпус подшипника Штамповка	ДП 44.03.04.736.01	A1	1
2. Корпус подшипника	ДП 44.03.04.736.02	A1	1
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.736.Д01	A1	1
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.736.Д02	A1	1
5. Управляющая программа на опер. 005 (фрагмент)	ДП 44.03.04.736.Д03	A1	1
6. Техничко- экономические показатели	ДП 44.03.04.736.Д04	A1	1
7. Комплект технологической документации	ДП 44.03.04.736.ПЗ	A4	6
8. Методическая разработка. План- конспект занятия	ДП 44.03.04.736.Д05.ПЗ	Презентац ия (слайды)	27

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

Комплект технологической документации

В данном приложении содержится комплект технологической документации обработки детали «Корпус подшипника»

					ДП 44.03.04.736.Д05.ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Дробь	Вязк.	Листа	ПК	Длина В	L	l	l	ε	а	V
										3
										005
Р										
01	2. Точить канавку 9.									
02	Державка SCLCL 1212F-09; СМП ССМТ 09Г308-SM KCB150; Штангенциркуль, ГОСТ 166-89;									
03				225	24+6,3	17,5	1	0,15	1030	220
04	3. Фрезеровать 6 канавок R106,5.									
05	Фреза R335.15-25034.3-03-2; СМП R335.15-13110FG-E08 F40M; Шаблон на канавку									
06				63	216+8,7	15	6	0,35	749	200
07										
08	4. Сверлить 8 отверстий 15 под резьбу.									
09	Сверло SD203A-C45-6.8-21-10R1; Калибр-шпайка ГОСТ 14817-69									
10				6,8	32+4,2	34	8	0,22	2895	100
11										
12	5. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 14									
13	Метчик МТН-М8x125IS06H-BC-V025, Калибр резьбовой									
14				M8	26+3,5	0,6	8	125	1473	37
15										
16	6. Сверлить отверстие 6.									
17	Сверло SD502-17-34-20R7; СМП SPGX0502-C1; СМП SCDX050204-P2; Шп. ГОСТ 166-89.									
18				17	8+3,5	6,12	1	0,22	2895	100
РК										

Код	Измен.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	П	ПК	Д или В	L	l	i	ε	а	V
01														
02														
03														
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														

ОК

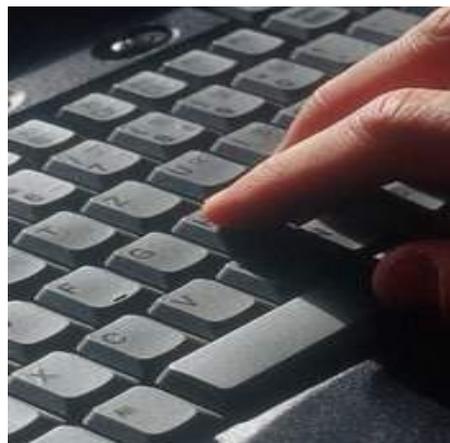
6

Методическая разработка

В данном приложении содержится разработанный план-конспект занятия в виде презентации.

					ДП 44.03.04.736.Д06.ПЗ	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Слайд 1



Общие сведения о программировании, программах и программном коде

Слайд 2

Термины

- Числовое программное управление (ЧПУ) — компьютеризованная система управления, управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.736.ПЗ

Лист

108

История ЧПУ

Изобретателем первого станка с числовым (программным) управлением (англ. *Numerical Control, NC*) является Джон Пэрсонс (*John T. Parsons*), работавший инженером в компании своего отца *Parsons Inc*, выпускавшей в конце Второй мировой войны пропеллеры для вертолетов. Он впервые предложил использовать для обработки пропеллеров станок, работающий по программе, вводимой с перфокарт.



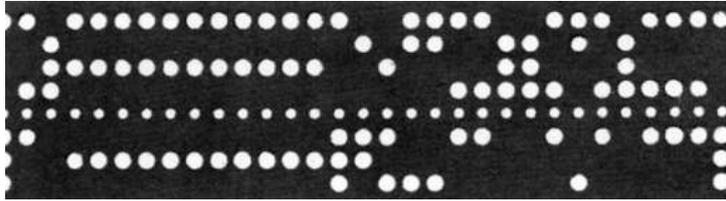
В 1949 году ВВС США профинансировали *Parsons Inc* разработку станка для контурного фрезерования сложных по форме деталей авиационной техники. Однако, компания не смогла самостоятельно выполнить работы и обратилась за помощью в лабораторию сервомеханики Массачусетского технологического института (MIT). Сотрудничество *Parsons Inc* с MIT продолжалось до 1950 года. В 1950 году MIT приобрел компанию по производству фрезерных станков *Hydro-Tel* и отказался от сотрудничества с *Parsons Inc*, заключив самостоятельный контракт с ВВС США на создание фрезерного станка с программным управлением.

В сентябре 1952 года станок был впервые продемонстрирован публике – про него была напечатана статья в журнале *Scientific American*. Станок управлялся с помощью перфоленты.

Первый станок с ЧПУ отличался особой сложностью и не мог быть использован в производственных условиях. Первое серийное устройство ЧПУ было создано компанией *Bendix Corp.* в 1954 году и с 1955 года стало устанавливаться на станки.

Широкое внедрение станков с ЧПУ шло медленно. Предприниматели с недоверием относились к новой технике. Министерство обороны США вынуждено было на свои средства изготовить 120 станков с ЧПУ, чтобы передать их в аренду частным компаниям.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109



Слайд 5

Первыми отечественными станками с ЧПУ промышленного применения являются токарно-винторезный станок 1К62ПУ и токарно-карусельный 1541П. Эти станки были созданы в первой половине 1960-х годов. Станки работали совместно с управляющими системами типа ПРС-3К и другими. Затем были разработаны вертикально-фрезерные станки с ЧПУ 6Н13 с системой управления «Контур-3П».

В последующие годы для токарных станков наибольшее распространение получили системы ЧПУ отечественного производства 2Р22 и Электроника НЦ-31.



Слайд 6

Аббревиатура ЧПУ соответствует двум англоязычным — NC и CNC, — отражающим эволюцию развития систем управления оборудованием.

- Системы типа NC (англ. *Numerical control*), появившиеся первыми, предусматривали использование жестко заданных схем управления обработкой — например, задание программы с помощью штекеров или переключателей, хранение программ на внешних носителях. Каких-либо устройств оперативного хранения данных, управляющих процессоров не предусматривалось.
- Более современные системы ЧПУ, называемые CNC (англ. *Computer numerical control*) — системы управления позволяющие использовать для модификации существующих/написания новых программ программные средства. Базой для построения CNC служат современный (микро)контроллер или (микро)процессор:
 - микроконтроллер,
 - контроллер с программируемой логикой,
 - управляющий компьютер на базе микропроцессора.

Возможна реализация модели с централизованным автоматизированным рабочим местом (например, *ABB Robot Studio*, *Microsoft Robotics Developer Studio*) с последующей загрузкой программы посредством передачи по промышленной сети.

Слайд 7

Числовое программное управление (ЧПУ) станком - управление обработкой заготовки на станке по УП, в которой данные заданы в цифровой форме.

Устройство числового программного управления (УЧПУ) - устройство, выдающее управляющие воздействия на исполнительные органы станка в соответствии с УП и информацией о состоянии управляемого объекта.

Кадр управляющей программы (кадр) - составная часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды. Например, N10 G1 X10.553 Y-12.754 Z-10 F1500

Слово УП (слово) - составная часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и другие данные по выполнению управления. Например, F3000 - задание скорости перемещения;

Адрес ЧПУ (адрес) - часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся за ним в слове. Например, X, Y, Z и т.д. - адреса перемещения по соответствующим координатам;

Формат кадра УП (формат кадра) - условная запись структуры и расположения слов в кадре УП с максимальным числом слов.

Абсолютный размер - линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно принятого нуля отсчета.

Относительный размер - линейный или угловой размер, задаваемый в УП и указывающий положение точки относительно координат точки предыдущего положения рабочего органа станка.

Нулевая точка детали (ноль детали) - точка на детали, относительно которой заданы ее размеры.

Нулевая точка станка (ноль станка) - точка, определяющая начало системы координат станка.

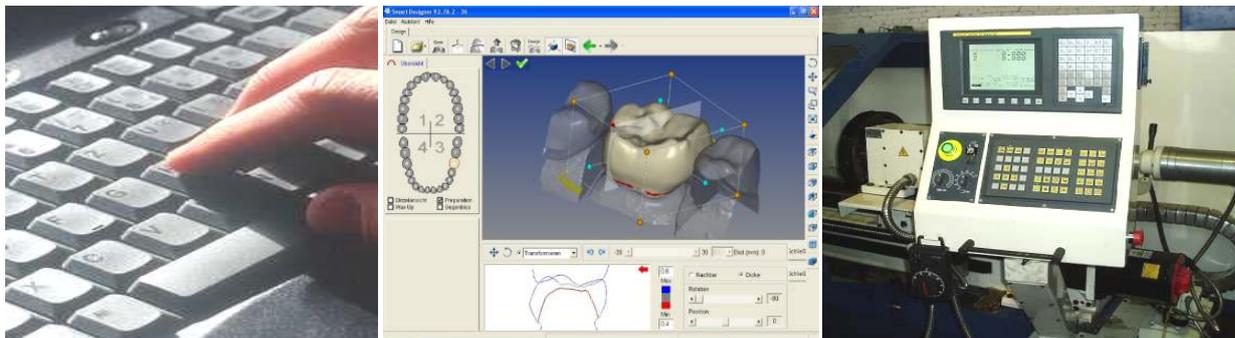
Интерполяция - получение (расчет) координат промежуточных точек траектории движения центра инструмента в плоскости или пространстве.

Центр инструмента - неподвижная относительно державки точка инструмента, по которой ведется расчет траектории;

Слайд 8

Существует три метода программирования обработки для станков с ЧПУ:

- ручное программирование
- программирование на пульте УЧПУ
- программирование при помощи CAD/CAM системы



Слайд 11

Словарь»-языка программирования G-code.

Слайд 12

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

Таблица 1.2 – Основные точки станка и их обозначение

Пиктограмма	Буквенное обозначение	Значение
	M	Нулевая точка станка (нуль станка, машинная нулевая точка)
	R	Исходная точка станка (относительная нулевая точка)
	W	Нулевая точка заготовки (нулевая точка детали)
	E	Нулевая точка инструмента (исходная точка инструмента)
	B	Точка установки инструмента
	N	Точка смены инструмента

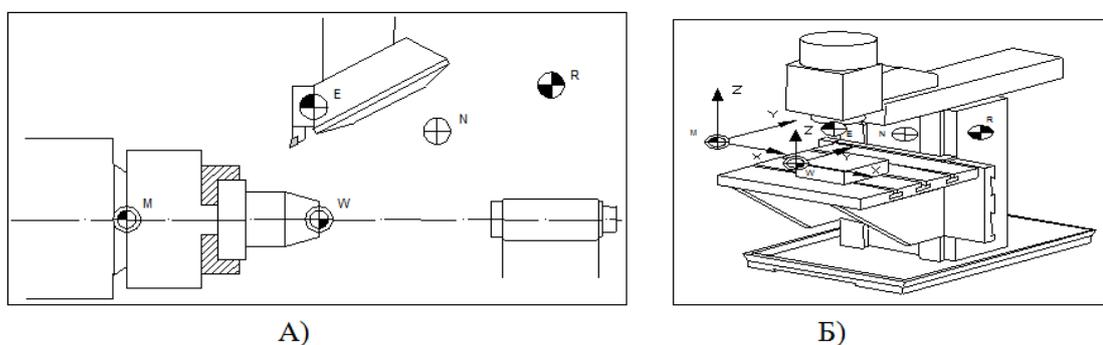


Рис. 1.17. Расположение нулевых точек на токарном (А) и на вертикально-фрезерном (Б) станке с ЧПУ

Программа состоит из кадров - это отдельная строка программы и слов - составляющих кадра.

Кадр начинается буквой N - номером кадра.

Буквы слова имеют различное значение и смысл:

N - номер кадра.

G – Подготовительные функции. Выбирают режимы работы станка.

M - Вспомогательные функции.

X, Y, Z - Точки осей.

T - Номер инструмента.

S - Обороты шпинделя.

F - Подача.

Слайд 17

Сводная таблица кодов

Основные, в стандарте называются подготовительными, команды языка начинаются с буквы G:

- Перемещение рабочих органов оборудования с заданной скоростью (линейное и круговое)
- Выполнение типовых последовательностей (таких, как обработка отверстий и резьб)
- Управление параметрами инструмента, системами координат, и рабочих плоскостей

Подготовительные (основные) команды

Коды Описание

G00-G04 Позиционирование инструмента

G17-G19 Переключение рабочих плоскостей (XY, XZ, YZ)

G20-G21 Не стандартизовано

G40-G44 Компенсация размера различных частей инструмента (длина, диаметр)

G53-G59 Переключение систем координат

G80-G84 Циклы сверления, нарезания резьбы

G90-G92 Переключение систем координат (абсолютная, относительная)

Код	Описание	Пример
X	Координата точки траектории по оси X	G0 X0 Y0 Z100
Y	Координата точки траектории по оси Y	G0 X0 Y0 Z100
Z	Координата точки траектории по оси Z	G0 X0 Y0 Z100
F	Скорость рабочей подачи	G1 G91 X10 F100
S	Скорость вращения шпинделя	S3000 M3
R	Радиус или параметр стандартного цикла	G1 G91 X12.5 R12.5 или G81 R1 0 R2 -10 F50
D	Параметр коррекции выбранного инструмента	M06 T1 D1
P	Величина задержки или число вызовов подпрограммы	M04 P101 или G82 R3 Z-10 P1000 F50
I,J,K	Параметры дуги при круговой интерполяции	G03 X10 Y10 I0 J0 F10
L	Вызов подпрограммы с данной меткой	L12 P3

Слайд 18

Код	Описание	Пример
G00	Ускоренное перемещение инструмента (холостой ход)	G0 X0 Y0 Z100;
G01	Линейная интерполяция	G01 X0 Y0 Z100 F200;
G02	Круговая интерполяция по часовой стрелки	G02 X15 Y15 R5 F200;
G03	Круговая интерполяция против часовой стрелки	G03 X15 Y15 R5 F200;
G04	Задержка на P миллисекунд	G04 P500;
G10	Задать новые координаты для начала координат	G10 X10 Y10 Z10;
G11	Отмена G10	G11;
G15	Отмена G16	G15 G90;
G16	Переключение в полярную систему координат	G16 G91 X100 Y90;
G20	Режим работы в дюймовой системе	G90 G20;
G21	Режим работы в метрической системе	G90 G21;
G22	Активировать установленный предел перемещений (Станок не выйдет за их предел).	G22 G01 X15 Y25;
G23	Отмена G22	G23 G90 G54;
G28	Вернуться на референтную точку	G28 G91 Z0 Y0;
G30	Поднятие по оси Z на точку смены инструмента	G30 G91 Z0;
G40	Отмена компенсации размера инструмента	G1 G40 X0 Y0 F200;
G41	Компенсировать радиус инструмента слева	G41 X15 Y15 D1 F100;
G42	Компенсировать радиус инструмента справа	G42 X15 Y15 D1 F100;
G43	Компенсировать высоту инструмента положительно	G43 X15 Y15 Z100 H1 S1000 M3;
G44	Компенсировать высоту инструмента отрицательно	G44 X15 Y15 Z4 H1 S1000 M3;
G53	Переключиться на систему координат станка	G53 G0 X0 Y0 Z0;
G54-G59	Переключиться на заданную оператором систему координат	G54 G0 X0 Y0 Z100;
G68	Поворот координат на нужный угол	G68 X0 Y0 R45;
G69	Отмена G68	G69;
G80	Отмена циклов сверления (G81-G84)	G80 Z100;
G81	Цикл сверления	G81 X0 Y0 Z-10 R3 F100;
G82	Цикл сверления с задержкой	G82 X0 Y0 Z-10 R3 P100 F100;
G83	Цикл сверления с отходом	G83 X0 Y0 Z-10 R3 Q8 F100;
G84	Цикл нарезание резьбы	G95 G84 X0 Y0 Z-10 R3 F1.411;
G90	Абсолютная система координат	G90 G21;
G91	Относительная система координат	G91 G1 X4 Y5 F100;
G94	F (подача)- в формате мм/мин.	G94 G80 Z100;
G95	F (подача)- в формате мм/об.	G95 G84 X0 Y0 Z-10 R3 F1.411;
G98	Отмена G99	G98 G15 G90;
G99	После каждого цикла не отходить на «подходную точку»	G99 G91 X10 K4;

Слайд 19

Среди кодов М имеются коды, обеспечивающие выделённую функцию, используемые только для определённых функций. Эти являются следующими:

M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99: коды управления программой

M03, M04, M05, M19: коды обращения со шпинделем

M06: код смены инструментов

M07, M08, M09: коды обращения охлаждающей водой

M11, ..., M18: код смены диапазона шпинделя

Остальные значения М используются свободно.

Коды индексации шпинделя М, если индексация работает по коду М, назначаются параметрами.

Управление позволяет, чтобы в одно предложение написали несколько, относящихся к разным группам коды М. Их группировка и последовательность исполнения следующая:

1-я группа	M06: смена инструментов
2-я группа	M11, ..., M18: смена диапазона шпинделя
3-я группа	M03, M04, M05, M19: обращение со шпинделем
4-я группа	M07, M08, M09: обращение охлаждающей водой
5-я группа	Mnnn: произвольная прочья функция М
6-я группа	коды индексации шпинделя М
7-я группа	M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99: коды управления программой

117

Слайд 20

Ускоренное перемещение – G00 Rapid positioning

- Код G00 используется для ускоренного перемещения. Это максимальная скорость перемещения рабочих частей станка, необходимая для быстрого перемещения инструмента к позиции обработки или вывода инструмента в зону безопасности. Современные станки с ЧПУ в этом режиме могут развивать скорость от 30 метров в минуту и более.
- Команда G00 отменяется при последующем вводе команды G01.
- При ускоренном движении инструмента к детали по трем осям сначала лучше выполнить позиционирование по осям X и Y, а уже затем по оси Z:
- N15 G00 X200.0 Y400.0
- N20 Z1.5
- Если закреплённая деталь не имеет дополнительных выступающих элементов крепления, и нет препятствий на пути к начальной точке подхода инструмента, перемещение можно выполнить по трём координатам одновременно:
- N15 G00 X200.0 Y400.0 Z1.5

Заготовка, устанавливаемая на рабочую поверхность станка, имеет допустимые отклонения от номинального размера, поэтому при подходе к детали по оси Z, оставляется безопасное расстояние, обычно от 1.5 до 5 мм.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		117

Круговая интерполяция – G02/G03 Circular / Helical interpolation

Функции G02 и G03 используются для перемещения инструмента по круговой траектории (дуге), на скорости подачи, заданной F.

- G02 (clockwise) – круговая интерполяция по часовой стрелке CW.
- G03 (counterclockwise) – круговая интерполяция против часовой стрелки CCW.

Существует два способа для формирования кадра круговой интерполяции:

- заданием центра окружности с помощью I,J,K;
- заданием радиуса окружности с помощью R.

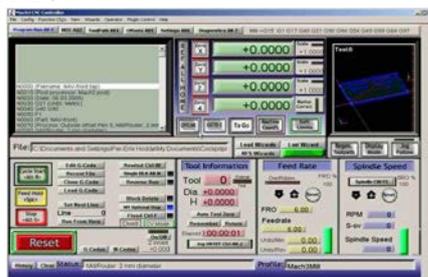
Большинство современных станков с ЧПУ поддерживают оба варианта записи.

Пример:

- N50 G03 X0. Y-17. I0. J17.

Пример:

- N50 G03 X0. Y-17. R 17

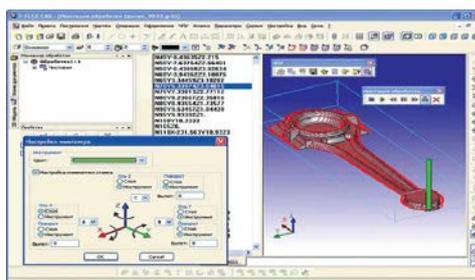


N2 G71 G95 M8 X23 Z11 F0.2

В этом кадре включается охлаждение (M8), инструмент перемещается в точку X23 Z11 на подаче 0.2 мм/об (F0.2);

G71 - программирование в миллиметрах (G70 - программирование в дюймах),

G95 - подача в мм/об (G94 - скорость подачи осей в мм/мин или дюйм/мин).



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Пример программы

- N1 T1 S1 1000 F0.2 G95
- Включение оборотов шпинделя S1 1000 (1-диапазон оборотов 1000-количество оборотов в минуту). Инструмент 1 (T1).
- Подача 0,2 мм\об (F0.2). G95 - выбирает режим подачи мм/об, (G94 - мм/мин).
- N2 X11 Z0 E M8
- E - быстрый ход, игнорирует (но не отменяет) значение F (действует только в одном кадре).
- M8 - включение охлаждения. Инструмент перемещается на быстром ходу в точку X11 Z0
- N3 G10
- G10 - функция постоянной скорости резания.
- N4 U-11 (подрезка торца)
- N5 W1 E
- N6 U10 E
- N7 W-11
- N8 U2
- N9 W-4
- N10 U3
- N11 W-3
- N12 U7
- N4-N12 Перемещения инструмента в приращениях (W - по оси Z, U - по оси X) от значения предыдущей точки положения инструмента. Программирование в приращениях часто применяется в цикле повтора (L11), если программа составлена на несколько деталей (на каждую деталь выбирается точка подхода инструмента и от нее программируются перемещения инструмента в приращениях).
- N13 G11
- G11 - отмена функции постоянной скорости резания.
- N14 X40 Z0 E M9
- Отход инструмента (в точку X40 Z0). M9 - выключение охлаждения.
- N15 M2
- M2 - окончание программы, при этом инструмент перемещается в исходное положение.
- N1 G97 T1 M4 S1000 Включение шпинделя 1000 об/мин(S1000). G97 - об/мин (G96 - постоянная скорость резания).
- M4 - обороты шпинделя против часовой стрелки (M3 - по часовой стрелке). Инструмент 1 (T1).
- N2 G0 G95 D1 X11 Z0 F0.2 M8
- G0 - быстрый ход, игнорирует (но не отменяет) значение F.
- G95 - выбирает режим подачи мм/об, (G94- мм/мин). D1 - номер корректора инструмента.
- M8 - включение охлаждения. Инструмент перемещается на быстром ходу в точку X11 Z0.
- N3 G1 X0
- N4 G0 Z1
- N5 X10
- N6 G1 Z-11

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		120

- N7 X12
- N8 Z-15
- N9 X15
- N10 Z-18
- N11 X22
- N3-N11 Перемещения инструмента в абсолютных значениях. G1 - отменяет функцию G0
- N12 G0 X100 Z100 M9
- Отход инструмента (в точку X100 Z100). M9 - выключение охлаждения.
- N13 M2
- M2 - окончание программы

Слайд 26

Подготовка управляющей программы складывается из следующих этапов:

1. Корректировка чертежа изготавливаемой детали:

- перевод размеров в плоскости обработки;
- выбор технологической базы;
- замена сложных траекторий прямыми линиями и дугами

окружности.

2. Выбор технологических операций и переходов обработки.

3. Выбор режущего инструмента.

4. Расчет режимов резания:

- определение скорости резания;
- определение частоты вращения силового привода;
- определение скорости подачи режущего инструмента.

5. Определение координат опорных точек контура детали.

6. Построение эквидистанты и нахождение координат опорных точек эквидистанты. Ввод исходной точки режущего инструмента.

7. Построение схемы наладки, в которой в графической форме указывается взаимное расположение узлов станка, изготавливаемой детали и режущего инструмента перед началом обработки.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8. Составление карты подготовки информации, в которую сводится геометрическая (координаты опорных точек и расстояния между ними) и технологическая (режимы резания) информация.

9. Составление управляющей программы.

					ДП 44.03.04.736.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		122