

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

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

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

Идентификационный код ВКР: 789

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения
в машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н. Гузанов
« ___ » _____ 2019 г.

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

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 789

Исполнитель:
студент группы ЗТО-504

В.С. Александров

Руководитель:
доцент кафедры ИММ,
канд. техн. наук, доцент

В.П. Суриков

Екатеринбург 2019

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 116 листов печатного текста, 19 иллюстраций, 24 слайда, 36 таблиц, 32 использованных источника, 3 приложения.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ «СТАКАН», ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, БАЗОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПРОЕКТИРУЕМЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, РАСЧЕТ СИЛ ЗАЖИМА, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, ОПЕРАТОР-НАЛАДЧИК ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ С ЧПУ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

В проекте усовершенствован технологический процесс механической обработки детали в условиях среднесерийного производства за счет применения современного токарного центра с ЧПУ, что привело к увеличению производительности и снижению себестоимости в 2,35 раза.

Выполнен анализ исходных данных. Выбраны элементы режима резания для всех операций, выполняемых на обрабатывающем центре с ЧПУ и нормы времени на изготовление одной детали.

Составлена управляющая программа.

Приведено экономическое обоснование использования обрабатывающего центра с ЧПУ.

Разработано учебное занятие для обучения операторов обрабатывающих центров с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разработ.	Александров В.С.				Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Стакан»	Литер	Лист	Листов
Проверил	Суриков В.П.						2	116
Н. контр.	Суриков В.П.					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, группа ЗТО-504		
Утвердил	Гузанов Б.Н.							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	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 «Стакан».....	11
1.1.4. Определение типа производства.....	15
1.2. Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Стакан».....	17
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	17
1.2.2. Обоснование выбора технологических баз.....	20
1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей.....	23
1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Стакан»	25
1.2.5. Обоснование выбора средств технологического оснащения.....	25
1.2.6. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания.....	30
1.3. Технологические расчеты.....	34
1.3.1. Расчет припусков.....	34
1.3.2. Расчет технических норм времени.....	39
1.4. Расчет зажимного приспособления.....	43
1.5. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Стакан»	47
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	52
2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	52
2.2. Расчёт капитальных затрат.....	52

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		3

2.3. Расчет технологической себестоимости детали.....	56
2.4. Определение годовой экономии от изменения технологического процесса.....	68
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	72
3.1. Описание условий обучения в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования».....	73
3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».....	75
3.3. Анализ комплексного учебного плана и программы переподготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».....	79
3.4. Разработка методики и методического обеспечения занятия теоретического обучения по теме: «Общие сведения о программировании, программах и программном коде».....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	95
Приложение А - Перечень листов графических документов.....	98
Приложение Б - Комплект слайдов (24 шт.).....	99
Приложение В - Комплект технологической документации	111

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, по мнению экспертов, экономика Российской Федерации 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 выпускной квалификационной работы является усовершенствование технологического процесса изготовления детали «Стакан» на станке с программным управлением в условиях среднесерийного производства для повышения эффективности ее обработки.

Указанная цель определяет следующие задачи:

- анализ исходных данных;
- проектирование технологического процесса на станке с программным управлением;
- разработка управляющей программы;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

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

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ исходной информации

К исходной информации относятся: рабочий чертёж детали «Стакан», заводской технологический процесс механической обработки детали, рабочий чертёж заготовки, каталоги с инструментом, каталоги оборудования. Тип производства – среднесерийный.

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

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Стакан» является составной частью сборочного узла кранового редуктора. Конструкция детали «Стакан» представляет собой квадратный фланец с присоединенной цилиндрической поверхностью диаметром 219 мм. Подшипник устанавливается в отверстие стакана с посадкой диаметром 292H9. Данное отверстие является конструкторской базой.

Так же в детали имеется выточка диаметром 64 мм, которая служит для уплотнения вала от протечек масла.

Допускаемое отклонение неперпендикулярности отверстия диаметром 64 мм относительно базовой поверхности В равно 0,20 мм.

Координаты крепежных отверстий диаметром 17 мм, крышка подшипника разъемная. Требование по позиционному допуску крепежных отверстий равно 0,5 мм.

Деталь «Стакан» относится к типу корпусных деталей.

Корпусные детали – это базовые детали, служащие для размещения в них сборочных единиц и отдельных деталей.

Деталь «Стакан» изготавливается из стали обыкновенной для отливок марки 35Л ГОСТ 977-88.

На рисунке 1 представлена 3D модель детали «Стакан».

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

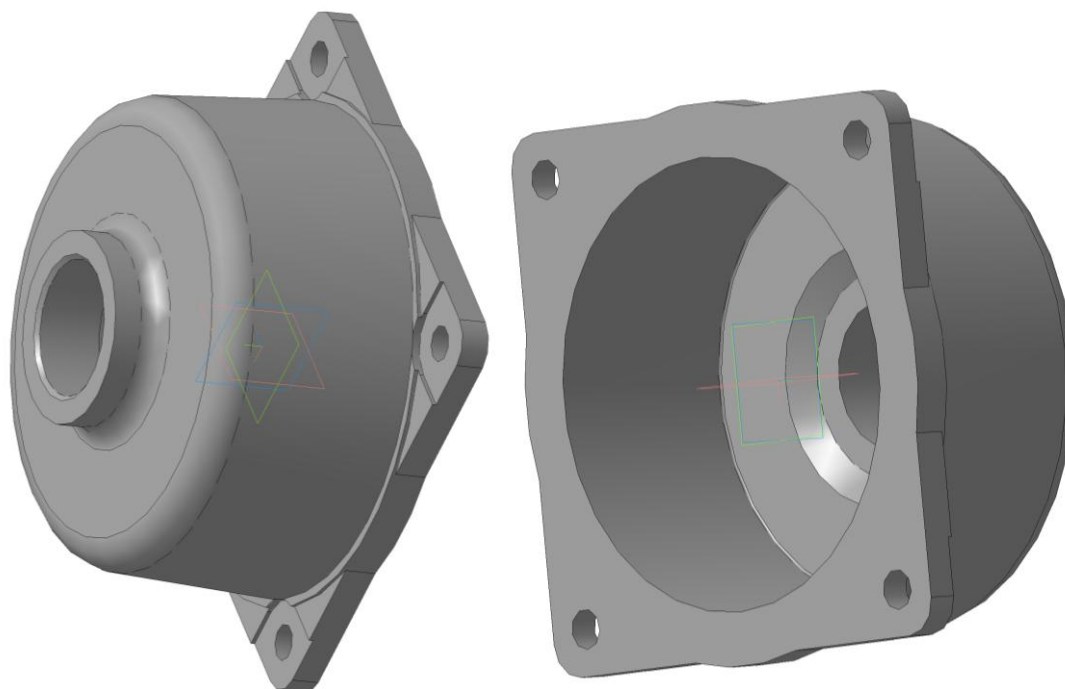


Рисунок 1 – 3D модель детали «Стакан»

Химический состав стали 35Л представлен в таблице 1 [27].

Таблица 1 – Химический состав стали 35Л ГОСТ 977-88, в %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
0,32-0,40	0,2-0,52	0,4-0,9	не более 0,005	не более 0,040	не более 0,8-1,1	не более 0,30	не более 0,30

Технологические свойства стали 35Л [27]:

- литейная усадка – 2,2...2,3%;
- свариваемость – ограничено свариваемая;
- обрабатываемость резанием – в горячекатаном состоянии при HB131;
- флокеночувствительность – не чувствительна;
- склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Механические свойства стали 35Л приведены в таблице 2 [27].

Таблица 2 – Механические свойства стали 35Л ГОСТ 977-88

σ_t , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	σ_5 , %	ψ , %	α , Дж/см ²	НВ
280	500	15	25	35	210

Таким образом, сталь оптимально подходит для изготовления детали.

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

ДП 44.03.04.789.ПЗ

Лист

7

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный.

Качественная оценка технологичности детали

Получение заготовки методом отливки в кокиль 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 кокиля. Также геометрическая форма стакана позволяет применить высокопроизводительные методы обработки. 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 перпендикулярности оси отверстия диаметром 64Н7 относительно базовой поверхности Б не более 0,2 мм предусмотрен для обеспечения надежной (без перекосов) установки 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 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						8
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	Отверстие Ø192мм	1	1	9	2,5
2	Отверстие Ø64мм	1	1	7	2,5
3	Отверстие Ø17мм	4	4	14	6,3
4	Подрезка 40мм	4	4	14	12,5
5	Отверстие Ø90мм	1	1	14	12,5
6	Длина ступени 98мм	2	1	14	6,3
7	Длина ступени 16мм	4	4	14	12,5
8	Длина ступени 116мм	1	1	14	6,3
9	Длина ступени 140мм	1	1	14	6,3
10	Фаска 2x45°	1	1	14	6,3
11	Длина ступени 8мм	1	1	14	12,5
12	Радиус закругления R1	1	1	14	6,3
13	Угол 45°	1	1	14	12,5
Итого:		23	22	-	-

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

$$K_{уэ} = \frac{\Sigma \text{столбец 4}}{\Sigma \text{столбец 3}} = \frac{22}{23} = 0,96 \quad (1)$$

Так как $K_{уэ}=0,96 > 0,6$ то деталь по данному показателю является технологичной.

2. Коэффициент точности обработки K_T находим по формуле:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{ср}}, \quad (2)$$

где $A_{ср}$ - среднее значение точности обработки:

$$A_{ср} = \frac{\Sigma(\text{столбец 5} \cdot \text{столбец 3})}{\Sigma \text{столбец 3}} = \frac{310}{23} = 13,48$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,48} = 0,926 > 0,75, \text{ поэтому деталь по данному показателю}$$

является технологичной.

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

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{ср}}, \quad (3)$$

где $B_{ср}$ - среднее значение параметра шероховатости:

$$B_{ср} = \frac{\Sigma(\text{столбец}6 \cdot \text{столбец}3)}{\Sigma\text{столбец}3} = \frac{205,5}{23} = 8,93$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{8,93} = 0,112$$

Так как $K_{Ш}=0,112 < 0,32$ то деталь по данному показателю является технологичной.

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

$$K_{ИМ} = \frac{M_{д}}{M_{з}}, \quad (4)$$

где $M_{д}$ – масса детали, кг, ($M_{д} = 19,1$ кг);

$M_{з}$ – масса заготовки, кг, (по исходному технологическому процессу $M_{з} = 25,6$ кг)

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

$$K_{ИМ} = \frac{19,1}{25,6} = 0,746$$

$K_{ИМ} = 0,746 < 0,75$. Отсюда следует, что по данному показателю деталь не технологична. В рассматриваемом заводском технологическом процессе при изготовлении детали «Стакан» в качестве заготовки применяется отливка в песчаные формы.

Формулировка основных технологических задач

Основные технологические задачи по [6, с. 37]:

При обработке стакана необходимо:

- обеспечить качество отверстия диаметром 64Н7 по Ra 2,5 мкм; отверстия диаметром 192 мм по Ra 6,3 мкм; остальных поверхностей по Ra 12,5 мкм;

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- обеспечить точность размеров отверстия диаметром 64 мм по 7-му качеству, отверстия диаметром 192 мм по 9-му качеству, остальных поверхностей и размеров по 14-му качеству;

- обеспечить допуск перпендикулярности отверстия диаметром 64H7 относительно базы В в пределах 0,2 мм;

- обеспечить позиционный допуск отверстий диаметром 17 мм в пределах 0,5 мм на диаметр относительно отверстия диаметром 192 мм (база В).

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 обработки детали «Стакан»

Характеристика технологического процесса

По признакам технологический процесс относят [10]: по числу охватываемых изделий – мелкосерийный; по назначению – рабочий; по документации – маршрутно-операционный.

Анализ методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей зависят от служебного назначения детали. На рисунке 2 укажем обрабатываемые поверхности и проанализируем методы их обработки.

Проанализируем методы обработки поверхностей с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 4 [10].

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 [10].

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Базы на операциях выбраны верно, соблюдается правило базирования: принцип постоянства и совмещения баз [10].

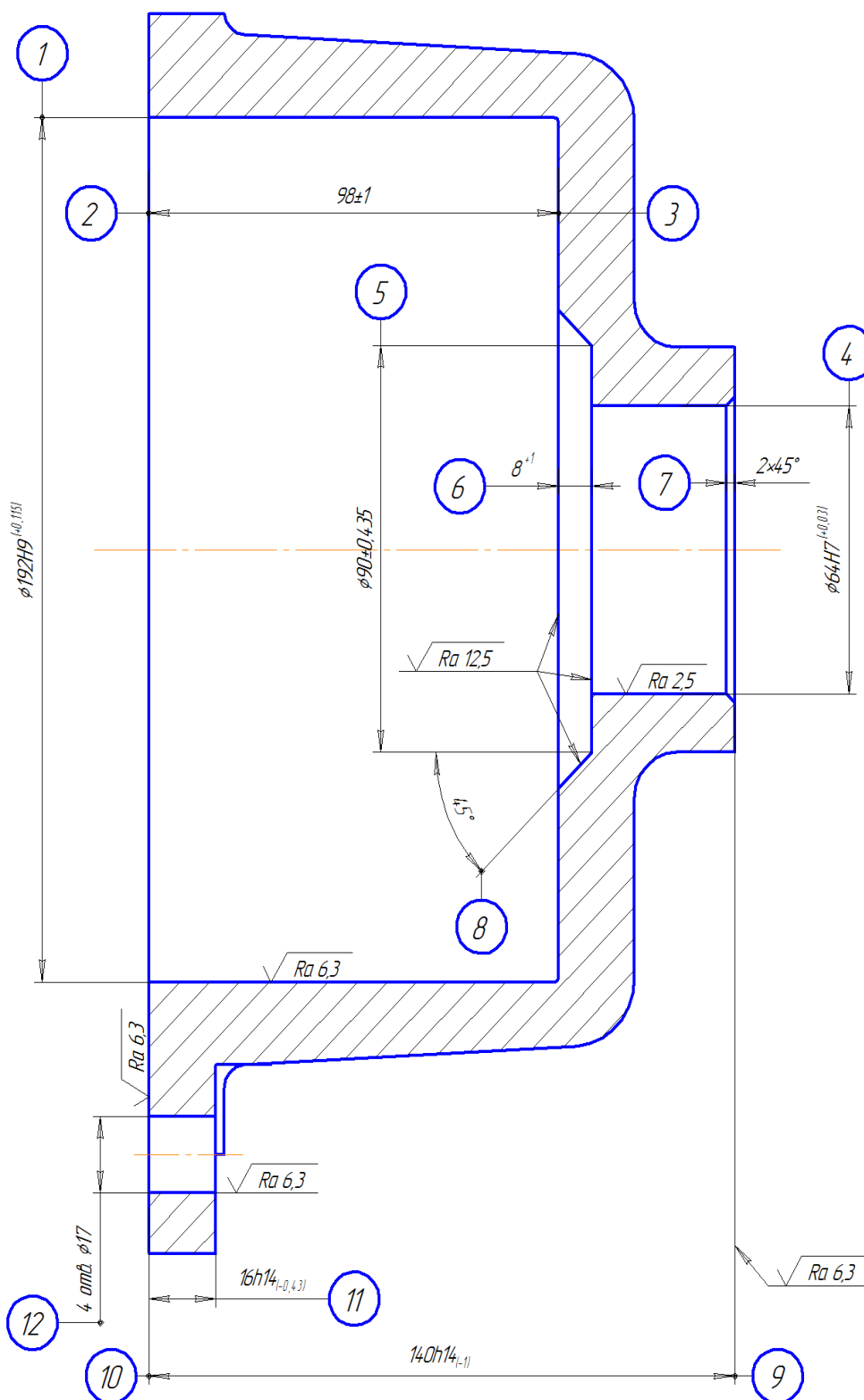


Рисунок 2 – Эскиз детали «Стакан»

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.789.ПЗ					

Таблица 4 – Методы обработки поверхностей по экономической точности

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	Метод обработки поверхности	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шероховатость	
1	Отверстие	9	6,3	Точение черновое, чистовое	9...12	3,2...6,3	Соответствует
2, 3	Торцевые поверхности	14	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
4	Отверстие	7	2,5	Точение черновое, чистовое, тонкое	6...7	1,6...3,2	Соответствует
5, 6, 8	Фасонная поверхность	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
7	Фаска	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
9, 10	Торцевая поверхность	14	3,2	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
11	Торцевая поверхность	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
12	Отверстие	14	6,3	Сверление	12...14	6,3...12,5	Соответствует

Таблица 5 - Технологические базы в станочных операциях базового технологического процесса

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
005 Уст. А	Токарно-карусельная Точить торец 2. Расточить отверстие 1 с подрезкой торца 3. Точить выемку 5, 6, 8	Литейные поверхности	
005 Уст. Б	Токарно-карусельная Точить торец 9, расточить отверстие 4, точить фаску 7		Отверстие 1 и торец 10
010	Вертикально-фрезерная Фрезеровать 4 площадки 11		Отверстие 1 и торец 10
015	Радиально-сверлильная Сверлить 4 отверстия 12		Отверстие 1 и торец 10

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 [10].

Анализ станочных операций

Проанализируем операции 005 Токарно-карусельная и 015 Радиально-сверлильная, а результат занесем в таблицу 6 [10].

Таблица 6 - Анализ станочных операций

№ операции	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-карусельная Точить торец 2. Расточить отверстие 1 с подрезкой торца 3. Точить выемку 5, 6, 8	1	-	3	9	Литейные поверхности	Патрон 3-х кул.	1516	Одноместная, одноинструментальная, последовательная обработка
015	Радиально-сверлильная Сверлить 4 отверстия 12	1	-	2	8	Отверстие 1 и торец 10	Кондуктор	2Н55	Одноместная, одноинструментальная, последовательная обработка

Выводы:

При рассмотрении заводского технологического процесса выявлены следующие недостатки:

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

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

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

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}) [6, 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

При массе детали $m_{дет} = 19,1$ кг и годовой программе выпуска $N=1000$ шт., предварительно примем тип производства - среднесерийное.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

В таблице 7 представлена зависимость типа производства от массы детали и объёма выпуска.

Таблица 7 - Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

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

Определим тип производства по коэффициенту закрепления операций ($K_{зо}$) по формуле [10, с. 33]:

$$K_{зо} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (5)$$

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

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

Располагая данными о штучном времени, определим количество станков по формуле [10, с. 33]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (6)$$

где F_d – годовой фонд времени при 2-х сменной работе оборудования, $F_d = 3940$ ч.;

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

Установим число рабочих мест P , округляя в большую сторону m_p .

Определим фактический коэффициент загрузки $\eta_{з.ф.}$ по формуле [10, с. 33]:

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.789.ПЗ					

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (7)$$

Количество операций по формуле [10, с. 33]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (8)$$

Рассчитаем K_{30} для проектируемого варианта технологического процесса:

$$m_p = 1000 \cdot 34,33 / (60 \cdot 3940 \cdot 0,85) = 0,17; \text{ примем } P = 1$$

$$\eta_{з.ф.} = 0,17 / 1 = 0,17$$

$$O = 0,85 / 0,17 = 5$$

Тогда по формуле (5): $K_{30} = 5/1 = 5$, что соответствует крупносерийному типу производств.

В зависимости от объема выпуска изделий серийное производство делится на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

В серийном производстве широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, производительность повышается, а время изготовления детали наоборот уменьшается. Оборудование располагается по ходу технологического процесса.

1.2. Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Стакан»

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

- габариты детали: 230x140 мм;
- материал – сталь 35Л ГОСТ 977-88 ($\sigma_B = 760$ МПа);
- годовое число деталей 1000 шт.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для изготовления деталей машиностроительные предприятия используют различные виды проката черных и цветных металлов, стальные слитки, чугун, алюминий, порошковые металлургические материалы и пр.

При избранном конструктором материале детали возможны различные пути превращения полуфабриката в готовую деталь. Чем короче будет путь такого превращения, тем более экономичным оказывается технологический процесс изготовления детали. Поэтому при разработке технологического процесса, прежде всего, необходимо оценить возможность изготовления детали непосредственно из полуфабриката.

Учитывая заданный материал – сталь 35Л, требуемую точность изготовления заготовки для данной детали «Стакан», выбираем способ получения заготовки – отливка в кокиль.

Для предотвращения образования трещин в стальных отливках делают плавные переходы между стенками различной толщины и сопрягаемыми частями. Углы и торцы отливок, соприкасающиеся с кокилем, выполняют с большими закруглениями сверх стандартного припуска на механическую обработку.

При этом очень часто нижние по направлению заливки торцы литой детали усиливают технологическими буртами. Для получения на отливках литых ребер и других выступающих тонких элементов конструкции целесообразно использовать песчаные податливые стержни.

Толщина стенки кокиля подбирается в зависимости от размера стенки отливки.

Для определения массы детали её необходимо разбить на элементарные фигуры, пренебрегая фасками и канавкой. Упрощённый вид детали представлен на рисунке 3.

В рассматриваемой детали элементарными фигурами будут цилиндры I-VI. Разделение детали на выбранные элементы представлены на рисунке 4.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

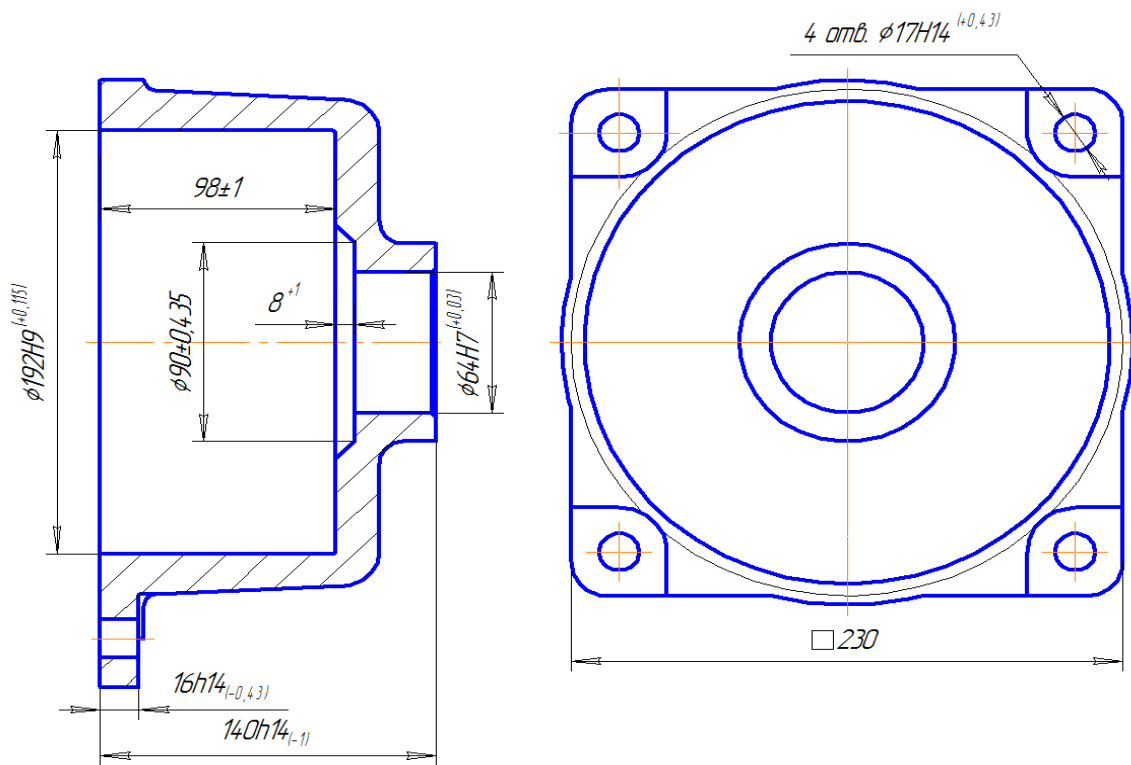


Рисунок 3 - Упрощённый вид детали

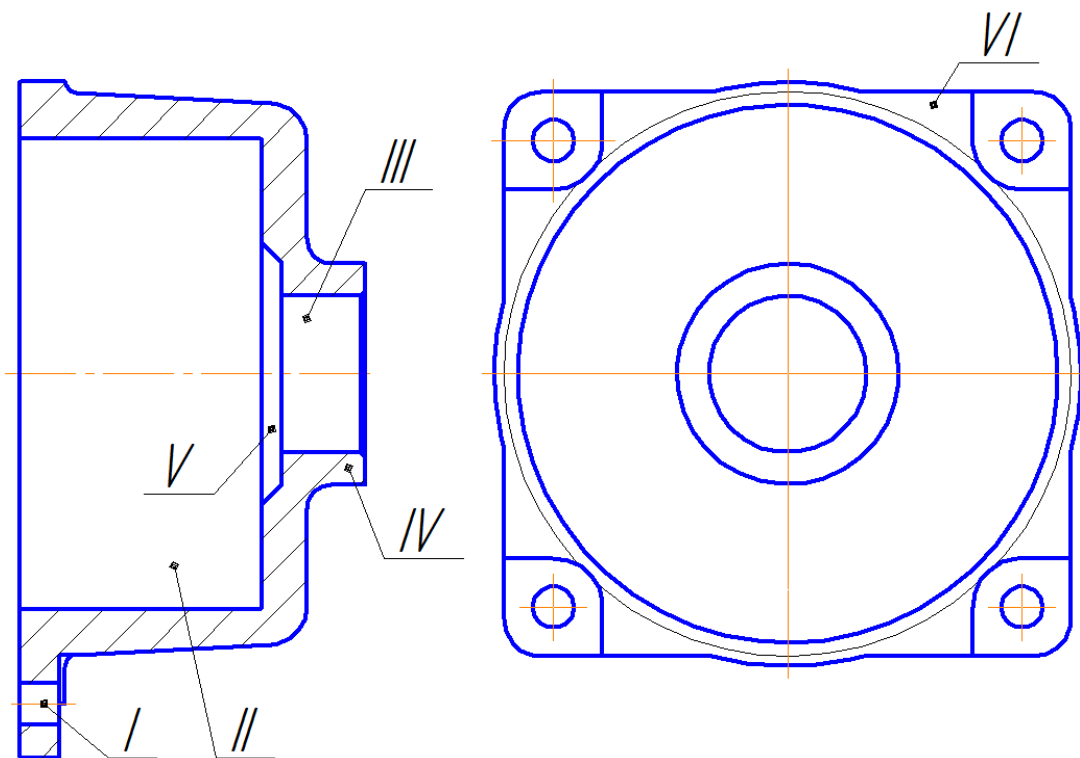


Рисунок 4 - Иллюстрация определения объёма

Объём детали определяем по формуле:

$$V = -4 \cdot V_I - V_{II} - V_{III} + V_{IV} - V_V + V_{VI} + V_{VII} \quad (9)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.789.ПЗ

Лист

19

Объёмы элементарных фигур будут иметь следующие значения:

$$V_I = \frac{3,14 \cdot 17^2}{4} \cdot 16 = 2462 \text{ мм}^3$$

$$V_{II} = \frac{3,14 \cdot 192^2}{4} \cdot 98 = 2835948 \text{ мм}^3$$

$$V_{III} = \frac{3,14 \cdot 64^2}{4} \cdot 32 = 102892 \text{ мм}^3$$

$$V_{IV} = \frac{3,14 \cdot 90^2}{4} \cdot 24 = 152604 \text{ мм}^3$$

$$V_V = \frac{3,14 \cdot 90^2}{4} \cdot 8 = 50868 \text{ мм}^3$$

$$V_{VI} = 230 \cdot 230 \cdot 16 = 846400 \text{ мм}^3$$

$$V_{VII} = \frac{3,14 \cdot 238^2}{4} \cdot 100 = 4446554 \text{ мм}^3$$

Окончательный параметр V будет иметь следующее значение:

$$V = -4 \cdot 2462 - 2835948 - 102892 + 152604 - 50868 + 846400 + 4446554 = 2446002 \text{ мм}^3$$

Масса детали определяется по формуле:

$$m = V \cdot \rho, \quad (10)$$

где $\rho = 0,00781 \text{ г/мм}^3$

Тогда:

$$m = 2446002 \cdot 0,00781 = 19103 \text{ г или } 19,1 \text{ кг.}$$

Коэффициент использования материала определяется по формуле:

$$K_{им} = \frac{M_o}{M_n} = \frac{21,83}{28,35} = 0,77 \quad (11)$$

1.2.2. Обоснование выбора технологических баз

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.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

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 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 левый торец и отверстия диаметром 17 мм. К вспомогательным базам относят отверстия диаметрами 64Н7 и 192Н9. 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 поверхность Б (лишает деталь двух степеней свободы – одного вращения и одного перемещения). Таким образом, базирование не полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 5.

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).

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 совпадают с конструкторскими базами;
- обеспечивается правильность расположения обработанных поверхностей относительно необработанных;
- осуществляется подготовка технологической базы для дальнейших операций.

1.2.3. Выбор методов обработки поверхностей

При выборе метода обработки поверхностей исходят из его технологических возможностей:

- времени обработки в соответствии с заданной производительностью;
- возможности по обеспечению точности и качества поверхности;
- величине снимаемого припуска.

На рисунке 7 обозначим обрабатываемые поверхности и назначим на них методы обработки.

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

- отверстие 1: растачивание черновое и чистовое;
- поверхности 2 и 3: точение однократное;
- отверстия 4: растачивание черновое, чистовое и тонкое;
- поверхности 5, 6 и 8: точение однократное;
- поверхность 9: точение однократное;
- поверхность 10: точение однократное;
- поверхность 11: фрезерование;
- отверстия 12: сверление.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

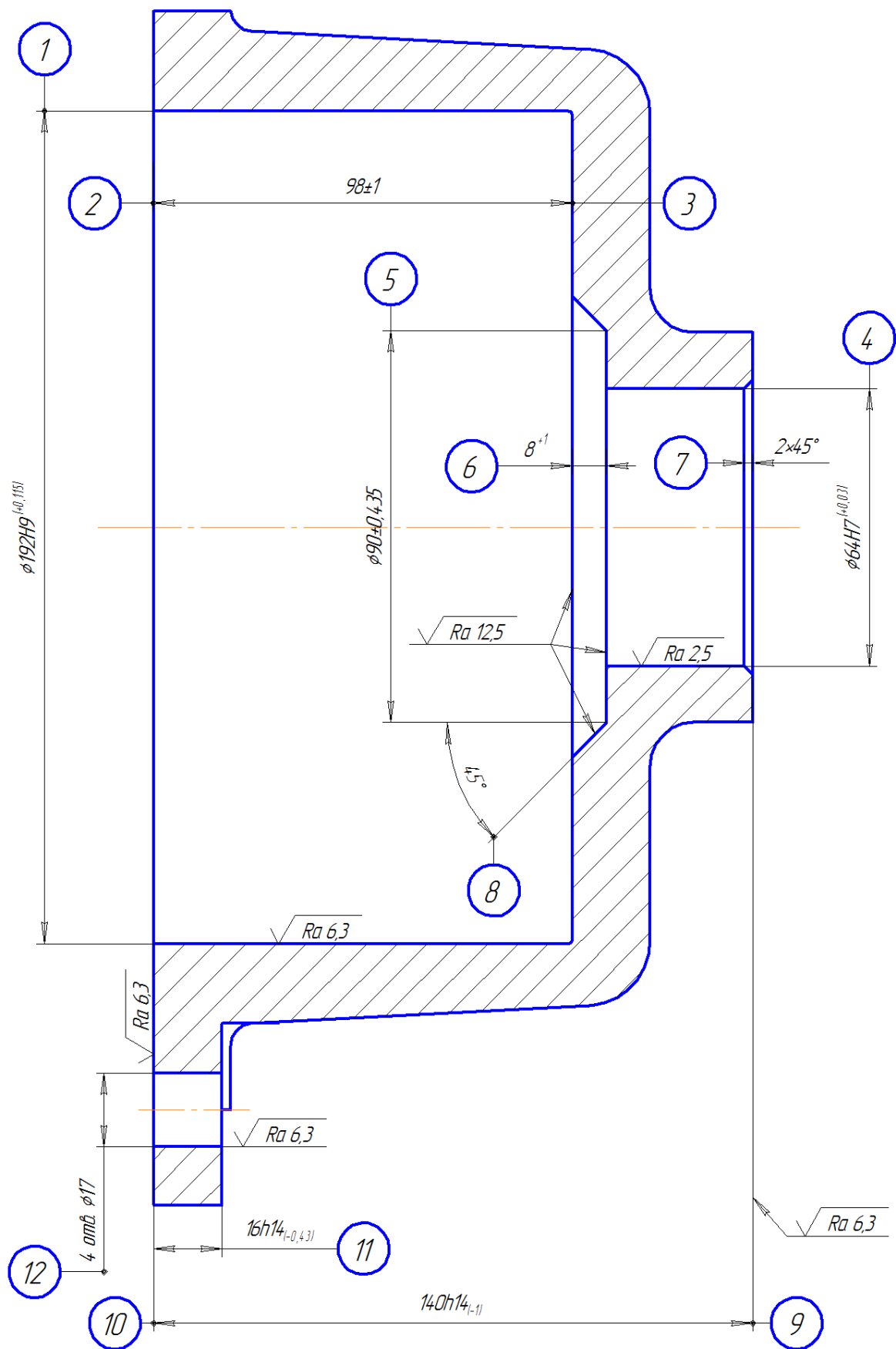


Рисунок 7 – Эскиз детали «Стакан»

					ДП 44.03.04.789.ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			24

1.2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Стакан»

Обрабатываемые поверхности обозначены на рисунке 7.

Технологический маршрут обработки детали «Стакан» представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Технологический маршрут обработки детали «Стакан»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Точить поверхность	10
	Расточить отверстия	1, 3, 5, 6, 8
	Расточить окончательное отверстие	1, 3
	Фрезеровать поверхности	11
	Сверлить отверстия	12
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б	Точить поверхность	9
	Расточить отверстие предварительно	4, 7
	Точить отверстие окончательно	4

1.2.5. Обоснование выбора средств технологического оснащения

С поставленной задачей увеличения производственной программы выпуска деталей «Стакан» с 580 до 1000 шт. в год существующее универсальное оборудование не справится. Предлагается заменить существующее универсальное оборудование на токарный 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:

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

- 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.

Чтобы осуществить окончательный выбор средств технологического оснащения необходимо воспользоваться паспортами станков, каталогами или номенклатурными справочниками.

Для изготовления детали «Стакан» выбираем следующее оборудование: *токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ модели PUMA MX2100ST* (Компания DOOSAN, производство Южная Корея) [28].

На рисунке 8 представлен обрабатывающий центр с ЧПУ PUMA MX2100ST.



Рисунок 8 - Токарно-фрезерный ОЦ с ЧПУ PUMA MX2100ST

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

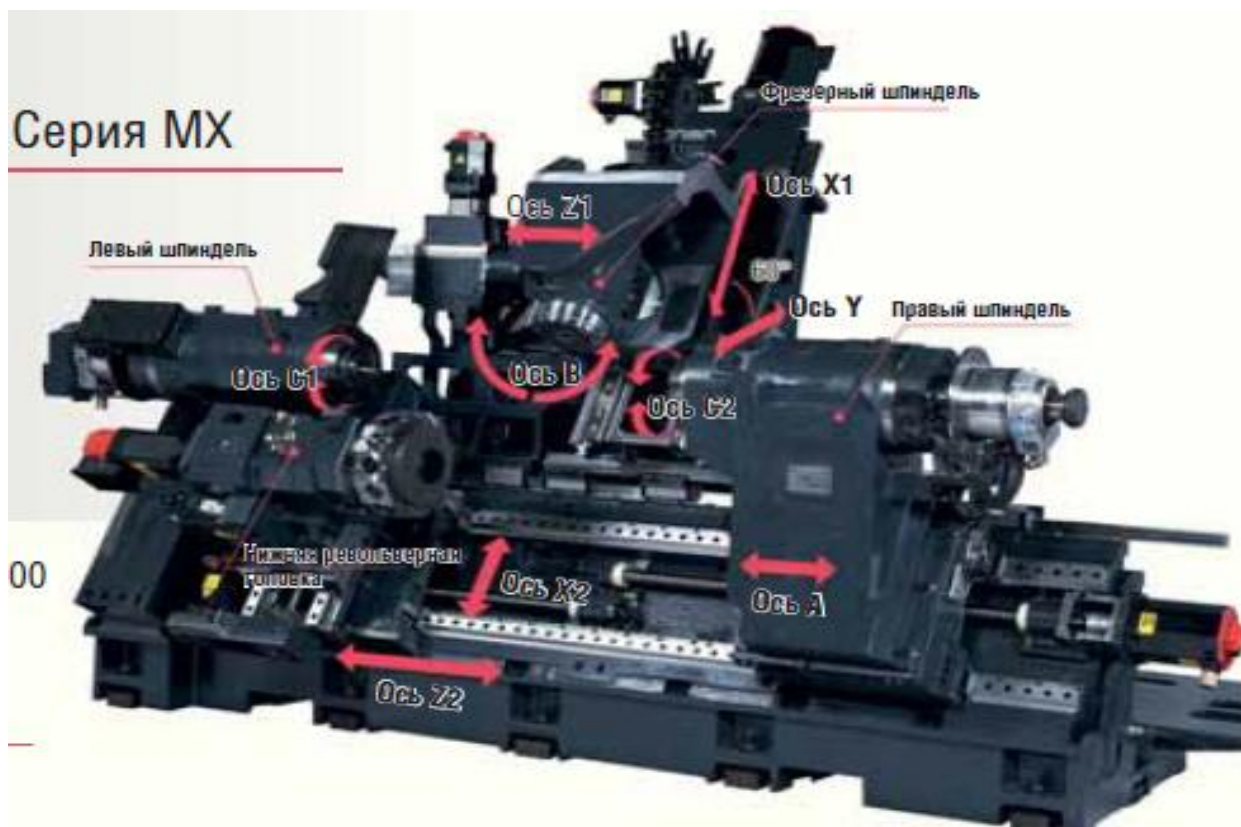


Рисунок 9 – Компоновка обрабатывающего центра с ЧПУ PUMA MX2100ST

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 C и Y [28].

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

Особенности конструкции станков PUMA [28]:

Система подачи СОЖ;

Педаль (зажим/разжим);

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.789.ПЗ				

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;
 Освещение рабочей зоны;
 Трансформатор.

Стандартная комплектация:

«Сырые» кулачки для гидравлического патрона;
 Датчик подтверждения зажима детали в патроне;
 Задняя бабка: вращающийся центр;
 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;

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Ручная/Программируемая/Серво-приводная Задняя Бабка;
 Автоматическое измерение детали;
 Оптические линейки (ось X, ось Z, ось Y);
 Станция охлаждения СОЖ;
 Маслоотделитель из СОЖ;
 Датчик уровня СОЖ;
 Конвейер стружки (боковой);
 Конвейер стружки (задний) (исключение PUMA 3100);
 Подача СОЖ через главный/контр шпиндели;
 Вытяжка масляного тумана;
 Обдув кулачков патрона воздухом;
 Автоматический настройщик инструмента;
 Уловитель деталей с коробом и 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 [28]:

- максимальный диаметр обработки – 540 мм;
- максимальная длина заготовки – 1020 мм;
- перемещения по осям X/Y/Z – 565/170/1050;
- максимальная частота вращения шпинделей (л/п) – 5000 об/мин;
- максимальная частота вращения приводного шпинделя – 12000 об/мин;
- мощность главного двигателя – 18,5 кВт.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А

Переход 1. Точить поверхность 10 (рис. 7).

Державка токарная наружная SCLCL 2020K12 [25, 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 (20 мм), 20 – ширина хвостовика (20 мм), K – длина инструмента (125 мм), 12 – длина режущей кромки (рис. 11) [25, с. 10-11].

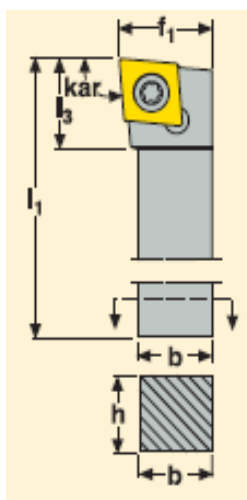


Рисунок 11 – Державка токарная наружная

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

Пластина CCMТ 120408-М3 TR2501 [25, с. 347], где C - форма пластины (ромб 80°), C - задний угол (равен 7°), М – класс допуска, Т – тип СМП, 12 – номинальная длина режущей кромки (12 мм), 04 – толщина (4,76 мм), 08 – радиус вершины (0,8 мм), М3 – внутреннее обозначение (обозначение стружколома) [25, с. 18-20].

TR2501 – 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 [25, с. 37].

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [25, с. 52].

Переход 2. Расточить отверстие 1, 3 предварительно, 5, 6, 8 окончательно (рис. 7).

Державка внутренняя A16Q-SCLCL09 [25, с. 272] (рис. 12).

Пластина CCMT 09T308-F1 TP2501 [25, с. 345].

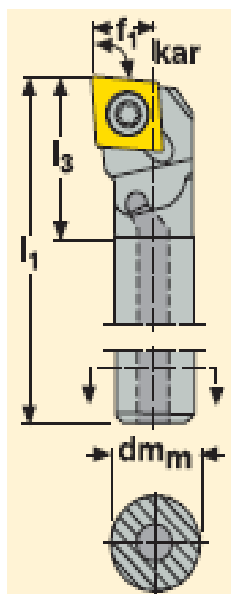


Рисунок 12 – Державка внутренняя

Размеры державки: $d_m=16$ мм, $h=16$ мм, $L_1=180$ мм, $f_1=11$ мм, $L_3=22$ мм [25, с. 272].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [25, с. 52].

Переход 3. Расточить отверстие 1, 3 окончательно (рис. 7).

Державка внутренняя A16Q-SCLCL09 [25, с. 272] (рис. 12).

Пластина CCMT 09T308-F1 TP2501 [25, с. 345].

Размеры державки: $d_m=16$ мм, $h=16$ мм, $L_1=180$ мм, $f_1=11$ мм, $L_3=22$ мм [25, с. 272].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [25, с. 52].

Переход 4. Фрезеровать 4 площадки в размер 11 (рис. 7).

Фреза R335.10-160.03-40-12 [23, с. 203] (рис. 13).

Пластина R150.10-3N-12 T350M [23, с. 626].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,14$ мм/зуб, $V_c=195$ м/мин [23, с. 207-208].

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Размеры державки: $d_m=22$ мм, $D_c=80$ мм, $E=2,4$ мм, $Z=12$, $a_r=39,5$ мм, $a_p=3,1$ мм [23, с. 200].

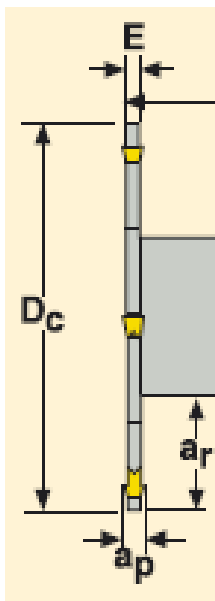


Рисунок 13 – Дисковая фреза

Переход 5. Сверлить 4 отверстия 12 (рис. 7).

Сверло SD203A-17.0-40-18R1 [24, с. 47] (рис. 14).

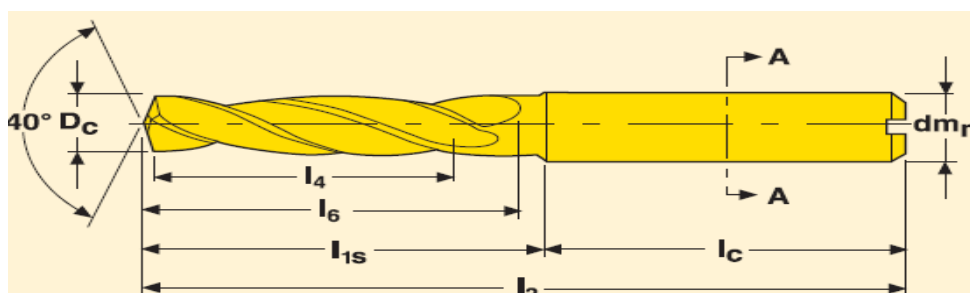


Рисунок 14 – Сверло цилиндрическое серии SD203A

Размеры сверла: $d_{mm}=18$ мм, $l_4=40$ мм, $l_{1s}=75$ мм, $l_c=48$ мм, $l_2=123$ мм, $l_6=73$ мм [24, с. 47].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,37$ мм/об, $V_c=175$ м/мин [24, с. 123].

Установ Б

Переход 1. Точить поверхность 9 (рис. 7).

Державка токарная наружная SCLCR 2020K12 [25, с. 181].

Пластина CCMT 120408-M3 TP2501 [25, с. 347].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [25, с. 52].

Переход 2. Расточить отверстия 4, 7 предварительно (рис. 7).

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Державка внутренняя A16Q-SCLCR09 [25, с. 272] (рис. 12).

Пластина CCMT 09T308-F1 TP2501 [25, с. 345].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [25, с. 52].

Переход 3. Расточить отверстие 4 окончательно (рис. 7).

Державка внутренняя A16Q-SCLCR09 [25, с. 272] (рис. 12).

Пластина CCMT 09T308-F1 TP2501 [25, с. 345].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,30$ мм/об, $V_c=270$ м/мин [25, с. 52].

Элементы режимов резания сведем в таблицу 9.

Таблица 9 - Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	S _m , мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
Операция 005 Комбинированная с ЧПУ					
Установ А					
Переход 1	3,0	0,30	77	255	250
Переход 2	2,0	0,30	125	415	250
Переход 3	0,25	0,30	134	448	270
Переход 4	2,0	1,68	780	464	175
Переход 5	8,5	0,37	1210	3270	175
Установ Б					
Переход 1	3,0	0,30	266	885	250
Переход 2	2,0	0,30	367	1224	250
Переход 3	0,25	0,09	121	1344	270

1.3. Технологические расчеты

1.3.1. Расчет припусков

Припуски на поверхность диаметром 64Н7 рассчитываются расчетно-аналитическим методом, на остальные поверхности – статистическим методом.

Для заготовки $T = 300$ мкм, $R_z = 200$ мкм [15, с.186 табл. 12].

Значения «Т» и « R_z » по переходам [15, с.190 табл. 27]:

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

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

Тонкое растачивание – $R_z = 8$ мкм, $T = 8$ мкм, 7 квалитет.

Суммарное пространственное отклонение:

$$\rho = \sqrt{\Delta_H^2 + \Delta_K^2}, \quad (12)$$

где Δ_H – отклонение от перпендикулярности торца к оси поковки,
 $\Delta_H = 7$ мкм/мм [15, табл. 21, с.187], $\Delta_H = 73 \cdot 30 = 2200$ мкм

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

$\Delta_K = 0,5 \cdot 30 = 15$ мкм

$$\rho = \sqrt{2,2^2 + 0,015^2} = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм}$$

Расчет с учетом коэффициента уточнения K_y [15, с.199 табл.29]:

- после черного растачивания – $\rho = 0,05 \cdot 2000 = 100$ мкм;

- после чистового растачивания – $\rho = 0,02 \cdot 2000 = 40$ мкм;

Расчетный минимальный припуск на данном переходе:

$$2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (13)$$

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 в предыдущем переходе, мкм;

ε_y – погрешность установки на данном переходе, мкм.

Погрешность установки определяется по [15, с. 42 табл. 13] при установке обрабатываемой детали в 3-хкулачковый самоцентрирующийся патрон $\varepsilon_y = 130$ мкм.

Расчет с учетом коэффициента уточнения K_y [15, с. 195 табл. 29]:

- после черного растачивания – $\varepsilon_y = 0,31 \cdot 130 = 40$ мкм

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

- под черновое обтачивание:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (200 + 2200 + \sqrt{300^2 + 130^2}) = 2 \cdot 2700 \text{ мкм}$$

- под чистовое растачивание:

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (50 + 100 + \sqrt{50^2 + 130^2}) = 2 \cdot 270 \text{ мкм}$$

- под тонкое растачивание:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot (20 + 44 + \sqrt{20^2 + 40^2}) = 2 \cdot 100 \text{ мкм}$$

Расчетный максимальный припуск на данном переходе:

$$2 \cdot Z_{i \max} = 2 \cdot Z_{\min} + TD_{i-1} - TD_i, \quad (14)$$

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.

Допуски на размеры, полученные после каждого технологического перехода, принимаются по [15, с.192 табл. 32].

Проверка правильности расчетов:

$$TD_{\text{зар}} - TD_{\text{д}} = 2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min}, \quad (15)$$

Минимальные промежуточные размеры обрабатываемой поверхности по переходам определяются по формуле:

$$D_{\min i} = D_{\min i-1} - 2Z_{\max i-1}, \quad (16)$$

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

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

Максимальные промежуточные размеры обрабатываемой поверхности по переходам определяются по формуле:

$$D_{\max i} = D_{\max i-1} - 2Z_{\min i-1}, \quad (17)$$

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

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

Результаты всех вычислений занесем в таблицу 10.

Общий номинальный припуск определяется по формуле:

$$2 \cdot Z_{\text{оном}} = 2 \cdot Z_{\text{омин}} + \frac{\sigma_z}{2} - \sigma_z = 4,53 + \frac{1,6}{2} - 0,030 = 5,30 \text{ мм} \quad (18)$$

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Таблица 10 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности диаметром 210Н8

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}	$2 \cdot Z_{min}$	$2 \cdot Z_{max}$
Заготовка (штамповка)	200	300	2200	-	57,86	1600	57,90	59,50	-	-
Черновое растачивание	50	50	110	130	63,26	300	63,30	63,60	4100	5400
Чистовое растачивание	20	20	44	130	63,8	120	63,80	63,92	320	500
Тонкое растачивание	8	8	-	40	64	30	64,0	64,03	110	200

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{max i}^{np} - Z_{min i}^{np} = \delta_{i-1} - \delta_i, \quad (19)$$

$$5,4 - 4,1 = 1,6 - 0,3 = 1,3 \text{ мм}$$

$$0,50 - 0,32 = 0,30 - 0,12 = 0,18 \text{ мм}$$

$$0,20 - 0,11 = 0,12 - 0,03 = 0,090 \text{ мм}$$

На рисунке 15 покажем эскиз детали, проставим размеры и назначим на них припуски и допуски по [16, табл. 3 и 8].

Промежуточные припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры занесем в таблицу 11.

Таблица 11 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, мм	Отклонения, мм	
				5	6
1	2	3	4	5	6
Заготовка - отливка	1	2,5	187	+1,5	-1,5
	2	3,0	97,5	+1,2	-1,2
	3	2,5	97,5	+1,2	-1,2
	4	3,0	146	+1,3	-1,3
	5	3,0	146	+1,3	-1,3
	6	2,0	19	+1,0	-1,0

Окончание таблицы 11

1	2	3	4	5	6
Точение черновое	2	3,0	98	+1,0	-1,0
	4	3,0	140	+0	-1,0
	5	3,0	140	+0	-1,0
Растачивание черновое	1	2,13	187,5	+0,46	-0
	3	2,13	95,62	+0,5	-0,5
Растачивание чистовое	1	0,25	191,76	+0,29	-0
	3	0,25	97,75	+0,25	-0,25
Растачивание тонкое	1	0,12	192	+0,115	-0
	3	0,12	98	+1,0	-1,0
Фрезерование однократное	6	2	16	+0	-0,43

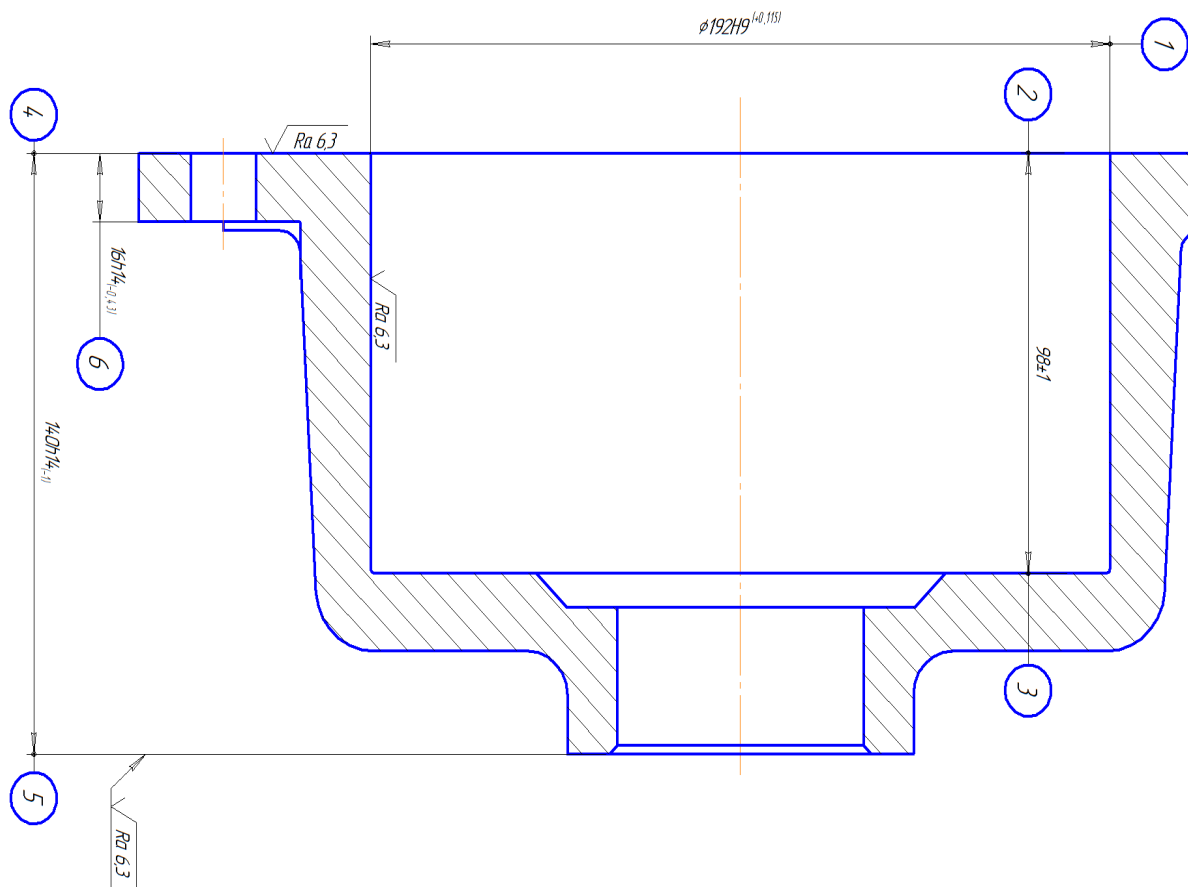


Рисунок 15 – Эскиз детали «Стакан»

На рисунке 16 изобразим графическую схему припусков и допусков.

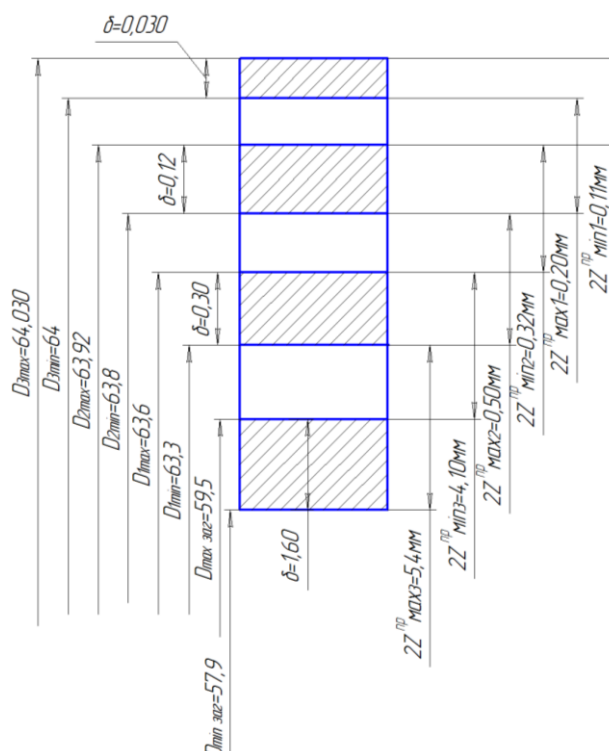


Рисунок 16 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку внутренней поверхности отверстия диаметром 64H7

1.3.2. Расчет технических норм времени

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

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (20)$$

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.

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.789.ПЗ					39

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

$$t_{\text{в}} = t_{\text{ус}} + t_{\text{з.о}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{из}}, \quad (21)$$

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

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

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

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

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

$$t_{\text{об}} = t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}, \quad (22)$$

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

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

Основное время [7, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_m} \cdot i, \quad (23)$$

где l - расчетная длина, мм.;

i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [7, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}, \quad (24)$$

где l_0 - длина обработки поверхности, мм.;

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

$l_{\text{пер}}$ - величина перебега.

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

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А

Переход 1. Точить поверхность 10.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Длина обрабатываемых поверхностей: $l_o = 61$ мм

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

$$l_{вр} + l_{пер} = 5,5 \text{ мм}$$

Тогда:

$$l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 61 + 5,5 = 66,5 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$

$$t_{O1} = \frac{66,5}{77} = 0,86 \text{ мин}$$

Переход 2. Расточить отверстие 1, 3 предварительно, 5, 6, 8 окончательно.

$$l_o = 165 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 6,8 \text{ мм}; l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 165 + 6,8 = 171,8 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$

$$t_{O2} = \frac{171,8}{125} = 1,37 \text{ мин}$$

Переход 3. Расточить отверстие 1, 3 окончательно.

$$l_o = 137 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 4,8 \text{ мм}; l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 137 + 4,8 = 141,8 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$

$$t_{O3} = \frac{141,8}{134} = 1,06 \text{ мин}$$

Переход 4. Фрезеровать 4 площадки в размер 11.

$$l_o = 42 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 14 \text{ мм}; l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 42 + 14 = 56 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=4$

$$t_{O4} = \frac{56}{780} \cdot 4 = 0,29 \text{ мин}$$

Переход 5. Сверлить 4 отверстия 12.

$$l_o = 16 \text{ мм}; l_{вр} + l_{пер} = 4,5 \text{ мм}; l = l_o + l_{вр} + l_{пер} = 16 + 4,5 = 20,5 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=4$

$$t_{O5} = \frac{20,5}{1210} \cdot 4 = 0,07 \text{ мин}$$

Общее основное время на установе А:

$$t_{OA} = 0,86 + 1,37 + 1,06 + 0,29 + 0,07 = 3,65 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Установ Б

Переход 1. Точить поверхность 9.

$$l_o = 13 \text{ мм}; l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 5,5 \text{ мм}; l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 13 + 5,5 = 18,5 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$

$$t_{O1} = \frac{18,5}{266} = 0,07 \text{ мин}$$

Переход 2. Расточить отверстия 4, 7 предварительно.

$$l_o = 35 \text{ мм}; l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 5 \text{ мм}; l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 35 + 5 = 40 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$

$$t_{O2} = \frac{40}{367} = 0,11 \text{ мин}$$

Переход 3. Расточить отверстие 4 окончательно.

$$l_o = 32 \text{ мм}; l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4,5 \text{ мм}; l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 32 + 4,5 = 36,5 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$

$$t_{O3} = \frac{36,5}{121} = 0,30 \text{ мин}$$

Общее основное время на установке Б:

$$t_{OB} = 0,07 + 0,11 + 0,30 = 0,48 \text{ мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$t_O = 3,65 + 0,48 = 4,13 \text{ мин}$$

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

$$t_{\text{ус}} = 3,12 \text{ мин}; t_{\text{уп}} = 8,06 \text{ мин}; t_{\text{изм}} = 15,39 \text{ мин}$$

$$t_B = 3,12 + 8,06 + 15,39 = 26,57 \text{ мин}$$

Оперативное время [7, с. 101]:

$$t_{OI} = t_O + t_B = 4,13 + 26,57 = 30,70 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{\text{тех}} = \frac{6 \cdot t_{OI}}{100} = \frac{6 \cdot 30,7}{100} = 1,84 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Время организационного обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{8 \cdot 30,7}{100} = 2,46 \text{ мин}$$

Время на отдых [7, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{он}}{100} = \frac{2,5 \cdot 30,7}{100} = 0,77 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 30,7 + 1,84 + 2,46 + 0,77 = 35,77 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [7, с. 216-217]: $T_{пз} = 57 \text{ мин}$

$$\text{Тогда: } T_{шт-к} = \frac{57}{24} + 35,77 = 38,15 \text{ мин}$$

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	$t_{тех}$	$t_{орг}$	$t_{от}$	$T_{шт}$	$T_{шт-к}$
Операция 005							
Комплексная с ЧПУ		26,57	1,84	2,46	0,77	35,77	38,15
Установ А							
Переход 1	0,86						
Переход 2	1,37						
Переход 3	1,06						
Переход 4	0,29						
Переход 5	0,07						
Установ Б							
Переход 1	0,07						
Переход 2	0,11						
Переход 3	0,30						

1.4. Расчет зажимного приспособления

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

Базирование детали

Схема базирования представлена на рисунке 17.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

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 [16, с. 382-384]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (27)$$

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

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

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

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

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

K_5 - учитывает непостоянство силы закрепления при 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 (27):

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

Расчет требуемых сил зажима

Найдем величину сил зажима из условия, что заготовка сохраняет неподвижное состояние под действием сил зажима, реакций опор и сил резания.

На рисунке 18 представлена 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 $F_{TP} = f \cdot W''$

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

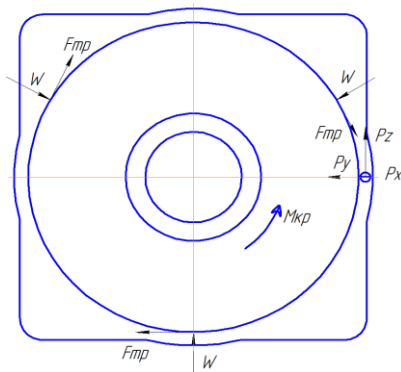
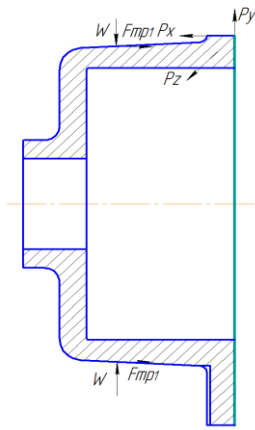


Рисунок 18 – Графическая модель равновесия заготовки

Общая сила зажима:

$$W = \sqrt{(W')^2 + (W'')^2}. \quad (28)$$

Тогда:

$$k \cdot P_x = 3 \cdot f \cdot W', \quad (29)$$

Откуда:

$$W' = \frac{k \cdot P_x}{3 \cdot f} \quad (30)$$

$$k \cdot M_{кр} = 3 \cdot F_{тр} \cdot 0,5 \cdot D, \quad (31)$$

Откуда:

$$W'' = \frac{k \cdot M_{кр} \cdot 2}{3 \cdot f \cdot D}, \quad (32)$$

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

Тогда:

$$W' = \frac{2,16 \cdot 692}{3 \cdot 0,2} = 2491 \text{ Н}$$

$$W'' = \frac{2,16 \cdot 281 \cdot 2}{3 \cdot 0,2 \cdot 225} = 8992 \text{ Н}$$

$$W = \sqrt{2491^2 + 8992^2} = 9331 \text{ Н}$$

Чтоб обеспечить неподвижность заготовки в 3-х кулачковом патроне, её необходимо зажать тремя силами $W = 9331 \text{ Н}$

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

Виды и характер работ по проектированию технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ существенно отличаются от работ, проводимых при использовании обычного универсального и специального оборудования. Прежде всего, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходим детально разработанный технологический процесс, построенный по переходам. При обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна.

Рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства [26].

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.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 невозможно 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 Sinumerik 840D.

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

Разработаем управляющую программу на 005 операцию «Комплексная с ЧПУ» установки А и Б. Операция состоит из восьми переходов:

Установ А:

1. Точить поверхность 10.
2. Расточить отверстие 1, 3 предварительно, 5, 6, 8 окончательно.
3. Расточить отверстие 1, 3 окончательно.
4. Фрезеровать 4 площадки в размер 11.
5. Сверлить 4 отверстия 12.

Фрагмент управляющей программы на операцию 005 представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Фрагмент управляющей программы на операцию 005

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание кадра УП
1	2
WWP	Позиция смены инструмента
T1 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S250 Lims=400 M3	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X320 Z143	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
M8	Включение подачи СОЖ
G1 X180 F0.30	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X250 Z340	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
WWP	Позиция смены инструмента
T2 D1	Выбор резца

Продолжение таблицы 13

1	2
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S250 Lims=400 M3	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X191.5 Z146;*GP*	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X191,1 F0.30;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X191,5 Z146;*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 X191.5 Z146 ;*GP*	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M8	Включение подачи СОЖ
G1 Z45.5 ;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X106.3;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X90; Z37.2;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X52;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X180; Z146;*GP*	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M17	Конец подпрограммы
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G96 S270 Lims=400 M3	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X192; *GP*	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M8	Включение подачи СОЖ
G1 Z45 F0.30;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X100; *GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X180; Z146;*GP*	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов

Окончание таблицы 13

1	2
G0 X250 Z340	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
WWP	Позиция смены инструмента
T3 D1	Выбор фрезы
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
M2=3 S2=464	Включение привода инструмента с заданной частотой оборотов, вращение по часовой стрелке
SPOSA=DC(0)	Прямое позиционирование главного шпинделя на 0°
G0 X160 Z127	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
M8	Включение подачи СОЖ
WAITS	Ожидание достижения главным шпинделем своей позиции
G1 X114 F1.68	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X160	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
SPOS=AC(90)	Позиционирование главного шпинделя относительно нулевой точки на 90°
G1 X114 F1.68	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X160	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
SPOS=AC(180)	Позиционирование главного шпинделя относительно нулевой точки на 90°
G1 X114 F1.68	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X160	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
SPOS=AC(270)	Позиционирование главного шпинделя относительно нулевой точки на 90°
G1 X114 F1.68	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X160	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X250 Z340	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
WWP	Позиция смены инструмента

2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В экономической части проекта выполняется расчет капитальных затрат и определяется экономическая эффективность усовершенствованного технологического процесса. Сравнение двух вариантов (базового и проектируемого) технологических процессов осуществим путем расчета себестоимости работ по каждому из вариантов. Определим условно-годовую экономию.

2.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле [18]:

$$K = K_{об} + K_{прс} + K_{прг}, \quad (33)$$

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

$K_{прс}$ – капитальные вложения в приспособления, руб.;

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

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

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [18]:

$$C = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (34)$$

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

$N_{год}$ – годовая программа выполнения деталей, шт.; $N_{год} = 580$ шт. для базового варианта; $N_{год} = 1000$ шт. для проектируемого варианта;

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

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

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

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

Рассчитаем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [18]:

$$F_{об} = F_n \left(1 - \frac{K_p}{100} \right), \quad (35)$$

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 двухсменной работе (базовый вариант):

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

- при трёхсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

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

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 формуле (35), составляет:

$$\text{- для базового варианта } - F_{об} = 3940 \cdot \left(1 - \frac{2}{100} \right) = 3861 \text{ ч.};$$

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

- для проектируемого варианта - $F_{об} = 5910 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5378$ ч.

Определим количество станков по штучно-калькуляционному времени, используя формулу (34).

$$C_{1516} = \frac{1,15 \cdot 580}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,20 \text{ шт.}$$

$$C_{6P13} = \frac{0,42 \cdot 580}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,07 \text{ шт.}$$

$$C_{2H55} = \frac{0,30 \cdot 580}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,05 \text{ шт.}$$

$$C_{MX2100ST} = \frac{0,64 \cdot 1000}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,14 \text{ шт.}$$

Полученные данные по количеству станков для базового варианта сводим в таблицу 14, по проектируемому варианту – в таблицу 15.

Таблица 14 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени для базового варианта

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($t_{(Ш-К)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{п}$	Кз.ф.
1516	1,15	0,20	1	0,20
6P13	0,42	0,07	1	0,07
2H55	0,30	0,05	1	0,05
	$\Sigma t_{(Ш-К)} = 1,87$	0,32	$\Sigma C_{п} = 3$	

Таблица 15 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени для проектируемого варианта

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($t_{(Ш-К)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{п}$	Кз.ф.
MX2100ST	0,64	0,14	1	0,14
	$\Sigma t_{(Ш-К)} = 0,64$	0,14	$\Sigma C_{п} = 1$	

После расчета всех операций значений ($t_{(Ш-К)}$) и (C_p) устанавливаем принятое число рабочих мест (C_n), округляя для ближайшего целого числа полученное значение (C_p) [18].

Определение капитальных вложений в оборудование

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

Таблица 16 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. руб.			Стоимость всего оборудования, тыс. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Первоначальная стоимость	
Токарный	1516	1	11	11	195	19,5	-	214,5
Фрезерный	6P13	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, тыс. руб.				Стоимость всего оборудования, тыс. 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 ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 14% составляют $0,14 \cdot 18\,560\,000 = 2\,598\,400$ 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 [18]:

$$C = Z_{\text{м}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (36)$$

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

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

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

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

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

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

Затраты на материалы

Поскольку способ изготовления заготовки не меняется, то затраты на материалы не рассчитываются.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали, рассчитываем по формуле [18]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (37)$$

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

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле [18]:

$$C_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{ми}}{F_p}, \quad (38)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего;

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

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: 241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч.; 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч.;

потери - 36 дней, в том числе: 28 – отпуск очередной, 2 – потери по больничному листу, 6 – прочие.

Отсюда количество рабочих часов станочника при односменной работе составляет: $F_p = (241-36) \cdot 8 + 6 \cdot 7 = 1682$ ч.

Рассчитываем заработную плату и численность производственных рабочих по формуле (38). Результаты вычислений по базовому варианту сводим в таблицу 18, по проектируемому варианту - в таблицу 19.

Таблица 18 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Расчётная численность станочников, чел.
Токарная	3	109,5	1,15	125,9	0,40
Фрезерная	3	109,5	0,42	46,0	0,14
Сверлильная	3	105,3	0,30	31,6	0,10
Итого:				203,5	0,64

Определим затраты на заработную плату на годовую программу [18]:

$$Z_{зп} = 203,5 \cdot 580 = 118\ 030 \text{ руб.}$$

$$Z_{пр} = Z_{зп} \cdot k_{мн} \cdot k_{доп} \cdot k_p, \quad (39)$$

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

$$k_{мн} = 1;$$

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

$$k_{доп} = 1,16;$$

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

$$Z_{зп} = 118\ 030 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 157\ 452,02 \text{ руб.}$$

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 [18]:

$$Z_{зп} = 79,4 \cdot 1000 = 79\ 400 \text{ руб.}; k_{мн} = 1; k_{доп} = 1,16; k_p = 1,15$$

$$Z_{зп} = 79\ 400 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 105\ 919,60 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [18]:

$$Z_{всп} = \frac{C_T^{всп} \cdot F_p \cdot Ч_{всп} \cdot k_{доп} \cdot k_p}{N_{год}}, \quad (40)$$

где $C_T^{всп}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб.;

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

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

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

$$k_{доп} = 1,23;$$

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

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 580$ шт.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле [18]:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{N}, \quad (41)$$

где g_n – расчетное количество оборудования; для базового варианта - $g_n = 0,32$ шт.; для проектируемого варианта - $g_n = 0,14$ шт.

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

N – число станков, обслуживаемых одним наладчиком; для базового варианта $N = 8$ шт.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,32 \cdot 2}{8} = 0,08 \text{ чел.}$$

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

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,05 \cdot 0,64 = 0,03 \text{ чел.}$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,64 = 0,05 \text{ чел.}$$

По формуле (40) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих для базового варианта:

$$З_{\text{нал}} = \frac{86,8 \cdot 1682 \cdot 0,08 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{580} = 28,5 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{73,9 \cdot 1682 \cdot 0,03 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{580} = 9,1 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{75,1 \cdot 1682 \cdot 0,05 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{580} = 15,4 \text{ руб.}$$

По формуле (40) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих для проектируемого варианта:

$$З_{\text{нал}} = \frac{86,8 \cdot 1682 \cdot 0,05 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{1000} = 10,3 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{73,9 \cdot 1682 \cdot 0,02 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{1000} = 3,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{контр.}} = \frac{75,1 \cdot 1682 \cdot 0,03 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{1000} = 5,4 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящаяся на одну деталь, по базовому варианту сводим в таблицу 20, по проектируемому - в таблицу 21.

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

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	86,8	0,08	28,5
Транспортный рабочий	73,9	0,03	9,1
Контролер	75,1	0,05	15,4
Итого:		0,16	53,0

Определим затраты на заработную плату за год:

$$Z_{\text{зп}} = 53 \cdot 580 = 30\,740 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = 157\,452,02 + 30\,740 = 188\,192,02 \text{ руб.}$$

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	0,05	10,3
Транспортный рабочий	73,9	0,02	3,5
Контролер	75,1	0,03	5,4
Итого:		0,10	19,2

Определим затраты на заработную плату за год:

$$Z_{\text{зп}} = 19,2 \cdot 1000 = 19\,200 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = 105\,919,60 + 19\,200 = 125\,119,60 \text{ руб.}$$

Страховые взносы

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Базовый вариант: } 188\,192,02 \cdot 0,3 = 56\,457,61 \text{ руб.}$$

$$\text{Проектируемый вариант: } 125\,119,60 \cdot 0,3 = 37\,535,88 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле [18]:

$$Z_{\text{э}} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (42)$$

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

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

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

$k_{\text{од}}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка, $k_{\text{од}} = 0,75$ при двух двигателях и $k_{\text{од}} = 1$ 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);

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

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

Произведем расчеты для базового и проектируемого вариантов по формуле (42):

$$Z_{\text{э}}(1516) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,15}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 8,1 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{э}}(6P13) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,42}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 2,0 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$Z_3(2H55) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,30}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 1,5 \text{ руб.}$$

$$Z_3(MX2100ST) = \frac{18,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,64}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 7,6 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по базовому варианту сводим в таблицу 22, по проектируемому варианту - в таблицу 23.

Таблица 22 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
1516	11	1,15	8,1
6P13	7,5	0,42	2,0
2H55	7,5	0,30	1,5
Итого:			11,6

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_3 = 11,6 \cdot 580 = 6\ 728 \text{ руб.}$$

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	7,6
Итого:			7,6

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_3 = 7,6 \cdot 1000 = 7\ 600 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываем по формуле [18]:

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (43)$$

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [18]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{вн}}, \quad (44)$$

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

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений; 12% для базового оборудования, 6% - для обрабатывающего центра с ЧПУ;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$ – годовой действительный фонд работы оборудования; 3861 ч. – базовый вариант; 5378 ч. – проектируемый вариант;

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (44):

$$C_{ам}(1516) = \frac{214500 \cdot 0,12 \cdot 1,15}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 8,8 \text{ руб.};$$

$$C_{ам}(6P13) = \frac{187000 \cdot 0,12 \cdot 0,42}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 2,8 \text{ руб.};$$

$$C_{ам}(2H55) = \frac{165000 \cdot 0,12 \cdot 0,30}{3861 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 1,8 \text{ руб.};$$

$$C_{ам}(MX2100ST) = \frac{18560000 \cdot 0,06 \cdot 0,64}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 152,9 \text{ руб.}$$

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

$$C_{РЕбаз} = 440 \text{ руб.}$$

$$C_{РЕчпу} = 850 \text{ руб.}$$

Вычисления производим по формуле [18]:

$$C_{рем} = \frac{Ц_{РЕ} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{год}}, \quad (45)$$

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

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.789.ПЗ				

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования:

$$C_{\text{рем}}(1516) = \frac{440 \cdot 1}{1,15 \cdot 580} = 0,7 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(6P13) = \frac{440 \cdot 1}{0,42 \cdot 580} = 1,8 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(2H55) = \frac{440 \cdot 1}{0,30 \cdot 580} = 2,5 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(\text{MX2100ST}) = \frac{850 \cdot 1}{0,64 \cdot 1000} = 1,3 \text{ руб.}$$

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

Таблица 24 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования (базовый вариант)

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
1516	214,5	1	12	1,15	8,8	0,7
6P13	187,0	1	12	0,42	2,8	1,8
2H55	165,0	1	12	0,30	1,8	2,5
Итого:					13,4	5,0

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.
MX2100ST	18560	1	6	0,64	152,9	1,3
Итого:					152,9	1,3

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (43):

- для базового варианта: $Z_{об} = 13,4 + 5,0 = 18,4$ руб.

- для проектируемого варианта: $Z_{об} = 152,9 + 1,3 = 154,2$ руб.

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле [18]:

$$Z_{и} = \frac{C_{и} + \beta_n \cdot C_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{и}, \quad (46)$$

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

β_n – число переточек;

C_n – стоимость одной переточки, руб.;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 580$ шт.

T_m – машинное время, мин.;

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

В таблице 26 укажем инструмент, используемый в базовом технологическом процессе и время работы инструмента.

Таблица 26 – Перечень инструмента базового технологического процесса

№ опер.	Наименование	T_m , мин	№ опер.	Наименование	T_m , мин.
005	Резец проходной ГОСТ 18877	33,8	005	Резец фасочный ГОСТ 18889	1,2
005	Резец расточной ГОСТ 18883	25,8	010	Фреза дисковая ГОСТ 2679	25,1
005	Резец канавочный ГОСТ 18885	3,9	015	Сверло ГОСТ 10903	4,9
005	Резец фасочный ГОСТ 18889	4,5			

Произведем расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому технологическому процессу (для стандартного инструмента) по формуле (46):

$$Z_{и} = \frac{956,1 + 8 \cdot 77}{60 \cdot 580 \cdot 9} \cdot 33,8 \cdot 0,98 + \frac{855,3 + 9 \cdot 68}{60 \cdot 580 \cdot 10} \cdot 25,8 \cdot 0,98 + \frac{1023 + 6 \cdot 92}{50 \cdot 580 \cdot 7} \cdot 3,9 \cdot 0,98 + \frac{956,6 + 7 \cdot 84}{45 \cdot 580 \cdot 8} \cdot 4,5 \cdot 0,98 + \frac{1106 + 6 \cdot 88}{50 \cdot 580 \cdot 7} \cdot 1,2 \cdot 0,98 + \frac{15632 + 0 \cdot 0}{189 \cdot 580} \cdot 25,1 \cdot 0,98 + \frac{2560 + 10 \cdot 85}{45 \cdot 580 \cdot 8} \cdot 4,9 \cdot 0,98 = 185,4 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [18]:

$$Z_{\text{эи}} = (C_{\text{пл}} \cdot n + (C_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \cdot C_{\text{компл}}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1}, \quad (47)$$

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

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

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

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

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

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

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

Q - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт. Величина Q также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины.

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

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

$b_{\text{фи}}$ - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента. Экспериментальные данные показывают

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$C_{\text{прс}}$ – стоимость приспособлений, ($C_{\text{прс1}}= 25\ 563$ руб., $C_{\text{прс2}}=17\ 300$ руб., $C_{\text{прс3}}= 29\ 631$ руб.);

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}}$ - норма амортизационных отчислений на приспособления,
 $N_{\text{ам}}^{\text{прс}} = 66\%$;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 580$ шт.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (48):

$$Z_{\text{осн}} = \frac{3 \cdot 1 \cdot (25563 + 17300 + 29631) \cdot 66}{580 \cdot 100} = 247,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчета технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 28.

Таблица 28 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Базовый вариант, сумма, руб.	Проектируемый вариант, сумма, руб.
Заработная плата с начислениями	383,5	147,4
Затраты на технологическую электроэнергию	11,6	7,6
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	18,4	154,2
Затраты на инструмент	185,4	51,4
Затраты на эксплуатацию оснастки	247,5	0
Итого:	846,4	360,6

2.4. Определение годовой экономии от изменения технологического процесса

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

$$Э_{\text{год}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{пр}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (49)$$

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

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

Рассчитаем годовую экономию по формуле (49):

$$\mathcal{E}_{год} = (846,4 - 360,6) \cdot 1000 = 485\,800 \text{ руб.}$$

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{оп} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\% , \quad (50)$$

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

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Произведем расчеты удельного веса операции по формуле (50) для базового варианта:

$$Y_{оп}(1516) = \frac{1,15}{1,87} \cdot 100\% = 61,5\%$$

$$Y_{оп}(6P13) = \frac{0,42}{1,87} \cdot 100\% = 22,5\%$$

$$Y_{оп}(2H55) = \frac{0,30}{1,87} \cdot 100\% = 16,0\%$$

Произведем расчет удельного веса операции по формуле (50) для проектируемого варианта:

$$Y_{оп}(\text{MX2100ST}) = \frac{0,64}{0,64} \cdot 100\% = 100\%$$

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 [18]:

$$Y_{пр} = \frac{g_{пр}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\% , \quad (51)$$

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

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

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

Определим производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{вн} \cdot 60}{t}, \quad (52)$$

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

$\kappa_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном технологическом процессе:

$$B = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{38,15} = 3174,4 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

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

Рост производительности труда определяется по формуле:

$$\Delta B = \frac{B_{пр} - B_{б}}{B_{б}} \cdot 100\%, \quad (53)$$

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

$$\Delta B = \frac{3174,4 - 1079,4}{1079,4} \cdot 100\% = 194,1\%$$

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 2,35 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии. Рост производительности труда обуславливает увеличение объема выпуска продукции с 580 шт. до 1000 шт. в год, что при неизменных материальных и трудовых затратах также ведет к снижению себестоимости продукции.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

В таблице 29 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 29 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	580	1000	+420
Количество видов оборудования	шт.	3	1	-2
Количество рабочих	чел.	3	1	-2
Сумма инвестиций	т. руб.		2598,4	
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	1,87	0,64	-1,23
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	846,4	360,6	-485,8
- затраты на инструмент		185,4	51,4	-134,0
- заработная плата рабочих		383,5	147,4	-236,1
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100	100
Производительность труда	шт/чел. год	1079,4	3174,4	+2095
Рост производительности труда	%	100	294,1	+194,1
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,26	0,14	-0,12
Годовой экономический эффект	тыс. руб.		485,8	
Срок окупаемости	лет		6	

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Стакан», расчета снижения трудоемкости технологического процесса и роста производительности труда, связанных с внедрением в производство более эффективного металлообрабатывающего оборудования, был получен годовой экономический эффект в размере 485,8 тыс. руб. Срок окупаемости проекта составляет 6 лет.

3.МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы усовершенствования технологического процесса изготовления детали «Стакан». В процессе изготовления детали есть многоцелевые операции, выполняемые на станках с числовым программным управлением.

В базовом варианте для изготовления детали требовались рабочие не ниже 3 разряда: токарь, фрезеровщик, сверловщик и слесарь. В проектируемом варианте будет требоваться только оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 4 разряда.

В связи с внедрением в производство нового технологического процесса появляется необходимость переподготовки рабочих с профессии «Токарь» на профессию «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

При этом 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 Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 августа 2014 года № 530н.

Переподготовку и повышение квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» предполагается производить на базе Негосударственного образовательного частного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт опережающего образования» (НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования»), расположенного по адресу: г. Екатеринбург, ул. Артинская, 4.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

3.1. Описание условий обучения в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования»

НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» позволяет вести обучения по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» поскольку он обладает необходимыми материальной базой и преподавательским составом. Образовательная деятельность лицензирована – лицензия на право ведения образовательной деятельности Серия 66 № 001000, регистрационный № 3700 от 02.06.2011 г. (бессрочная) выдана Министерством общего и профессионального образования Свердловской области.

В НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» ведется подготовка по следующим профессиям, связанным с механообработкой и сборкой: «Токарь»; «Фрезеровщик»; «Шлифовщик»; «Сверловщик»; «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» и другие [32].

В рамках подготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» предполагается, что оператор обучается производить наладку станка и запускать его в работу. Поскольку обычно станок обрабатывает одну деталь длительное время, это позволяет оператору обслуживать несколько станков одновременно или выполнять другие функции с различными инструментами [32]. В связи с этим к оператору станков с программным управлением предъявляются требования планировать работу с учетом многозадачности.

Кроме того оператор станков с программным управлением по итогам обучения должен:

- знать устройство, принципиальные схемы оборудования и взаимодействие механизмов станков с программным управлением, правила их подналадки;
- уметь определять неисправности в станках и системе управления;
- осуществлять корректировку режимов резания по результатам работы станка;

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

- изучить основы электротехники, электроники, механики, гидравлики, автоматике в пределах выполняемой работы;
- знать организацию работ при многостаночном обслуживании станков с программным управлением, основные способы подготовки программы, способы установки инструмента и приспособлений в инструментальные блоки и их регулировку;
- изучить приемы, обеспечивающие заданную точность изготовления деталей, качества и параметры шероховатости;
- знать устройство и правила пользования контрольно-измерительными инструментами и приборами
- владеть правилами чтения чертежей обрабатываемых деталей.

Срок обучения по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ» в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» составляет три месяца, а учебный график – 6 дней в неделю. Рабочие дни – по 4 часа в неделю, а суббота – по 8 часов в неделю. При этом на теоретическое обучение отводится 6 недель, на производственное обучение - 7 недель, после чего следуют квалификационные испытания [32].

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

Обучение программированию ведется на базе учебного центра, который имеет учебные рабочие места – 6 мест для подготовки по профессии «Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ», оснащенные учебными имитационными стойками с системой ЧПУ Sinumerik 840D.

Помимо этого Институт опережающего образования проводит дистанционное обучение по всем изучаемым курсам.

Для того чтобы записаться на обучение, нужно выйти на дистанционный портал НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования» и обязательно указать, что необходимо обучение по дистанционной форме

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

обучения, после чего обучаемый получает индивидуальный логин и пароль для доступа к portalу. Это позволяет без отрыва от основной трудовой деятельности получить необходимые и актуальные знания в различных отраслях промышленности.

3.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Согласно профессиональному стандарту, утвержденному приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 августа 2014 года № 530н, основной вид профессиональной деятельности по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» - это наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей.

Профессиональный стандарт выделяет следующие базовые цели профессиональной деятельности:

- наладка обрабатывающих центров с программным управлением;
- установка технологической последовательности обработки деталей;
- выявление неисправностей в работе оборудования;
- обработка деталей.

Профессиональный стандарт относит профессию «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» к виду трудовой деятельности (группе занятий) 7223 «Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования»; вид экономической деятельности: 29 - Производство машин и оборудования.

В таблице 30 приведено описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Таблица 30 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ, входящих в профессиональный стандарт

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

Окончание таблицы 30

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

Деталь, рассматриваемая в выпускной квалификационной работе, может быть отнесена к деталям средней степени сложности, поэтому далее проанализируем первую обобщенную трудовую функцию из таблицы 30. Анализ указанной обобщенной трудовой функции приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Анализ обобщенной трудовой функции «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»

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 (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				

Окончание таблицы 31

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

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», который анализируется в следующем подразделе.

В выпускной квалификационной работе рассматривается деталь средней 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.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Министерства общего и профессионального образования А 300783 рег.№3481 от 19.01.2010 г.

По согласованию с руководством предприятия и центра ДПО, тематический план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в рамках учебного центра 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 – наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2 разряда. Уровень квалификации оператора после повышения квалификации – 4 разряд. Тематический план переподготовки и повышения квалификации 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	6
2	Общие сведения о материалах	2
3	Основы резания металлов и технологии машиностроения	6
4	Программирование процесса обработки деталей на станках с ЧПУ	12
5	Наладка обрабатывающих центров с программным управлением	10
6	Производственное обучение	40
7	Квалификационный экзамен	4
Итого:		80

Ниже приведен рисунок 19, иллюстрирующий соотношение разделов тематического плана и формируемых трудовых действий.

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

- учебные кабинеты, лаборатории, компьютерные классы;

- высокотехнологичное современное оборудование в цехах предприятия, привлекаемое к учебному процессу в соответствии с порядком использования производственного и технологического оборудования предприятия в образовательном процессе;

- учебно-методический кабинет,
- техническая библиотека, читальный зал;
- кабинеты для сотрудников и помещение для преподавателей;
- бытовые и другие помещения.

Все помещения оборудованы в соответствии с действующими нормативами и санитарными правилами.



Рисунок 19 – Соотношение разделов тематического плана и формируемых трудовых действий

В рамках тематического плана переподготовки и повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров

с ЧПУ» предусмотрен раздел «Программирование процесса обработки деталей на станках с ЧПУ». Рассмотрим программу этого раздела (таблица 34).

Таблица 34 – Тематический план раздела «Программирование процесса обработки деталей на станках с ЧПУ»

Название темы	Количество часов		
	Теоретическое обучение	Практическое обучение	Всего
Общие сведения о программировании, программах и программном коде	2		2
Типы систем ЧПУ. Схема построения систем ЧПУ	2		2
Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ	2	2	4
Программирование фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ	2	2	4
ИТОГО:	8	4	12

Из программы выбираем тему теоретического занятия «Общие сведения о программировании, программах и программном коде». Проведем ее анализ. Данная 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.

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

В рамках работы разработаем занятие 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	<i>Дидактические:</i> сформировать у учащихся знания принципов программирования процесса обработки деталей на станках с ЧПУ, о программном коде и структуре управляющих программ <i>Воспитательные:</i> - воспитать бережное отношение к инструменту и оборудованию <i>Развивающие:</i> - развить целеустремленность и волю при выполнении запланированной работы	Рассказ, беседа, демонстрация презентации, самостоятельная работа по изучению презентации, самостоятельная работа по заполнению рабочей тетради	- Компьютерная презентация; - Программа-тренажер; - Персональные компьютеры

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 со слайда № 1 тему урока	5 минут

Окончание таблицы 36

1	2	3	4
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 «Управляющая программа», осей и возможностей станков с ЧПУ	Отвечают на вопросы. Актуализируют опорные знания. Сравнивают свои ответы с определением	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	Выдаёт 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 вопросы	10 минут

В рамках выпускной квалификационной работы разработаем план-конспект урока теоретического обучения по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде».

1. Организационная часть

Здравствуйте 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:

- а) Общие сведения о программировании.
- б) Оси станков с ЧПУ.
- в) Код ISO-7bit в ручном программировании.
- г) 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, облегчающих процесс разработки управляющих программ, которые позволяет 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 - это компьютеризованная система управления, управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку.

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, появившиеся первыми, предусматривали использование жестко заданных схем управления обработкой - например, задание программы с помощью штекеров или переключателей, хранение

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

программ на внешних носителях. Каких-либо устройств оперативного хранения данных 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 микроконтроллер или микропроцессор:

- микроконтроллер;
- контроллер с программируемой логикой;
- управляющий компьютер на базе микропроцессора.

Предусмотрена 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 станком - управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе (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: T10 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

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

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:

- а) ручное программирование;
- б) программирование на пульте УЧПУ;
- в) 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

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

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). Был создан компанией Electronic Industries Alliance в начале 1960-х. Финальная доработка была одобрена в феврале 1980 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

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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. (Передняя плоскость станка – сторона, с которой располагаются пульт и основные органы управления станком).

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.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 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:

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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:

а) заданием центра окружности с помощью I,J,K;

б) 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

Подготовка управляющей программы складывается из следующих этапов:

1. Корректировка чертежа изготавливаемой детали:
 - перевод размеров в плоскости обработки;
 - выбор технологической базы;
 - замена сложных траекторий дугами окружности и прямыми линиями.
2. Выбор технологических операций и переходов обработки.
3. Выбор режущего инструмента.
4. Расчет режимов резания:
 - определение скорости резания;
 - определение частоты вращения силового привода;

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

- 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.

5. Заключительная часть

Давайте подведем итог нашей работы сегодня:

1. Для чего применяется система ЧПУ?

Ответ: для программирования всех видов обработки.

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

3. Расшифруйте управляющую программу.

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

В методической части выпускной квалификационной работы проведен анализ нормативной, программной и учебной документации, разработан урок теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры.

Решены следующие задачи:

- приведено описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в НОЧУ ДПО «Институт опережающего образования»;

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

- проведен анализ профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- разработан учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- разработаны содержание и план проведения учебных занятий по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде»;
- составлен план и план-конспект учебного занятия по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде»;
- разработано методическое обеспечение учебного занятия по теме «Общие сведения о программировании, программах и программном коде» в форме презентации.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной выпускной квалификационной работы был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Стакан» в условиях серийного производства.

Для усовершенствования технологии было предложено использовать современный высокопроизводительный обрабатывающий центр с программным управлением. Это позволило сократить время механической обработки детали, уменьшить количество рабочих, привлеченных к обработке детали, с трех человек до одного.

Также была разработана управляющая программа на комплексную операцию с ЧПУ.

В экономической части выпускной квалификационной работы были определены единовременные вложения, производительность труда, доля прогрессивного оборудования. Себестоимость обработки детали по проектируемому варианту снизилась в 2,35 раза. Согласно произведенным расчетам, экономический эффект составил 485,8 тыс. руб. в год.

В методической части проекта был разработан урок теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Оформление технологической документации по дисциплине «Технология машиностроения». – Екатеринбург, ГОУ ВПО Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2009. – 41 с.

12. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. А. Панова. 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 288 с.

13. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: Учебник / Д. В. Кожевников [и др.]. – М.: Машиностроение, 2014. – 520 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63256>.

14. Сажин С. Г. Средства автоматического контроля технологических параметров [Электронный ресурс]: Учебник / С. Г. Сажин. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 368 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50683>.

15. Справочник технолога–машиностроителя: В 2 т. Т.1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 6-е изд., перераб и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с., ил.

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

17. Сысоев С. К., Сысоев А. С., Левко В. А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. Учеб. для вузов [Гриф УМО]. – М.: Лань, 2011. – 352 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/711>

18. Техничко-экономические расчёты в ВКР (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.

19. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Производство деталей машин.: Учеб. пособ. для вузов/ Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин и др.; Под ред. С. Л. Мурашкина. 2-ое изд., доп. – М.: Высшая школа, 2008. – 278 с.

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

20. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: Учеб. пособ. для вузов/ Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин и др.; Под ред. С. Л. Мурашкина. 2-ое изд., доп. – М.: Высшая школа, 2008. – 296 с.

21. Узунов Ф. В. Современные образовательные технологии [Электронный ресурс]: Учеб. пособие/ Узунов Ф. В., Узунов В. В., Узунова Н. С. - Симферополь: Университет экономики и управления, 2016. - 113 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54717.html>.

22. Эрганова Н. Е. Педагогические технологии в профессиональном обучении. – М.: Академия, 2014. – 156 с.

23. Электронный каталог «SECO», Фрезерование, 2015.

24. Электронный каталог «SECO», Обработка отверстий, 2015.

25. Электронный каталог «SECO», Токарная обработка, 2015.

26. Электронное руководство по эксплуатации Sinumerik 840D для системы многоцелевого станка.

27. Электронный ресурс – [Режим доступа]: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/35.

28. Электронный ресурс – [Режим доступа]: <http://doosan-russia.ru/pdf/puma-mx-series-english.pdf>.

29. Электронный ресурс – [Режим доступа]: <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/>.

30. Электронный ресурс – [Режим доступа]: <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833>.

31. Электронный ресурс – [Режим доступа]: <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>.

32. Электронный ресурс – [Режим доступа]: <https://institut-oo.ru>

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1. Стакан. Отливка	ДП 44.03.04.789.01	A1	1	
2. Стакан	ДП 44.03.04.789.02	A1	1	
3. Иллюстрация тех. процесса	ДП 44.03.04.789.Д01	A1	1	
4. Иллюстрация тех. процесса	ДП 44.03.04.789.Д02	A1	1	
5. Управляющая программа на операцию 005 (фрагмент)	ДП 44.03.04.789.Д03	A1	1	
6. Техничко-экономические показатели проекта	ДП 44.03.04.789.Д04	A1	1	

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Комплект слайдов (24 шт.)



Общие сведения
о программировании, программах
и программном коде



Термины

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

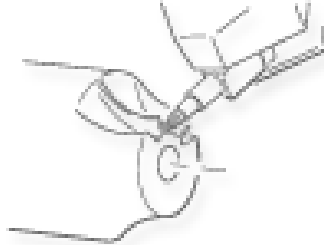


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



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](#).



smsa.ch

История ЧПУ

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](#).



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.789.ПЗ

Лист

100

**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

- **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.

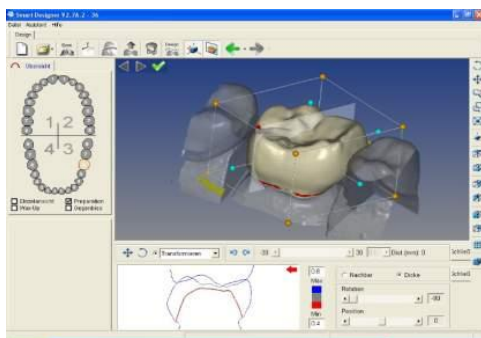
Интерполяция - получение (расчет) координат промежуточных точек траектории движения центра инструмента в плоскости или пространстве.

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

					ДП 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

Существует три метода программирования обработки для станков с ЧПУ:

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



Методы программирования обработки для станков с ЧПУ

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.

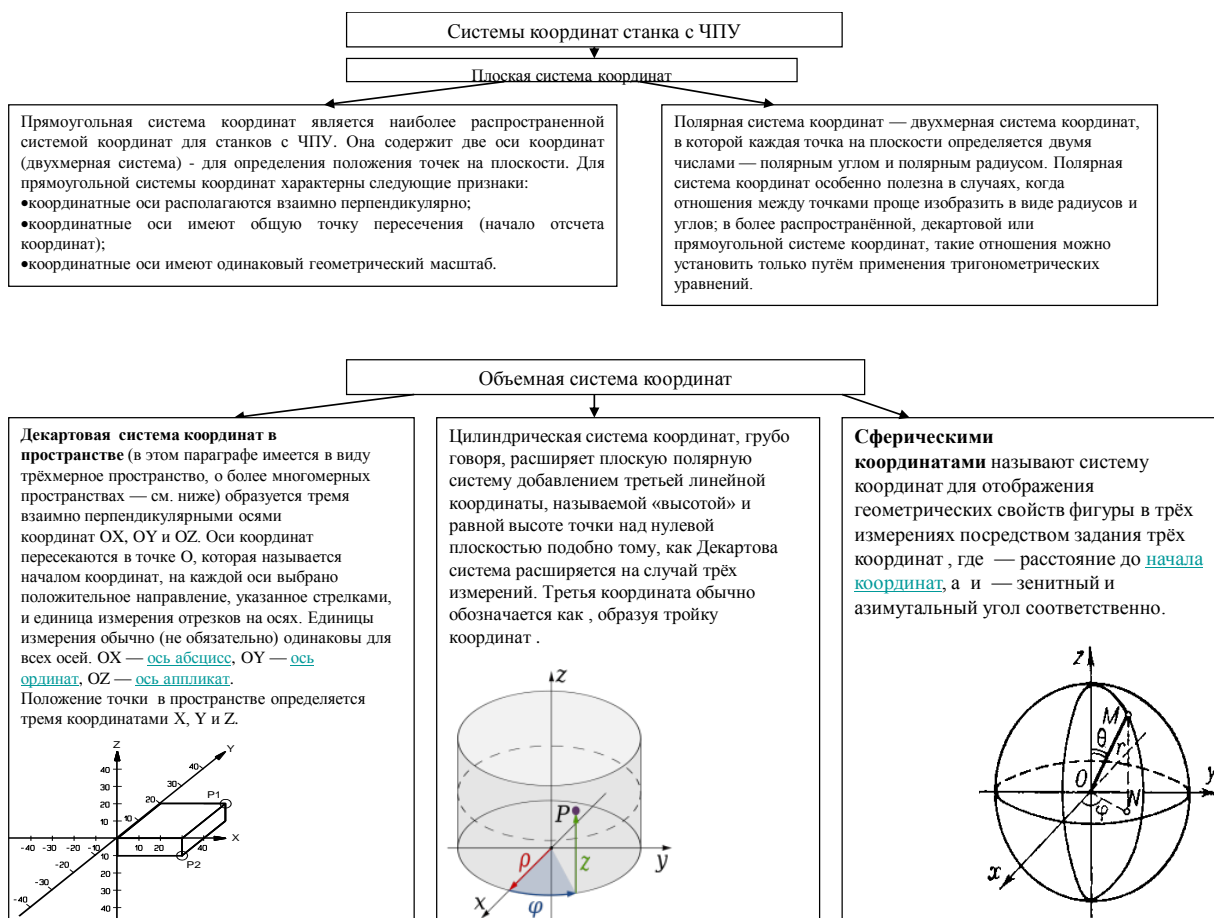
Метод программирования на пульте УЧПУ приобрел особую популярность лишь в последние годы. Это связано с техническим развитием систем ЧПУ, улучшением их интерфейса и возможностей. В этом случае, программы создаются и вводятся прямо на стойке ЧПУ, используя клавиатуру и дисплей. Современные системы ЧПУ 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 УП. 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.

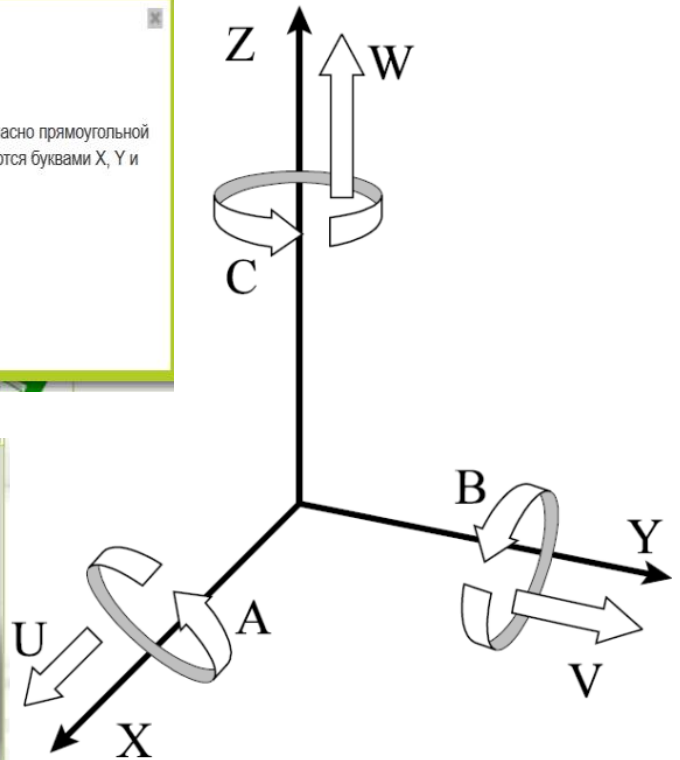
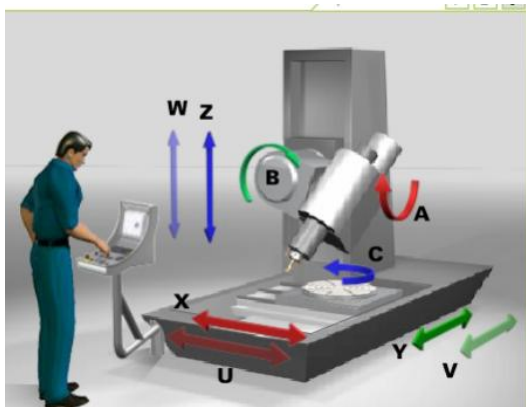
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

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.



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



- 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. (Передняя плоскость станка – сторона, с которой располагаются пульт и основные органы управления станком).
- 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.

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

Таблица 1.2 – Основные точки станка и их обозначение

Пиктограмма	Буквенное обозначение	Значение
	M	Нулевая точка станка (ноль 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

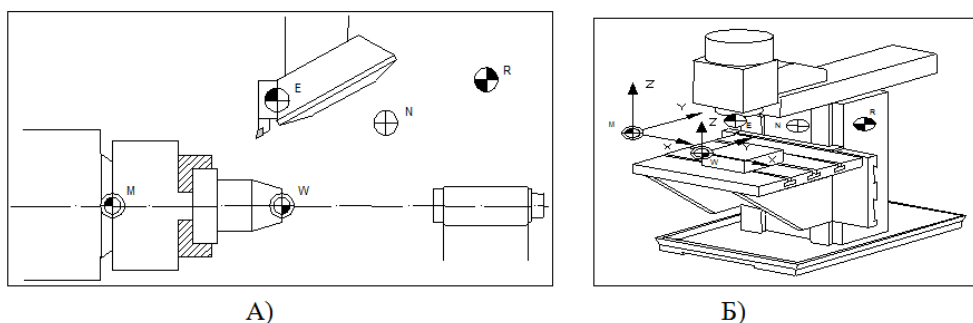


Рис. 1.17. Расположение нулевых точек на токарном (А) и на вертикально-фрезерном (Б) станке с ЧПУ

Программа состоит из кадров (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.

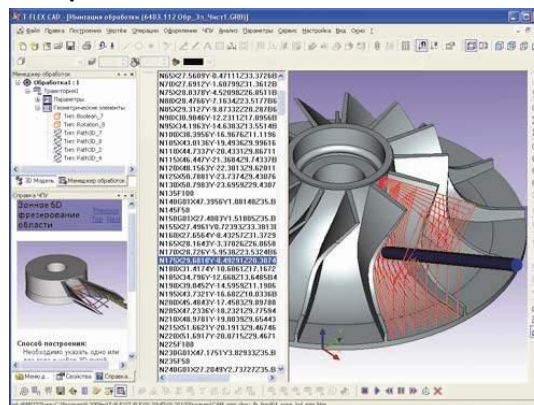
M - Вспомогательные функции.

X, Y, Z - Точки осей.

T - Номер инструмента.

S - Обороты шпинделя.

F - Подача.



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

Среди кодов M 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 M используются свободно.

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

Управление позволяет, чтобы в одно предложение написали несколько, относящихся к разным группам коды M. 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 M

6-я группа коды индексации шпинделя M

7-я группа M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99: коды управления программой

К130

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 44.03.04.789.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

М – Вспомогательные функции

Miscellaneous function

- Вспомогательные функции (или **М – коды**) программируются с помощью адресного слова **М**. Вспомогательные функции используются для управления программой и электроавтоматикой станка – включения/выключения шпинделя, охлаждающей жидкости, смены инструмента и др.
- **M00** – [программируемый останов](#)
- **M01** – [останов с подтверждением](#)
- **M02** – [конец программы](#)
- **M03** – [вращение шпинделя по часовой стрелке](#)
- **M04** – [вращение шпинделя против часовой стрелки](#)
- **M05** – [останов шпинделя](#)
- **M06** – [смена инструмента](#)
- **M07** – [включение дополнительного охлаждения](#)
- **M08** – [включение охлаждения](#)
- **M09** – [отключение охлаждения](#)
- **M30** – [останов и переход в начало управляющей программы](#)

Линейная интерполяция – G01

Linear interpolation

- 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**

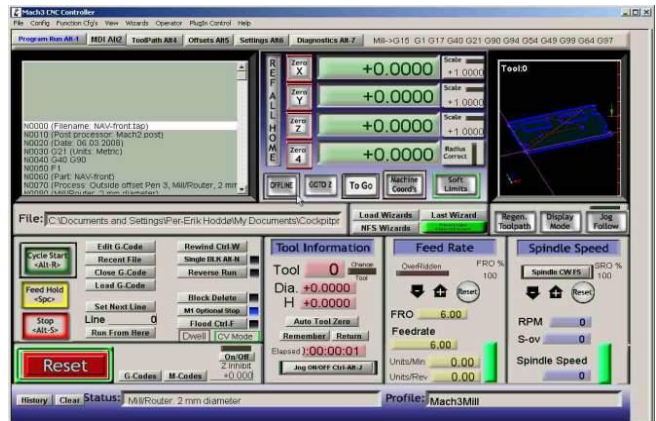


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Круговая интерполяция – G02/G03

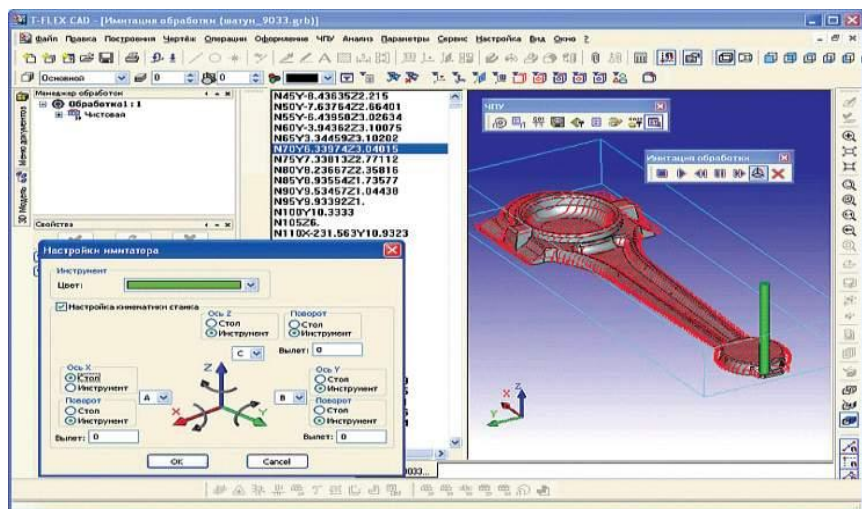
Circular / Helical interpolation

- 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

ДП 44.03.04.789.ПЗ

Дубл.	Взам.	Подл.	Л	т	и	S	п	V
							60142	005
Р								
01	4. Фрезеровать 4 площадки в размер 11.							
02	Фреза R335.10-160.03-40-12; СМП R150.10-3N-12 T350M; Штангенциркуль ГОСТ 166-89;							
03	160	42+14	2,0	4	168	464	175	
04								
05	5. Сверлить 4 отверстия 12.							
06	Сверло SD203A-17.0-40-18R1; Калибр-пробка гладкий							
07	17	17+5	8,5	4	0,37	3278	175	
08								
09	Б. Переустановить деталь							
10	Патрон 3-х кулачковый гидравлический.							
11								
12	1. Точить поверхность 9.							
13	Державка SCLCR 2020K 12; СМП ССМТ 120408 МВ TP2501; Штангенциркуль ГОСТ 166-89;							
14	90	13+5,5	3,0	1	0,30	885	250	
15								
16	2. Расточить отверстия 4 и 7 предварительно.							
17	Державка A16Q-SDQCR09; СМП ССМТ 09T308-F1 TP2501; Нутромер НИ ГОСТ 868-82; Шаблон на фаску							
18	63,5	35+5	2,0	1	0,30	1254	250	
ОК								
	4							

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

ДП 44.03.04.789.ПЗ

Лист

114

Дробл.	Взвеш.	Подл.											3				
Р	ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V									
01	3.Рассточить отверстие 4 окончательно.																
02	Державка А16Q-SDQCR09; СМП ДСМТ 09Т308-Ф1; TP2501; Диаметр НИ ГОСТ 868-82;																
03		64	35+5	0,25	1	0,09	1344	270									
04																	
05																	
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
ОК																	

Дубл.	Взам.	Подл.	Л	т	і	S	п	V
							60142	005
								4
P		ПИ	Д или В	L	t	i	S	V
01								
02								
03								
04								
05								
06								
07								
08								
09								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
OK								6

7. Сверлить 8 отверстий 15 под резьбу.

Сверло SD203A-C45-12.25-34.5-16R1; Калибр-пробка ГОСТ 14.810-69.

12.25 29+3,6 0,3 1 0,30 3510 135

8. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 15.

Метчик МТН-М14x2.0ISO6H-4C-S010; Калибр резьбовой

M14 28+2,8 0,875 1 2,0 842 37