

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «СТУПИЦА ДЛЯ ЗАПАСНОГО  
ПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ»

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

Идентификационный код ВКР: 821

Екатеринбург 2018

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

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

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «СТУПИЦА ДЛЯ ЗАПАСНОГО  
ПРИВОДА БУРОВОЙ УСТАНОВКИ»**

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

Идентификационный код ВКР: 821

Исполнитель  
студент гр. ЗТО-503

Шамсиев И. Р.

Руководитель  
ст. преподаватель

Костина О. В.

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 120 листах, содержит 17 рисунков, 24 слайда, 36 таблиц, 31 источник литературы, а также три приложения на 7 страницах.

Ключевые слова: СТУПИЦА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, ОПЕРАТОР СТАНКОВ С ЧПУ, ПЛАН УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ.

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

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

Составлена управляющая программа.

Рассчитан экономический эффект от внедрения обрабатывающего центра.

Проанализирован профессиональный стандарт и учебный план переподготовки рабочих. Разработан оптимизированный учебный план и занятие по теме «Последовательность проектирования технологических операций» и методическое обеспечение к нему.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лис</i>	<i>№</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листо</i>
Разраб.	Шамсиев						2	120
Пров.	Костина							
Н. Контр.	Суриков							
Зав. каф.	Бородина							
						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-503		

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Анализ исходных данных.....	7
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	7
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали .....	10
1.1.3. Анализ заводского технического процесса обработки детали.....	14
1.2. Выбор заготовки и метода ее получения.....	20
1.2.1. Определение типа производства .....	20
1.2.2. Выбор заготовки и методов её получения.....	23
1.2.3. Расчет припусков .....	25
1.3. Разработка технологического процесса механической обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки» .....	29
1.3.1. Выбор технологических баз.....	29
1.3.2. Выбор методов обработки поверхностей .....	30
1.3.3. Выбор средств технологического оснащения.....	32
1.3.4. Разработка технологического маршрута обработки детали.....	36
1.3.5. Выбор режущего инструмента и режимов резания.....	37
1.3.6. Расчет технических норм времен .....	44
1.3.7. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки».....	49
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	57
2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	57
2.2. Расчёт капитальных затрат.....	57
2.3. Расчет технологической себестоимости детали .....	61
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	80
3.1. Анализ требований к персоналу, обслуживающему предлагаемое оборудование .....	80

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

3.2. Анализ профессионального стандарта учебной документации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ .....	81
3.3. Сравнительный анализ учебных планов Станочника и Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ .....	86
3.4. Анализ учебного плана переподготовки Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ .....	89
3.5. Анализ содержания раздела «Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ» и перспективно-тематическое планирование учебного процесса.....	91
3.6. Разработка плана учебного занятия по теме «Последовательность проектирования технологических операций» .....	97
3.7. Конспект изложения нового материала .....	100
3.8. Разработка методического обеспечения для занятия.....	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	111
Приложение А. Лист задания по дипломному проектированию .....	114
Приложение Б. Перечень листов графических документов.....	116
Приложение В. Комплект технологической документации.....	117

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного машиностроения претерпевает фундаментальные изменения с новым, качественно отливающимся этапом автоматизации машиностроительного производства.

Автоматизация в машиностроении в первой половине XX века касалась в основном массового производства, и только с появлением в 50-х годах станков с числовым программным управлением автоматизация стала развиваться в единичном, мелко- и среднесерийном производстве.

Однако в этих производствах автоматизация не дала пока такого эффекта, как в массовом производстве, ни по повышению производительности труда, ни по снижению себестоимости. А вместе с тем более 80% всей продукции выпускается именно в серийном, мелкосерийном и единичным производстве.

Доля серийного и мелкосерийного производств непрерывно растет в связи с более быстрым устареванием и сменяемостью выпускаемой продукции.

Эта тенденция ограничивает возможности автоматизации массового производства на базе автоматической линий. Автоматическая линия, предназначенная для выпуска одного фиксированного для нее изделия, перестала быть прогрессивным средством производства, поскольку сдерживает переход на выпуск новых, более современных изделий.

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

Целью ВКР является совершенствование технологического процесса изготовления детали «Ступица для запасного привода буровой установки» с использованием современного режущего инструмента и оборудования с ЧПУ

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

(обрабатывающий центр) для повышения эффективности обработки.

Цель ВКР определяет следующие задачи:

- анализ технологичности детали;
- анализ заводского тех. процесса;
- выбор современного оборудования и режущего инструмента;
- разработка операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- экономическое обоснование проекта;
- анализ профессионального стандарта учебной документации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- разработка плана учебного занятия по теме «Последовательность проектирования технологических операций»;
- конспект изложения нового материала;
- разработка методического обеспечения для урока.

В усовершенствованном технологическом процессе предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный высокопроизводительный инструмент, что обеспечит высокое качество обработки изготавливаемой детали.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Анализ исходных данных

К основным источникам исходных данных относятся: рабочий чертёж детали «Ступица для запасного привода буровой установки», рабочий чертеж заготовки детали, годовая программа выпуска.

Для модернизации технологического процесса необходимы данные имеющиеся в справочниках и нормативах машиностроения, тип производства – предположительно среднесерийный.

### 1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Ступица для запасного привода буровой установки» – относится к телам вращения типа фланец.

Деталь «Ступица для запасного привода буровой установки» предназначена для передачи крутящего момента с силовой установки на резервный привод буровой лебедки ЛБУ-1500 ЭТ-3.

Буровые лебедки серии ЭТ - современный размерный ряд лебедок грузоподъемностью от 200 до 500 тонн - обеспечивают эффективность спускоподъемных операций и бурения. Уникальная конструкция лебедок серии ЭТ позволяет отказаться от традиционных конструктивных элементов: цепной передачи, шинно-пневматических муфт, электромагнитного или гидродинамического тормоза, ленточного тормоза и рукоятки управления тормозом.

Конструктивные особенности и преимущества:

- рама лебедки и корпус зубчатой трансмиссии размещены на единой сварной металлоконструкции;
- подъемный вал лебедки и выходной вал зубчатой трансмиссии объединены в один узел;
- зубчатая трансмиссия лебедки позволяет получить на подъемном валу "тихую" и "быструю" скорости.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

На рисунке 1 представлен узел привода лебедки, в котором используется деталь «Ступица для запасного привода буровой установки».



Рисунок 1 – Узел привода лебедки запасного привода буровой установки

Внутренним зубчатым венцом деталь сопрягается с зубчатым колесом трансмиссии буровой лебедки. Отверстие  $\text{Ø}315\text{H}8$  предназначено для центровки карданного вала, а отверстия  $\text{Ø}17\text{H}9$  предназначены для крепления ступицы к фланцу карданного вала. Резьбовое отверстие  $\text{Rc}3/8'$  предназначено для установки пробки.

Деталь изготавливается из конструкционной, легированной стали марки 40X ГОСТ 4543-71.

Сталь 40X широко распространена в машиностроении из неё изготавливают оси, валы, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы,

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

кольца, шпиндели, оправки, рейки, кулачки, зубчатые венцы, болты, полуоси, пиноли и другие детали повышенной прочности.

На рисунке 2 представлена фотография детали «Ступица для запасного привода буровой установки».



Рисунок 2 – Фотография детали «Ступица для запасного привода буровой установки»

В таблице 1 приведен химический состав данной стали, а в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 - Химический состав стали 40Х (ГОСТ 4543 – 71) [19]

С	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu
			не более	не более			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,035	до 0,3	0,8-1,1	до 0,30

Таблица 2 - Механические свойства стали 40Х (ГОСТ 4543 – 71) [19]

$\sigma_T$ МПа	$\sigma_B$ МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	$\alpha$ Дж/см <sup>2</sup>
785	980	10	45	36

Технологические свойства стали 40Х:

- температура ковки С° начала 1250, конца 800, сечения до 400мм охлаждаются на воздухе;
- свариваемость – трудносвариваемая;
- флокеночувствительность – чувствительна;
- склонность к отпускной хрупкости – склонна.

Применяемый материал для изготовления детали «Ступица для запасного привода буровой установки» конструкционная, легированная сталь 40Х, хорошо обрабатывается резанием и обработкой давлением, соответствует назначению детали, так как эта сталь имеет повышенную прочность.

Расшифровка марки стали 40Х: цифра 40 означает, что это конструкционная сталь и в среднем в марке содержится 0,40% углерода, буква Х означает содержание хрома в среднем 1%, а остальные примеси незначительны [19].

Данная сталь оптимально подходит для изготовления детали «Ступица для запасного привода буровой установки».

### **1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали**

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

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный [6].

#### *Качественная оценка технологичности детали*

Обработка стали 40Х не вызывает особой трудности и производится стандартными инструментами.

Конфигурация детали и материал, из которого она изготовлена, позволяет применять наиболее прогрессивные заготовки, сокращающие

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- Обеспечить позиционный допуск отверстий  $\varnothing 17H9$  в пределах 1мм на диаметр.
- Обеспечить допуск срезания зубьев зубчатого венца К с  $\varnothing 264$  до  $\varnothing 266,5$ мм.
- Обеспечить маркировку заказа и обозначение в соответствии с п. 5 ТТ чертежа.

*Количественная оценка технологичности детали*

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведём в таблицы 3 и 4:

где  $T_i$  – квалитеты;

$Ш_i$  – значение параметра шероховатости;

$n_i$  – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

Определим коэффициент точности по [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$	$T_i$	$n_i$	$T_i \cdot n_i$
7	7	49	9	8	72
8	2	16	14	24	336

$$\Sigma n_i = 41; \quad \Sigma T_i \cdot n_i = 473$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{473}{41} = 11,54$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,54} = 0,913$$

Чем выше показатель  $K_{Тч}$ , тем более технологична деталь.

Так как  $K_{Тч}=0,913 > K_{Т}^{норм}=0,85$ , как видно из расчетов коэффициента точности больше 0,85, следовательно, данная деталь технологична и обеспечение точности обрабатываемых поверхностей не представляет сложностей.

Определение коэффициента шероховатости по [1, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	$n_i$	$Ш_i \cdot n_i$	$Ш_i$	$n_i$	$Ш_i \cdot n_i$
3,2	10	32	12,5	3	37,5
6,3	23	144,9			

$$\sum n_i = 36; \quad \sum Ш_i \cdot n_i = 214,4$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{214,4}{36} = 5,956$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5,956} = 0,168.$$

Чем больше  $K_{ш}$ , тем сложнее изготовление детали, т. к.  $K_{ш}=0,168 < 0,32$ , то деталь по данному показателю технологична. Обеспечение шероховатости поверхностей не представляет трудности.

Коэффициент использования материала [6, с. 29]:

$$K_M = \frac{m_{ДЕТ}}{m_{ЗАГ}} = \frac{94,2}{270} = 0,345$$

Низкий коэффициент использования материала говорит о том, что предлагаемый вариант получения заготовки не оптимален (прокат круглый), его следует заменить на другой вид, с учетом типа производства (например - штамповка).

### **1.1.3. Анализ заводского технического процесса обработки детали**

#### *Характеристика технологического процесса*

По признакам технологический процесс относят:

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

#### *Анализ методов обработки поверхностей*

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от служебного назначения детали. На рисунке 3 укажем обрабатываемые поверхности и проанализируем методы их обработки. Проанализируем МОП с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 5.

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 6.

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

#### *Анализ маршрута обработки*

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

#### *Анализ станочных операций*

Проанализируем операцию 015 Токарно-винторезную и 035 Радиально-сверлильную, а результаты занесем в таблицу 7.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблица 5 - Сравнение МОП

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП в М.К.	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шероховатость	
1	2	3	4	5	6	7	8
1, 6, 14, 16	Цилиндрическая поверхность	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
2, 15	Канавка	14	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
3, 8	Отверстие	14	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...3,2	Соответствует
4	Резьбовое отверстие	-	6,3	Сверление, нарезание резьбы	6Н...8Н	3,2...6,3	Соответствует
5	Отверстие	7	3,2	Точение черновое, чистовое, тонкое	6...8	1,6...3,2	Соответствует
7	Отверстие	6	3,2	Точение черновое, чистовое	8...9	3,2...6,3	Соответствует

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
9, 10, 11, 12	Горцевая поверхность	14	6,3	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
13, 17	Зубчатая поверхность	8	6,3	Долбление черновое и чистовое	7...8	3,2...6,3	Соответствует
18	Отверстие	9	3,2	Сверление, зенкерование	8...9	3,2...6,3	Соответствует
19	Резьбовое отверстие	7Н	6,3	Сверление, нарезание резьбы	6Н...8Н	3,2...6,3	Соответствует

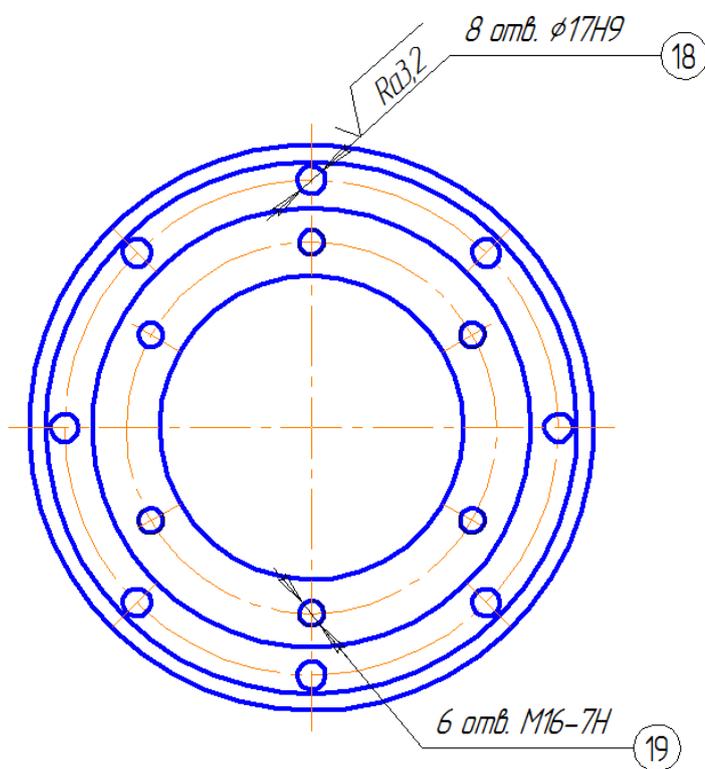
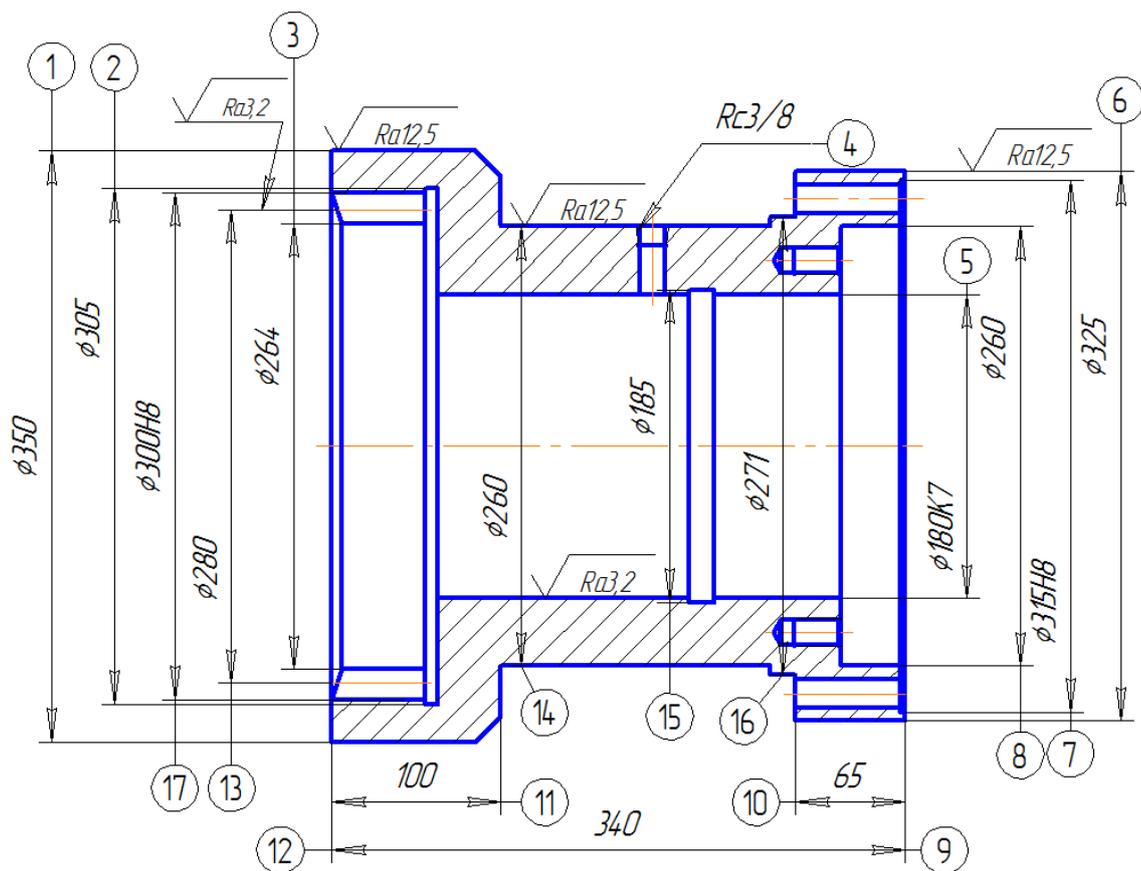


Рисунок 3 – Эскиз детали «Ступица для запасного привода буровой установки»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.821.ПЗ

Лист

17

Таблица 6 - Технологические базы в станочных операциях базовой технологии

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
010	Токарно-винторезная Сверлить и расточить предварительно отв. 5. Точить в размер поверхности 6, 8, 9, 10, 16	Поверхность 1 и торец 12.	
015	Токарно-винторезная Точить в размер поверхности 5, 7, 15.	Поверхность 1 и торец 12.	
020	Токарно-винторезная Точить в размер поверхности 1, 3, 11, 12, 17 и фаски.	Поверхность 6 и торец 9.	
030	Радиально-сверлильная Сверлить предварительно 8 отверстий 18		Отверстие 5 и торец 9.
035	Радиально-сверлильная Зенкеровать 8 отверстий 18		Отверстие 5 и торец 9.
040	Радиально-сверлильная Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 4 и 19.		Отверстие 5 и торец 9.
045	Зубодолбежная Нарезать зубья пов. 13, 17.		Отверстие 5 и торец 9.

Таблица 7 - Анализ станочных операций

№ операции	Наименование и содержание операции	Структура операции				Технологическая база	Способ установки и закрепления	Модель станка	Схема построения операции
		Кол-во установок	Кол-во позиций	Кол-во переходов	Кол-во ходов				
015	Токарно-винторезная Точить в размер поверхности 5, 7, 15	1	-	3	5	Поверхность 1 и торец 12.	Патрон 3-х кулачковый	ТВ-80	Одноместная, одноинструментальная последовательная обработка
035	Сверлильная Зенкеровать 8 отверстий 18	1	-	1	8	Отверстие 7 и торец 9.	Кондуктор	СР-100	Одноместная, одноинструментальная последовательная обработка

## Выводы:

При рассмотрении заводского технологического процесса выявлены следующие недостатки:

- в процессе производства задействовано большая группа оборудования различного назначения, что приводит к увеличению длительности технологического цикла изготовления, возникновению межоперационного пролеживания и увеличивает себестоимость производства изделия;
- применение специализированных приспособлений с ручным зажимом, что увеличивает вспомогательное время;
- большое количество установов, что значительно влияет на точность взаимного расположения поверхностей.

Принятые шаги к совершенствованию технологического процесса и устранения недостатков:

- применение многооперационного оборудования, что приведет к сокращению вспомогательного времени, увеличения доли машинного времени, сокращению количества установов и как следствие сокращение цикла производства, сокращение количества оборудования участвующего в процессе производства;
- применение специализированных приспособлений с пневматическим зажимом, значительно сократит вспомогательное время на операцию.

## 1.2. Выбор заготовки и метода её изготовления

### 1.2.1. 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

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

среднесерийное.....св. 10 до 20

мелкосерийное.....св. 20 до 40

Единичное..... св. 40

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

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

При массе детали  $m_{дет}=94,2$  кг и годовой программе выпуска  $N=1300$  шт., примем тип производства - среднесерийное.

Определим тип производства по коэффициенту закрепления операций  $K_{з.о.}$ .

Коэффициентом закрепления операций  $K_{з.о.}$  определяемого по формуле [6, с. 33]:

$$K_{з.о.} = \sum O / \sum P, \quad (1)$$

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

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

Годовая программа выпуска  $N=1300$  шт.

Располагая данными о штучном времени, определим количество станков по [6, с. 33]:

$$m_p = N \cdot T_{шт} / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}), \quad (2)$$

где  $F_d$  - годовой фонд времени при 2-х сменной работе оборудования, равен  $F_d=5378$  ч.;

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

Установим число рабочих мест  $P$  округляя в большую сторону  $m_p$

Определим фактический коэффициент загрузки  $\eta_{з.ф}$  по [6, с. 33]:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P \quad (3)$$

Количество операций по формуле [6, с. 33]:

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф.} \quad (4)$$

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

$$m_p = 1300 \cdot 56,41 / (60 \cdot 5378 \cdot 0,85) = 0,27; \text{ приму } P=1;$$

$$\eta_{з.ф.} = 0,27 / 1 = 0,27; O = 0,75 / 0,27 = 2,78, \text{ примем } O=3.$$

Тогда:

$$K_{з.о.} = 3 / 1 = 3, \text{ что соответствует крупносерийному типу производств.}$$

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска. В зависимости от объема выпуска изделий серийное производство делится на: мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

Широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с ЧПУ. Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, повышается производительность, и время изготовления детали уменьшаются. Оборудование располагается по ходу технологического процесса. В серийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированный.

Квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (5)$$

где  $a$  – периодичность поступления заготовок, примем  $a=6$  дней [6, с. 33].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1300 \cdot 6}{254} = 31 \text{ шт.}$$

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.821.ПЗ				

## 1.2.2. Выбор заготовки и методов её получения

Исходные данные:

- масса детали 94,2 кг;
- габариты детали:  $\varnothing 350 \times 340$  мм.
- материал – сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ( $\sigma_B = 980$  МПа);
- годовое число деталей 1300 шт.

Для изготовления деталей машиностроительные предприятия используют различные виды проката черных и цветных металлов, стальные слитки, чугун, алюминий, порошковые металлургические материалы и пр. При избранном конструктором материале детали возможны различные пути превращения полуфабриката в готовую деталь. Чем короче будет путь такого превращения, тем более экономичным оказывается технологический процесс изготовления детали. Поэтому при разработке технологического процесса, прежде всего, необходимо оценить возможность изготовления детали непосредственно из полуфабриката.

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

В современном машиностроении для получения заготовок деталей используют разнообразные технологические процессы [3], [18]:

- способы литья (в землю, в опоках, кокильное, центробежное, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, под давлением и др.);
- способы пластического деформирования металлов (свободная ковка, ковка в подкладных штампах, штамповка на молотах и прессах, периодический и поперечный прокат, высадка, выдавливание и др.);

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- резка;
- комбинированные способы штамповки – сварки, литья – сварки;
- порошковая металлургия и пр.

Главными факторами, от которых зависит выбор технологического процесса получения заготовки, являются следующие [3], [18]:

- конструктивные формы готовой детали;
- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;
- размеры и масса заготовки;
- количественный выпуск деталей в единицу времени и объемы партий;
- стоимость полуфабриката, используемого для получения заготовки;
- себестоимость заготовки, полученной выбранным способом;
- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Учитывая заданный материал – сталь 40Х, требуемой точностью изготовления заготовки - для данной детали «Ступица» мы выбираем способ получения заготовки – штамповка на горизонтально- ковочной машине.

С целью повышения точности размеров и улучшению качества поверхностей применяют полугорячую штамповку, при которой ограничено окалинообразование. Стойкость пуансонов на ГКМ 8-10 тысяч штук.

При годовой программе выпуска N=1300 деталей потребуется один комплект пуансонов. Данный способ получения заготовок соответствует серийному типу производства, дает высокую производительность труда, отвечает нормам безопасности.

*Определим исходный индекс заготовки*

Определим массу детали по формуле [6, с. 33]:

$$m_d = V_{\text{общ}} \cdot \rho, \quad (6)$$

где  $V_{\text{общ}}$  – общий объём детали, мм<sup>3</sup>  $V_i = \frac{\pi \cdot d_i}{4} \cdot l_i$ ;

$\rho$  – удельный вес материала, для стали 40Х  $\rho=0,0781\text{г/мм}^3$ .

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Тогда:

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - V_5 - V_6 - V_7 - 8 \cdot V_8 - 6 \cdot V_9 = \frac{3,14 \cdot 350^2}{4} \cdot 100 + \frac{3,14 \cdot 260^2}{4} \cdot 160 + \frac{3,14 \cdot 271^2}{4} \cdot 15 + \\ + \frac{3,14 \cdot 325^2}{4} \cdot 65 - \frac{3,14 \cdot 280^2}{4} \cdot 63 - \frac{3,14 \cdot 180^2}{4} \cdot 242 - \frac{3,14 \cdot 260^2}{4} \cdot 35 - 8 \cdot \frac{3,14 \cdot 17^2}{4} \cdot 65 - 6 \cdot \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} \cdot 36 = \\ = 12367757,4 \text{ мм}^3 \\ m_d = 12367757,4 \cdot 0,00781 = 94200 \text{ г} = 94,2 \text{ кг}$$

Масса заготовки  $m_3 = 125,6$  кг. По содержанию легирующих элементов сталь 40X относится к группе сталей М1. По соотношению объёма детали к объёму элементарной фигуры в которую вписывается наша деталь  $V_{\text{дет}}/V_{\text{заг}} = 12367757,4/32695250 = 0,378$  степень сложности С2. Класс точности поковки Т4. При массе заготовке 125,6 кг исходный индекс заготовки равен 17.

### 1.2.3. Расчет припусков

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

#### Расчет припусков аналитическим методом

Заготовка – штамповка на ГКМ.

Материал – сталь 40X ГОСТ 4543-71.

Масса заготовки  $m_3 = 125,6$  кг.

Определим припуск на размер отверстия  $\varnothing 180\text{K}7 \begin{smallmatrix} +0,012 \\ -0,028 \end{smallmatrix}$ .

Технологический маршрут обработки поверхности  $\varnothing 180\text{K}7 \begin{smallmatrix} +0,012 \\ -0,028 \end{smallmatrix}$ :

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

Определим элементы припуска [1, с. 186 табл.12; с. 188 табл. 25] и занесем их в таблицу 9.

Определим пространственные отклонения заготовки [2, с. 67 табл. 4.7]:

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

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

где  $\rho_{см}$  - смещение поверхностей, примем 2,6мм;

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

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 239 = 0,120 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2,6^2 + 0,120^2} \approx 2,6 \text{ мм} = 2600 \text{ мкм}$$

Остаточные пространственные отклонения [2, с. 37]:

- после черного растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2600 = 130 \text{ мкм}$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2600 = 52 \text{ мкм}$$

Погрешность установки определим по [2, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 9.

Расчетный минимальный припуск определим по формуле и занесем в таблицу 9.

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

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

Графу  $D_{min}$  получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска перехода.

Графу  $D_{max}$  определим путем сложения допусков к минимальным размерам  $D_{min}$ .

Результаты занесем в таблицу 9.

Определим минимальные значения припусков по формуле [2]:

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

Максимальные значения припусков определим по формуле [2]:

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

Результаты вычислений занесем в таблицу 9.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{ном}} = 2 \cdot Z_{\text{о min}} + \frac{\delta_3}{2} - \delta_3 = 3,912 + \frac{5,0}{2} - 0,04 = 6,372 \text{ мм}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле [2]:

$$Z_{\text{max } i}^{\text{np}} - Z_{\text{min } i}^{\text{np}} = \delta_{i-1} - \delta_i$$

$$8,0 - 3,4 = 5,0 - 0,4 = 4,6 \text{ мм.}$$

$$0,60 - 0,30 = 0,40 - 0,10 = 0,30 \text{ мм.}$$

$$0,272 - 0,212 = 0,10 - 0,04 = 0,06 \text{ мм.}$$

На рисунке 4 изобразим графическую схему припусков и допусков.

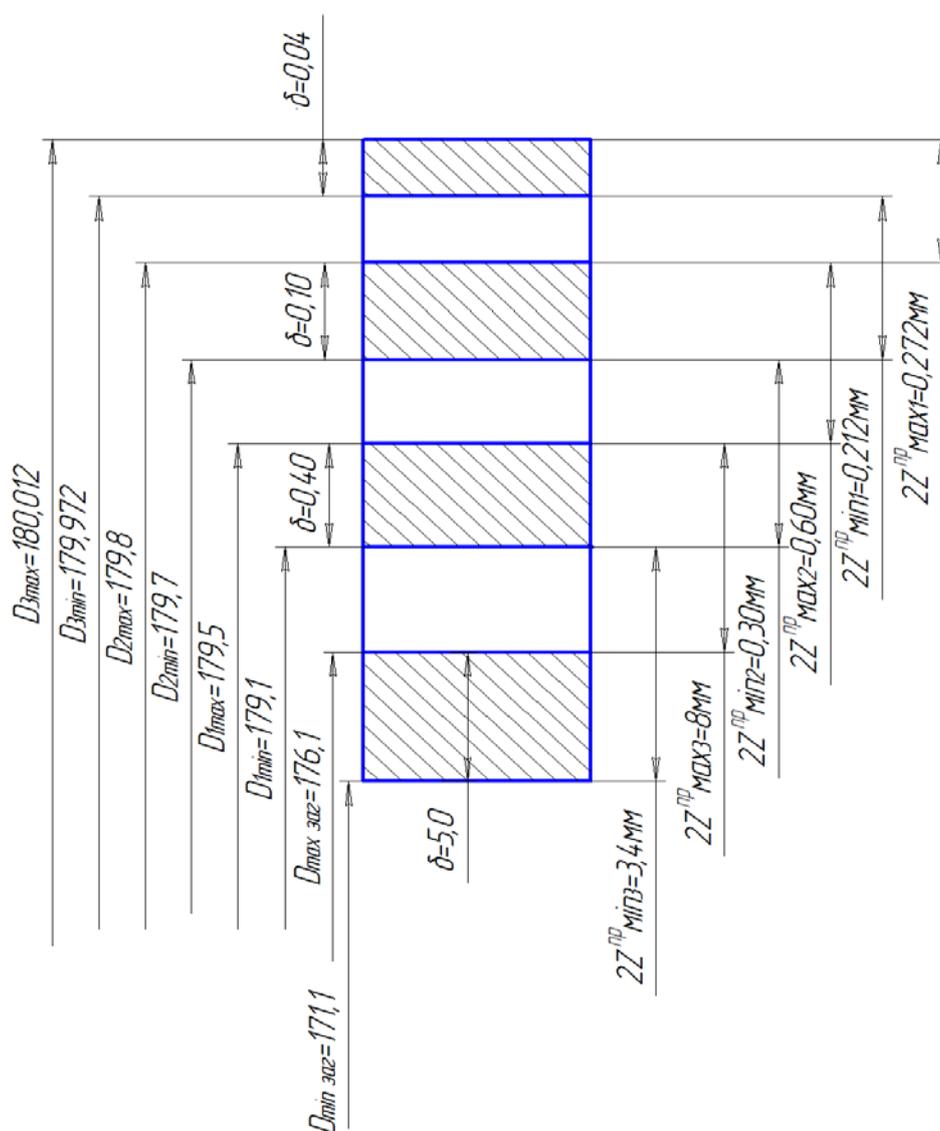


Рисунок 4 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия  $\text{Ø}180\text{K}7 \begin{matrix} +0,012 \\ -0,028 \end{matrix}$

Таблица 9 - Расчет припусков и допусков на  $\varnothing 180K7^{(+0,012}_{-0,028)}$

Технологические переходы обработки отверстия $\varnothing 180K7^{(+0,012}_{-0,028)}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Расчетный размер $D_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мм	
	$R_z$	$h$	$\rho$	$\epsilon$				$D_{\min}^{np}$	$D_{\max}^{np}$	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	2600			172,822	5,0	171,1	176,1		
Черновое расточивание	50	50	130	150	2·3104	179,130	0,400	179,1	179,5	3,40	8,0
Чистовое расточивание	25	25	52	150	2·299	179,728	0,100	179,7	179,8	0,30	0,60
Тонкое растачивание	12	12		50	2·122	179,972	0,04	179,972	180,012	0,212	0,272



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

Чистовое базирование представлено на рисунке 6.

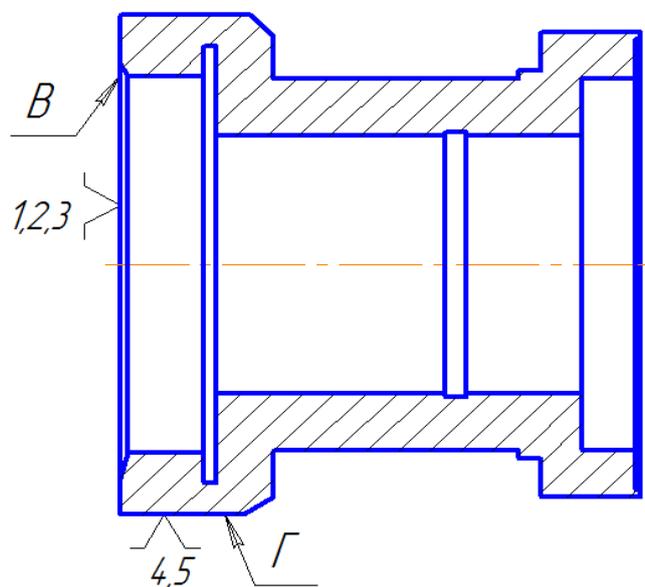


Рисунок 6 – Чистовые базы

### 1.3.2. Выбор методов обработки поверхностей

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]:

- поверхности 1, 6, 9, 10, 11, 12, 14 и 16: точение однократное;
- поверхности 2 и 15: точение однократное;
- отверстия 3 и 8: растачивание однократное;
- отверстие 7: растачивание черновое и чистовое;
- поверхности 13 и 17: зубообработка предварительная и окончательная;
- отверстия 4 и 19: сверление и нарезание резьбы;
- отверстия 18: сверление и зенкерование.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 1.3.3. Выбор средств технологического оснащения

#### *Средства технологического оснащения*

К средствам технологического оснащения относятся: технологическое оборудование; технологическая оснастка (в том числе инструменты и средства контроля); приспособление, средства механизации и автоматизации технологических процессов [6, с. 77].

#### *Выбор оборудования*

В связи с увеличением производственной программы выпуска деталей «Ступица для запасного привода буровой установки» с 610 шт. до 1300 шт. в год поставлена задача о переводе обработки детали с универсального оборудования на станок с ЧПУ, что соответствует серийному производству и позволит предприятию справиться с задачей годового увеличения выпускаемых изделий.

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

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

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

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

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

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

Для изготовления детали «Ступица для запасного привода буровой установки» выбираем следующее оборудование: токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DOOSAN PUMA 480M (про-во Ю. Корея).

На рисунке 8 представлен ОЦ с ЧПУ PUMA 480M.



Рисунок 8 - Токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DOOSAN PUMA 480M

Следующие характеристики делают эту модель лидером в своём классе:

-станина с углом наклона направляющих  $60^\circ$  для максимально эффективного отвода стружки в условиях максимальной производительности;

-два высокомоментных токарных шпинделя (22 кВт/700 Нм), оснащённых двигателями типа «Built-in» (встроенные в главный шпиндель и контр-шпиндель);

-автоматический магазин инструмента для фрезерного шпинделя на 40 позиций (в стандартной комплектации) опционально может быть увеличен

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

до 80 позиций;

-двигатель фрезерного шпинделя типа «Built-in» (встроенный в поворотную фрезерную головку) с мощностью 18,5 кВт и увеличенной максимальной скоростью до 12000 об/мин позволяет выполнять фрезерные операции любой сложности, что обеспечивается поворотом фрезерной головки на 120° и увеличенным перемещением по оси Y до 115 мм;

-токарно-револьверная головка с возможностью установки приводного фрезерного инструмента.

Одна из интересных особенностей конструкции этой модели — отсутствие передаточной трансмиссии шпинделей. Модель PUMA 480M оснащена современными мотор-шпинделями типа «Built-in» (встроенные непосредственно в шпиндельный узел). Отсутствие ременного привода позволяет не только выиграть в КПД и в отсутствии вибраций шпинделя, но также обеспечивает более длительный срок эксплуатации шпинделя в условиях непрерывного графика эксплуатации. Для повышения термической стабильности левый и правый шпиндели оснащены системой масляного охлаждения.

Всё это, в комплексе с возможностью оснащения обрабатывающего центра PUMA 480M системами загрузки/выгрузки «Gantry loader» (портального типа) и «Bar feeder» (подача прутка), делает возможным осуществление полной 6-сторонней обработки тел вращения в полностью автоматическом режиме, с непревзойдённой производительностью и высочайшей точностью обработанных деталей. Для обеспечения прецизионной точности обрабатываемых деталей в условиях массового производства (непрерывный график работы оборудования, коэффициент использования оборудования 0.9-0.95, повышенные режимы резания, частые переходы от черновой обработки к чистовой) модели серии PUMA 480M оснащаются системами обратной связи с датчиками линейных перемещений (измерительными линейками) «HEIDENHAIN» (Германия).

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При этом кинематические и термические изменения, а также влияние нагрузки в процессе обработки определяются линейными датчиками и учитываются в контуре управления, что позволяет достигать высочайшей точности позиционирования станка: до 3 мкм.

**Стандартная комплектация:**

Педаль управления патроном;  
Блокировка передней двери защитного ограждения;  
Система подачи СОЖ с поддоном для стружки;  
Полная защита от разбрызгивания СОЖ и разлёта стружки;  
Комплект ручного инструмента (включая мелкий инструмент для обслуживания);

Выравнивающие винты и плиты;

Руководство по работе и обслуживанию станка;

Предупреждающие таблички по технике безопасности;

Освещение рабочей зоны;

Стандартный комплект держателей инструмента;

Устройство централизованной смазки.

**Дополнительные принадлежности и опции:**

Комплекты кулачков (каленные или "сырые");

Дополнительно держатели инструментов и приводные блоки;

Системы подачи СОЖ под высоким давлением;

Системы автоматической выгрузки/загрузки деталей;

Системы активного контроля и размерной привязки инструмента;

Системы сдува/смыва/удаления/транспортировки стружки;

Встроенный графический редактор;

Мониторинг нагрузки на инструмент;

Опции системы ЧПУ;

Гидравлические самоцентрирующиеся люнеты;

Программные опции.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

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

#### 1.3.4. Разработка технологического маршрута обработки детали

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

Разработанный технологический процесс: маршрут обработки детали, выбор оборудования показано в таблице 10.

Таблица 10 – Проектный вариант обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки»

№ опер	Содержание операции	Оборудование
005	<p style="text-align: center;"><u>Установ А</u></p> <p>Точить в размер поверхности 1, 12 и фаски. Точить фаску и поверхность 14. Точить торец 11. Расточить отв. 5 предварительно, расточить отверстие 3 и фаску. Точить канавку 2.</p>	PUMA 480M
005	<p style="text-align: center;"><u>Установ Б</u></p> <p>Точить в размер поверхности 6, 9. Точить поверхности 10, 16. Расточить отверстия 5, 7, 8. Точить канавку 15. Сверлить 8 отв. 18. Сверлить и нарезать резьбу в отв. 19. Сверлить и нарезать резьбу в отв. 4.</p>	PUMA 480M
010	<p>Зубодолбежная Нарезать зубья пов. 13, 17.</p>	Maag

### 1.3.5. Выбор режущего инструмента и режимов резания

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «Sandvik Coromant» [15, 16, 17]. Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «Sandvik Coromant».

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

Сталь 40Х относится к группе материалов – P2.2 [15, с. 1215].

#### Операция 005 Комплексная с ЧПУ

##### Установ А

Переход 1. Точить торец 12, поверхность 1.

Державка для наружного точения PCLNL 2020K 12HP [15, с. 184], где обозначено: P – способ крепления СМП (прижим рычагом через отверстие), C – форма пластины (ромб 80°), L – главный угол в плане (95°), N – задний угол пластины (0°), L – направление резания (левое), 20 – высота державки (20мм), 20 – ширина державки (20мм), K – длина державки (125мм), 12 – размер пластины (12мм), HP – обозначение изготовителя [15, с. 1231] (рис. 9).

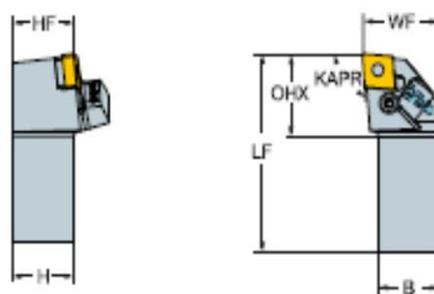


Рисунок 9 – Державка токарная

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Размеры державки:  $H=B=20\text{мм}$ ,  $HF=20\text{мм}$ ,  $WF=25\text{мм}$ ,  $LF=125\text{мм}$  [15, с. 184].

Пластина CNMG 120408 PMC GC4325 [15, с. 87],

где обозначено: С - форма пластины (ромб  $80^\circ$ ), N - задний угол пластины (равен  $0^\circ$ ), М – класс точности, G – исполнение СМП (специальная), 12 – номинальная длина режущей кромки, 04 – толщина (4,76мм), 08 – радиус при вершине, PMC – обозначение изготовителя, 4315 – материал пластины [15, с. 1221-1222]. На рисунке 10 покажем скриншот из каталога фирмы «Sandvik Coromant» по обозначению СМП.

Материал пластины GC4325 – сплав первого выбора для точения стали. Твердый сплав с покрытием CDV для чистового и чернового точения стали, стального литья. Этот сплав рекомендуется как для непрерывного так и для прерывистого резания. Сплав для широкого спектра областей применения. Отличные характеристики благодаря новой технологии покрытия Inveio [15, с. 633].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,25\dots3\text{мм}$ ,  $f_n=0,15\dots0,40\text{мм/об}$  [15, с. 608],  $V_c=255\dots180\text{м/мин}$  [15, с. 600].

Переход 2. Точить поверхности 3 и 9 окончательно, точить канавку и фаску.

Державка токарная для наружной обработки TR-D13JCL 1616K-S [15, с. 566] (рисунок 11).

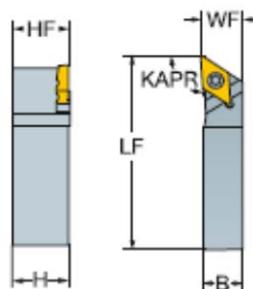


Рисунок 11 – Державка токарная

Размеры державки:  $H=B=16\text{мм}$ ,  $HF=16\text{мм}$ ,  $WF=16\text{мм}$ ,  $LF=125\text{мм}$  [15, с. 566].

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

## Пластины для общего точения

Пластины, метрическое исполнение

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	-			-	<b>PF</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	9		12

Пластины, дюймовое исполнение

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-			-	<b>PF</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	9		12

Пластины из сверхтвердых материалов, метрическое исполнение

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>08</b>	-	<b>T</b>	<b>010</b>	<b>20</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

Пластины из сверхтвердых материалов, дюймовое исполнение

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	<b>A</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	-	<b>T</b>	<b>03</b>	<b>20</b>
1	2	3	4	5	6	7		8	10	11

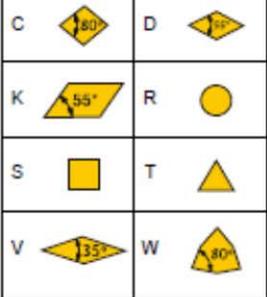
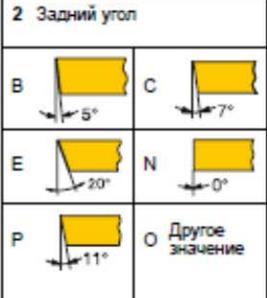
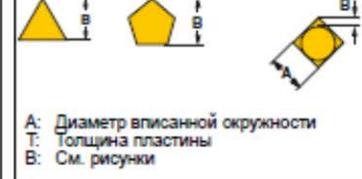
<p><b>1</b> Форма пластины</p> 	<p><b>2</b> Задний угол</p> 	<p><b>3</b> Допуски, мм</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс S</th> <th>IC / W1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>G</td><td>±0.13</td></tr> <tr><td>M</td><td>±0.13</td></tr> <tr><td>U</td><td>±0.13</td></tr> <tr><td>E</td><td>±0.025</td></tr> </tbody> </table> <p>IC / W1: ±0.025, ±0.05 - ±0.15<sup>1)</sup>, ±0.08 - ±0.25<sup>1)</sup>, ±0.025</p> <p><sup>1)</sup> Зависит от размера IC. См. ниже.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Диаметр вписанной окружности IC мм</th> <th colspan="2">Класс точности M</th> </tr> <tr> <th>U</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3.97</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5.56</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6.0</td><td>±0.05</td><td>±0.08</td></tr> <tr><td>6.35</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9.525</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12.0</td><td>±0.08</td><td>±0.13</td></tr> <tr><td>12.7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15.875</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16.0</td><td>±0.10</td><td>±0.18</td></tr> <tr><td>19.05</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20.0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25.0</td><td>±0.13</td><td>±0.25</td></tr> <tr><td>25.4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31.75</td><td>±0.15</td><td>±0.25</td></tr> <tr><td>32.0</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Для пластин с задними углами значение IC дано для плоскости, проходящей через режущую кромку. Соответствует острой режущей кромке, тип F (Пункт 8).</p>	Класс S	IC / W1	G	±0.13	M	±0.13	U	±0.13	E	±0.025	Диаметр вписанной окружности IC мм	Класс точности M		U		3.97			5.0			5.56			6.0	±0.05	±0.08	6.35			8.0			9.525			10.0			12.0	±0.08	±0.13	12.7			15.875			16.0	±0.10	±0.18	19.05			20.0			25.0	±0.13	±0.25	25.4			31.75	±0.15	±0.25	32.0			<p><b>3</b> Допуски, дюймовое исполнение</p>  <p>A: Диаметр вписанной окружности T: Толщина пластины B: См. рисунки</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Класс B:</th> <th>A:</th> <th>T:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>±.0002</td><td>±.001</td></tr> <tr><td>B</td><td>.0002</td><td>.001</td></tr> <tr><td>C</td><td>.0005</td><td>.001</td></tr> <tr><td>D</td><td>.0005</td><td>.001</td></tr> <tr><td>E</td><td>.001</td><td>.001</td></tr> <tr><td>F</td><td>.0002</td><td>.0005</td></tr> <tr><td>G</td><td>.001</td><td>.001</td></tr> <tr><td>H</td><td>.0005</td><td>.0005</td></tr> <tr><td>J</td><td>.0002</td><td>.002-.005</td></tr> <tr><td>K</td><td>.0005</td><td>.002-.005</td></tr> <tr><td>L</td><td>.001</td><td>.002-.005</td></tr> <tr><td>M</td><td>.002-.005</td><td>.002-.005</td></tr> <tr><td>U</td><td>.005-.012</td><td>.005-.010</td></tr> <tr><td>N</td><td>.002-.010</td><td>.002-.004</td></tr> </tbody> </table>	Класс B:	A:	T:	A	±.0002	±.001	B	.0002	.001	C	.0005	.001	D	.0005	.001	E	.001	.001	F	.0002	.0005	G	.001	.001	H	.0005	.0005	J	.0002	.002-.005	K	.0005	.002-.005	L	.001	.002-.005	M	.002-.005	.002-.005	U	.005-.012	.005-.010	N	.002-.010	.002-.004
Класс S	IC / W1																																																																																																																				
G	±0.13																																																																																																																				
M	±0.13																																																																																																																				
U	±0.13																																																																																																																				
E	±0.025																																																																																																																				
Диаметр вписанной окружности IC мм	Класс точности M																																																																																																																				
	U																																																																																																																				
3.97																																																																																																																					
5.0																																																																																																																					
5.56																																																																																																																					
6.0	±0.05	±0.08																																																																																																																			
6.35																																																																																																																					
8.0																																																																																																																					
9.525																																																																																																																					
10.0																																																																																																																					
12.0	±0.08	±0.13																																																																																																																			
12.7																																																																																																																					
15.875																																																																																																																					
16.0	±0.10	±0.18																																																																																																																			
19.05																																																																																																																					
20.0																																																																																																																					
25.0	±0.13	±0.25																																																																																																																			
25.4																																																																																																																					
31.75	±0.15	±0.25																																																																																																																			
32.0																																																																																																																					
Класс B:	A:	T:																																																																																																																			
A	±.0002	±.001																																																																																																																			
B	.0002	.001																																																																																																																			
C	.0005	.001																																																																																																																			
D	.0005	.001																																																																																																																			
E	.001	.001																																																																																																																			
F	.0002	.0005																																																																																																																			
G	.001	.001																																																																																																																			
H	.0005	.0005																																																																																																																			
J	.0002	.002-.005																																																																																																																			
K	.0005	.002-.005																																																																																																																			
L	.001	.002-.005																																																																																																																			
M	.002-.005	.002-.005																																																																																																																			
U	.005-.012	.005-.010																																																																																																																			
N	.002-.010	.002-.004																																																																																																																			

Рисунок 10 – Скриншот из каталога фирмы «Sandvik Coromant» по обозначению СМП

Пластина TR-DC1308-F GC4325 [15, с. 559].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,15...3$ мм,  $f=0,10...0,40$ мм/об [15, с. 619],  $V_c=255...180$ м/мин [15, с. 600].

Переход 3. Точить торец 11.

Державка для наружного точения PCLNL 2020K 12HP [15, с. 184].

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

ДП 44.03.04.821.ПЗ

Лист

39

Пластина CNMG 120408 PMC GC4325 [15, с. 87].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,25...3\text{мм}$ ,  $f_n=0,15...0,40\text{мм/об}$  [15, с. 608],  $V_c=255...180\text{м/мин}$  [15, с. 600].

Переход 4. Расточить отв. 5 предварительно, расточить отверстие 3 и фаску.

Оправка расточная A32T-SCLCL 12 [15, с. 445] (рис. 12).

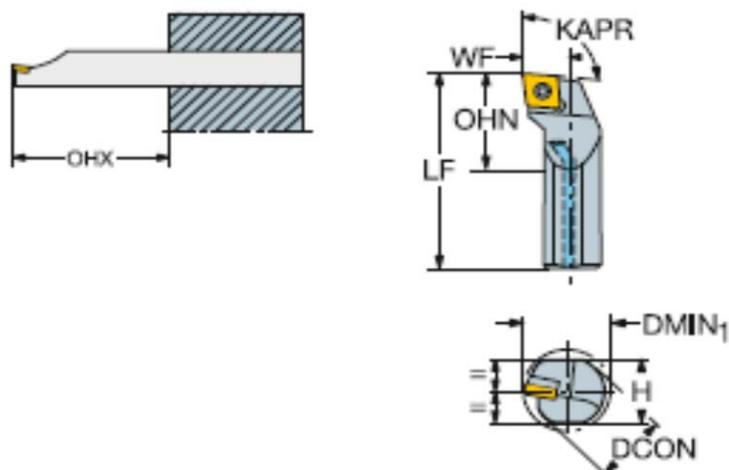


Рисунок 12 – Оправка расточная Coro Turn 107

Размеры резца:  $DMIN_1=40\text{мм}$ ,  $ONX=320\text{мм}$ ,  $OHN=48\text{мм}$ ,  $DCON=32\text{мм}$ ,  $H=30\text{мм}$ ,  $BD_1=32\text{мм}$ ,  $LF=300\text{мм}$ ,  $WF=22\text{мм}$  [15, с. 445].

Пластина CCMT 120408-UR GC4325 [15, с. 335].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=1...4\text{мм}$ ,  $f=0,15...0,50\text{мм/об}$  [15, с. 615],  $V_c=255...180\text{м/мин}$  [15, с. 600].

Переход 5. Точить канавку 2.

Оправка расточная LAG151.32-40T-40 [15, с. 146] (рис. 13).

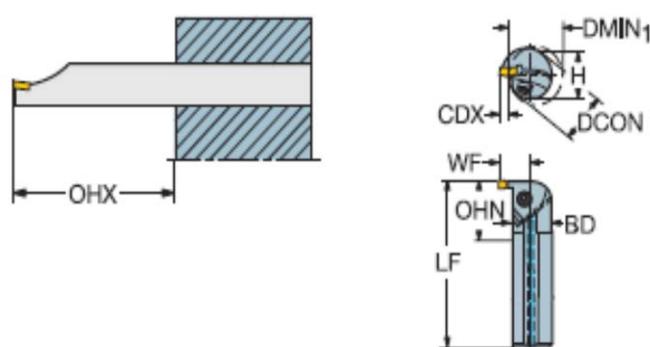


Рисунок 13 – Оправка расточная T-Max Q-Cut

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Размеры резца:  $DMIN_1=50\text{мм}$ ,  $ОНХ=160\text{мм}$ ,  $ОНН=42\text{мм}$ ,  $DCON=40\text{мм}$ ,  $H=37\text{мм}$ ,  $BD_1=40\text{мм}$ ,  $LF=300\text{мм}$ ,  $WF=28\text{мм}$  [15, с. 146].

Пластина N-151.3-400-40-4G GC2135 [15, с. 771].

Рекомендуемые режимы резания:  $f=0,05\dots0,50\text{мм/об}$ ,  $V_c=105\dots270\text{м/мин}$  [15, с. 811].

### **Установ Б**

Переход 1. Точить в размер поверхности 6 и 9.

Державка для наружного точения PCLNL 2020K 12HP [15, с. 184].

Пластина CNMG 120408 PMC GC4325 [15, с. 87],

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,25\dots3\text{мм}$ ,  $f_n=0,15\dots0,40\text{мм/об}$  [15, с. 608],  $V_c=255\dots180\text{м/мин}$  [15, с. 600].

Переход 2. Точить поверхности 10, 16.

Державка для наружного точения PCLNR 2020K 12HP [15, с. 184].

Пластина CNMG 120408 PMC GC4325 [15, с. 87],

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=0,25\dots3\text{мм}$ ,  $f_n=0,15\dots0,40\text{мм/об}$  [15, с. 608],  $V_c=255\dots180\text{м/мин}$  [15, с. 600].

Переход 3. Расточить отверстия 5, 7, 8.

Оправка расточная A32T-SCLCL 12 [15, с. 445] (рис. 12).

Пластина CCMT 120408-UR GC4325 [15, с. 335].

Рекомендуемые режимы резания:  $a_p=1\dots4\text{мм}$ ,  $f=0,15\dots0,50\text{мм/об}$  [15, с. 615],  $V_c=255\dots180\text{м/мин}$  [15, с. 600].

Переход 4. Точить канавку 15.

Оправка расточная LAG151.32-40T-40 [15, с. 146] (рис. 13).

Пластина N-151.3-400-40-4G GC2135 [15, с. 771].

Рекомендуемые режимы резания:  $f=0,05\dots0,50\text{мм/об}$ ,  $V_c=105\dots270\text{м/мин}$  [15, с. 811].

Переход 5. Сверлить последовательно 8 отв. 18.

Сверло 860.1.1700-070A1-PM 4234 [16, с. 620] (рис. 14).

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



Рекомендуемые режимы резания:  $V_c=37\text{м/мин}$ ,  $f=1,25\text{мм/об}$  [16, с. 1050].

Переход 8. Сверлить отверстие 4 под резьбу.

Сверло 860.1.1450-044A1-PM 4234 [16, с. 620] (рис. 14).

Размеры сверла:  $D_{CON}=16\text{мм}$ ,  $OAL=115\text{мм}$   $LU=45,8\text{мм}$ ,  $LCF=65\text{мм}$ ,  $PL=2,28\text{мм}$  [16, с. 620].

Рекомендуемые режимы резания:  $V_c=80\dots140\text{м/мин}$  [16, с. 747],  $f=0,21\dots0,42\text{мм/об}$  [16, с. 748].

Переход 9. Нарезать резьбу в отверстии 4.

Метчик E49D3/4 [16, с. 861] (рис. 16).

Размеры метчика:  $LF=102\text{мм}$ ,  $D_{CON}=12,5\text{мм}$ ,  $THL=24,5\text{мм}$   $LU=59\text{мм}$ , [16, с. 861].

Рекомендуемые режимы резания:  $V_c=37\text{м/мин}$ ,  $f=1,25\text{мм/об}$  [16, с. 1050].

Выбранные элементы режима резания занесем в таблицу 11.

Таблица 11 - Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	$S_o$ , мм/об	$S_m$ , мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
<b>Операция 005 Комплексная с ЧПУ</b>					
<b>Установ А</b>					
Переход 1	3,5	0,35	64	182	200
Переход 2	3,0	0,35	86	245	200
Переход 3	3,0	0,35	86	245	200
Переход 4	3,0	0,30	69	229	190
Переход 5	4,0	0,15	16	110	105
<b>Установ Б</b>					
Переход 1	3,0	0,35	69	196	200
Переход 2	3,5	0,35	82	235	200
Переход 3	3,0	0,30	70	233	190
Переход 4	3,5	0,12	31	258	150
Переход 5	8,5	0,25	375	1499	80
Переход 6	7,1	0,21	375	1788	80
Переход 7	0,85	1,25	921	736	37
Переход 8	7,25	0,21	369	1757	80
Переход 9	0,6	1,25	1016	813	37
<b>Операция 010 Зубодолбежная</b>	3,0	0,6	75	125	118

### 1.3.6. Расчет технических норм времени

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [6, с. 99]:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (11)$$

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

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

$n$  - количество деталей в партии,  $n=31$  шт.;

$t_0$  - основное время, мин.;

$t_B$  - вспомогательное время, мин.;

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

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

Вспомогательное время определяется по формуле [6, с. 99]:

$$t_B = t_{ус} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{из}, \quad (12)$$

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

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

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

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

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [9, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (13)$$

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

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

Основное время [6, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (14)$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

где  $l$  - расчетная длина, мм;

$i$  - число рабочих ходов.

Расчетная длина [6, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{ep} + l_{пер}, \quad (15)$$

где  $l_0$  - длина обработки поверхности, мм.;

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

$l_{пер}$  - величина перебега, мм.

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

### **Операция 005 Комплексная с ЧПУ**

#### **Установ А**

Переход 1. Точить торец 12, поверхность 1.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 143 \text{ мм.}$$

Величина врезания и перебега [12, с. 95]:  $l_{ep} + l_{пер} = 6,5 \text{ мм.}$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{ep} + l_{пер} = 143 + 6,5 = 149,5 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{01} = \frac{149,5}{64} = 2,34 \text{ мин.}$$

Переход 2. Точить поверхности 3 и 9 окончательно, точить канавку и фаску.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 235 \text{ мм. } l_{ep} + l_{пер} = 6 \text{ мм. } l = l_0 + l_{ep} + l_{пер} = 235 + 6 = 241 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{02} = \frac{241}{86} = 2,80 \text{ мин.}$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Переход 3. Точить торец 11.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 62 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 7,5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 62 + 7,5 = 69,5 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{03} = \frac{69,5}{86} = 0,81 \text{ мин.}$$

Переход 4. Расточить отв. 5 предварительно, расточить отверстие 3 и фаску.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 365 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 365 + 5 = 370 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{04} = \frac{370}{69} = 5,34 \text{ мин.}$$

Переход 5. Точить канавку 2.

Длина обрабатываемой поверхности:

$$l_0 = 23 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 5,5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 23 + 5,5 = 28,5 \text{ мм.}$$

Число проходов равно  $i=1$ .

$$t_{05} = \frac{28,5}{16} \cdot 1 = 1,78 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на установе А:

$$t_{\text{общА}} = 2,34 + 2,80 + 0,81 + 5,34 + 1,78 = 13,07 \text{ мин.}$$

### Установ Б

Переход 1. Точить в размер поверхности 6 и 9.

$$l_0 = 113 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 6,5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 113 + 6,5 = 119,5 \text{ мм.}$$

$$t_{01} = \frac{119,5}{69} = 1,73 \text{ мин.}$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Переход 2. Точить поверхности 10, 16.

$$l_0 = 33\text{мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 3,5\text{мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 33 + 3,5 = 36,5\text{мм.}$$

$$t_{02} = \frac{36,5}{82} = 0,45\text{мин.}$$

Переход 3. Расточить отверстия 5, 7, 8..

$$l_0 = 320\text{мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 5\text{мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 320 + 5 = 325\text{мм.}$$

Число проходов  $i=1$ .

$$t_{03} = \frac{325}{70} \cdot 1 = 4,64\text{мин.}$$

Переход 4. Точить канавку 15.

Число проходов  $i=1$ .

$$l_0 = 5\text{мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 3\text{мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 5 + 3 = 8\text{мм.}$$

$$t_{04} = \frac{8}{31} = 0,26\text{мин.}$$

Переход 5. Сверлить последовательно 8 отв. 18.

Число проходов  $i=8$ .

$$l_0 = 62\text{мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 3,2\text{мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 62 + 3,2 = 68,2\text{мм.}$$

$$t_{05} = \frac{68,2}{375} \cdot 8 = 1,45\text{мин.}$$

Переход 6. Сверлить последовательно 6 отверстий 19.

Число проходов  $i=6$ .

$$l_0 = 36\text{мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 3,2\text{мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 36 + 3,2 = 39,2\text{мм.}$$

$$t_{06} = \frac{39,2}{375} \cdot 6 = 0,63\text{мин.}$$

Переход 7. Зенковать фаски последовательно в 6-ти отверстиях 19.

$$l_0 = 3\text{мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 2,2\text{мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 3 + 2,2 = 5,2\text{мм. } j = 6$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$t_{07} = \frac{5,2}{375} \cdot 6 = 0,08 \text{ мин.}$$

Переход 7. Нарезать резьбу в 6-ти отверстиях 19.

Число проходов  $i=6$ .

$$l_0 = 28 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 33 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 28 + 33 = 61 \text{ мм.}$$

$$t_{07} = \frac{61}{921} \cdot 6 = 0,39 \text{ мин.}$$

Переход 8. Сверлить отверстие 4 под резьбу.

Число проходов  $i=1$ .

$$l_0 = 40 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 3,8 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 40 + 3,8 = 43,8 \text{ мм.}$$

$$t_{08} = \frac{43,8}{369} \cdot 1 = 0,12 \text{ мин.}$$

Переход 9. Нарезать резьбу в отверстии 4.

Число проходов  $i=1$ .

$$l_0 = 17 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 3,1 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} = 17 + 3,1 = 20,1 \text{ мм.}$$

$$t_{09} = \frac{20,1}{1016} \cdot 1 = 0,02 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на установе Б:

$$t_{\text{общБ}} = 1,73 + 0,45 + 4,64 + 0,26 + 1,45 + 0,63 + 0,39 + 0,12 + 0,02 = 9,69 \text{ мин.}$$

Общее машинное время на всей операции:

$$t_0 = 13,07 + 9,69 = 22,76 \text{ мин.}$$

Определим элементы вспомогательного времени [6, с. 98]:

$$t_{\text{ус}} = 2,12 \text{ мин.; } t_{\text{уп}} = 8,13 \text{ мин.; } t_{\text{изм}} = 15,18 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{в}} = 2,12 + 8,13 + 15,18 = 25,43 \text{ мин.}$$

Оперативное время [8, с. 101]:

$$t_{\text{он}} = t_0 + t_{\text{в}} = 22,76 + 25,43 = 47,83 \text{ мин.}$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Время технического обслуживания [12, с. 102]:

$$t_{\text{мех}} = \frac{6 \cdot t_{\text{он}}}{100} = \frac{6 \cdot 47,83}{100} = 2,87 \text{ мин.}$$

Время организационного обслуживания [8, с. 102]:

$$t_{\text{орг}} = \frac{8 \cdot t_{\text{он}}}{100} = \frac{8 \cdot 47,83}{100} = 3,83 \text{ мин.}$$

Время на отдых [8, с. 102]:

$$t_{\text{от}} = \frac{2,5 \cdot t_{\text{он}}}{100} = \frac{2,5 \cdot 47,83}{100} = 1,19 \text{ мин.}$$

Штучное время:

$$T_{\text{шт}} = 47,83 + 2,87 + 3,83 + 1,19 = 55,80 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время [8, с. 216-217]:

$$T_{\text{п.з.}} = 19 \text{ мин.}$$

Тогда:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{19}{31} + 55,80 = 56,41 \text{ мин.}$$

### **1.3.7. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки»**

Совершенствуемый технологический процесс механической обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки» предполагает использование обрабатывающего центра с ЧПУ модели DOOSAN PUMA 480M.

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 [18].

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

Существенной особенностью технологического проектирования для станков с ЧПУ является необходимость точной увязки траектории автоматического движения режущего инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки. Это налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

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

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

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ.

Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом:

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

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

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

- для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

выполнять на одинаковых установках, либо подобрать другой станок с более емким магазином;

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

Обрабатывающий центр с ЧПУ модели PUMA 480M оснащен системой ЧПУ FANUC 0 iMate – MB. Конфигурация ЧПУ FANUC 0 iMate – MB [18]:

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

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

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

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

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

- программируемое смещение нулевой точки;

- доводка или восстановление наружной резьбы в режиме работы MANUAL GUIDE (РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ);

- обработка по направлению X - в режиме работы MANUAL GUIDE;

- копирование и переименование программ ISO;

- индикация времени обработки и количества деталей;

- пересчет размеров дюймы/метрические величины;

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

- 125 программ ISO;
- 32 корректоров инструмента;
- нарезание наружной резьбы с переменным шагом;
- непрерывное нарезание наружной резьбы (цепь резьбы с разными шагами);
- нарезание наружной цилиндрической резьбы;
- язык программирования макро В (для программирования циклов пользователем).

В режиме работы MANUAL GUIDE могут вводиться в память максимум 25 программ, состоящих из одного или нескольких процессов. Для простого процесса обработки (центровка, сверление, нарезание внутренней резьбы и т.д.) используется только один единственный блок памяти [18].

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

*Фрагмент управляющей программы обработки для операции 005 установ А*

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

1. Точить торец 12, поверхность 1.
2. Точить поверхности 3 и 9 окончательно, точить канавку и фаску.
3. Точить торец 11.
4. Расточить отв. 5 предварительно, расточить отверстие 3 и фаску.
5. Точить канавку 2.

Для разработки управляющей программы необходимо:

- выбрать инструмент;
- выбрать режимы резания;

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

- спроектировать траекторию движения инструмента;
- определить координаты опорных точек.

Выбор режущего инструмента приведен в главе 1.3.5.

Траектория движения инструмента и таблица координат опорных точек приведены на плакатах 3 и 4.

Инструментам присвоим номера T1...T5.

Управляющая программа для операции 005 Установ А представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Управляющая программа для операции 005 (Установ А)

Кодирование информации, содержание кадра	Содержание кадра УП
1	2
T01 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S200 M04	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки
G0 X250 Z2.5	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z0 F0.35 M08	Движение к заданным координатам на рабочей подаче, включение подачи СОЖ
X350	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-110	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X390 Z100	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами для безопасной смены инструмента
T02 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S200 M04	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки

Продолжение таблицы 12

1	2
G0 X354.2 Z-82.8	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X260 Z-131 F0.35 M08	Движение к заданным координатам на рабочей подаче, включение подачи СОЖ
Z-275	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X345	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X390 Z100	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами для безопасной смены инструмента
T03 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S200 M04	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки
G0 X354.2 Z-82.8	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X266 Z-133 F0.35 M08	Движение к заданным координатам на рабочей подаче, включение подачи СОЖ
X260	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-100	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X355	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X390 Z100	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами для безопасной смены инструмента
T04 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S190 M04	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки

## Окончание таблицы 12

1	2
G0 X300 Z2.5	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z0 F0.30 M08	Движение к заданным координатам на рабочей подаче, включение подачи СОЖ
X264 Z-5.5	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-63	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X180.4	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
Z-306	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X175 Z2.5	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
X390 Z100	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами для безопасной смены инструмента
T05 D1	Выбор резца
G90 G54 G18	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Z
G96 S105 M04	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелки
G0 X260 Z2	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-55 F0.15 M08	Движение к заданным координатам на рабочей подаче, включение подачи СОЖ
X305	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
X260	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 Z2	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
X390 Z100	Перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами для безопасной смены инструмента
M30	Конец программы

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данной выпускной квалификационной работе производится совершенствование технологического процесса детали «Ступица для запасного привода буровой установки» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с увеличением годовой программы выпускаемых готовых деталей с 610 штук до 1300 штук в год.

Разработанный технологический процесс обеспечивает технико-экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование обрабатывающего центра (ОЦ) с ЧПУ, применение стандартных приспособлений.

В экономической части проекта будет произведен расчет капитальных затрат и определение себестоимости изготовления детали по двум вариантам – совершенствуемому варианту и по базовому варианту, целью анализа является выявление наиболее выгодного с точки зрения вложенных средств и полученных результатов проекта.

По разрабатываемому варианту применяем обрабатывающий центр PUMA 480M и режущий инструмент фирмы «Sandvik Coromant».

### 2.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле [14]:

$$K = K_{об} + K_{прс} \quad (16)$$

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

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

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

*Определяем количество технологического оборудования*

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [14]:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (17)$$

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

$N_{год}$  – годовая программа производства деталей, по разрабатываемому варианту  $N_{год}=1300$  шт.;

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

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

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

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [14]:

$$F_{об} = F_n \left( 1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (18)$$

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 количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при трёхсменной работе (ОЦ с ЧПУ):

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

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58



*Определений капитальных вложений в оборудование*

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 15 по совершенствуемому варианту и в таблице 16 по базовому варианту.

Таблица 15 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	PUMA 480M	1	22	22	9632,5	-	-	-	9632,5
Итого		1		22					9632,5

Капитальные вложения в оборудование ( $K_{об}$ ) с учётом загрузки станка на 26% составляют  $0,26 \cdot 9632,5 = 2504,5$  т. руб.

Таблица 16 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
Токарный	ТВ-80	1	15	15	1763,5	-	-	-	1763,5
Сверлильный	СР-100	1	11	11	905,3	-	-	-	905,3
Итого		1		26					2668,8

*Определение капитальных вложений в приспособления*

Капитальные вложения в приспособления отсутствуют, так как деталь зажимается в стандартных 3-х кулачковых патронах, поставляемых с оборудованием и включенных в стоимость оборудования.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

### 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 [14]:

$$C = Z_M + Z_{ЗП} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_и, \quad (19)$$

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

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

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

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

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

$Z_и$  – затраты на малоценный инструмент, руб.

#### *Затраты на материалы*

Затраты на материалы ( $Z_M$ ) рассчитываются по формуле [14]:

$$Z_M = Z_з + Z_p, \quad (20)$$

где  $Z_з$  – затраты на основные материалы для заготовок, руб.;

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

$$Z_з = (M_з \cdot Q_з - M_{отх} \cdot Q_{отх}) \cdot K_{тр}, \quad (21)$$

где  $M_з$  – вес заготовки,  $M_{знов} = 125,6$  кг (совершенствуемый вариант),

$M_{збаз} = 270$  кг (базовый вариант).;

$Q_з$  – цена за один килограмм материала заготовки,  $Q_{знов} = 205$  руб./кг.;

$Q_{збаз} = 185$  руб./кг.;

$M_{отх}$  – вес отходов,  $M_{отхнов} = 31,4$  кг.;  $M_{отхбаз} = 175,8$  кг.;

$Q_{от}$  – цена за один килограмм отходов,  $Q_{от} = 135$  руб./кг.;

$K_{тр}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов,  $K_{тр} = 1,025$ .

$$Z_p = K_{есн} \cdot K_{пр} \cdot K_{доп} \cdot K_p \cdot \sum(t^i \cdot C_i), \quad (22)$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $K_{\text{есн}}$  – коэффициент, учитывающий единый социальный налог,  
 $K_{\text{есн}}=1,26$ ;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий премиальные выплаты,  $K_{\text{пр}} = 1,25$ ;

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

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

$t^I$  –штучно-калькуляционное время на выполнение заготовки,  $t_{\text{нов}}^I = 0,25$   
ч.;  $t_{\text{баз}}^I = 0,21$  ч.;

$C_i$  – часовая тарифная ставка рабочего, изготавливающего заготовку,  
 $C_{\text{инов}} = 102,7$  руб.;  $C_{\text{i,fp}} = 109,3$  руб.;

Коэффициент использования материала характеризует  
технологичность заготовки и определяется по формуле [14]:

$$k_{\text{им}} = M_{\text{д}}/M_{\text{з}}, \quad (23)$$

где  $M_{\text{д}}$  – масса детали,  $M_{\text{д}} = 94,2$  кг;

$M_{\text{з}}$  - масса заготовки,  $M_{\text{знов}} = 125,6$  кг.;  $M_{\text{збаз}} = 270$  кг.;

$k_{\text{им}} = 94,2/125,6 = 0,750$  – совершенствуемый вариант.

$k_{\text{им}} = 94,2/270 = 0,349$  – базовый вариант.

Произведем расчеты  $Z_{\text{з}}$ ,  $Z_{\text{р}}$ ,  $Z_{\text{м}}$  по формулам (20), (21) и (22)  
соответственно:

Совершенствуемый вариант:

$$Z_{\text{з}} = (125,6 \cdot 205 - 31,4 \cdot 135) \cdot 1,025 = 21509,0 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{р}} = 1,26 \cdot 1,25 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,25 \cdot 102,7 = 59,7 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{мнов}} = 21509,0 + 59,7 = 21568,7 \text{ руб.}$$

Базовый вариант:

$$Z_{\text{з}} = (270 \cdot 185 - 175,8 \cdot 135) \cdot 1,025 = 26872,4 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{р}} = 1,26 \cdot 1,25 \cdot 1,23 \cdot 1,2 \cdot 0,21 \cdot 109,3 = 53,4 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{мбаз}} = 26872,4 + 53,4 = 26925,3 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

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

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [14]:

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

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле [14]:

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

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1970 ч.;

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

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, по проектируемому варианту  $N_{год}=1300$  шт.; по базовому  $N_{год}=610$  шт.;

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

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

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

241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч;

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

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1682 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (25).

Результаты вычислений сводим в таблицу 17 по проектируемому варианту и в таблицу 18 по альтернативному варианту.

Таблица 17 – Затраты на заработную плату станочников по совершенствуемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	127,1	0,94	119,5	0,62
Итого				119,5	0,62

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$\text{Ззп} = 119,5 \cdot 1300 = 155350 \text{ руб.}$$

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

$$\text{Ззп} = 155350 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 207236,9 \text{ руб.}$$

Таблица 18 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Токарная	4	115,9	1,89	219,1	0,59
Сверлильная	3	108,3	0,85	92,1	0,26
Итого				311,2	0,85

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$\text{Ззп} = 311,2 \cdot 610 = 189832 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{MH}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,16; K_P = 1,15.$$

$$З_{\text{ЗП}} = 189832 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 253235,9 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [14]:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_P \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_P}{N_{\text{год}}}, \quad (26)$$

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

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 1300$  шт.;

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

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

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

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

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле [14]:

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

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

$g_n = 0,26$  шт. (совершенствуемый вариант);  $g_n = 0,49$  шт. (базовый вариант);

$n$  – число смен работы оборудования,  $n = 2$  (базовый вариант);  $n = 3$  (совершенствуемый вариант);

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

$$Ч_{\text{налнов}} = \frac{0,26 \cdot 3}{8} = 0,098 \text{ чел.}$$

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Аналогично определим численность электронщиков для совершенствуемого варианта, при условии обслуживания электронщиком 16-ти станков:

$$Ч_{\text{элек}} = \frac{0,26 \cdot 3}{16} = 0,05 \text{ чел.}$$

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

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,05 \cdot 0,098 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,098 = 0,01 \text{ чел.}$$

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

$$З_{\text{нал}} = \frac{107,5 \cdot 1685 \cdot 0,098 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1300} = 20,2 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{элек.}} = \frac{109,4 \cdot 1685 \cdot 0,05 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1300} = 10,5 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{93,9 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1300} = 1,8 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{85,5 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1300} = 1,6 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящаяся на одну деталь, сводим в таблицу 19 по совершенствуемому варианту и в таблице 20 по базовому варианту.

Таблица 19 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по совершенствуемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	107,5	0,098	20,2
Транспортный рабочий	93,9	0,01	1,8

Электронщик	109,4	0,05	10,5
Контролер	85,5	0,01	1,6
Итого		0,17	34,1

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 34,1 \cdot 1300 = 44330 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (20):

$$З_{зп} = 207236,9 + 44330 = 251566,9 \text{ руб.}$$

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.
Транспортный рабочий	93,9	0,01	3,8
Контролер	85,5	0,01	3,5
Итого		0,143	7,3

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 7,3 \cdot 610 = 4453 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (20):

$$З_{зп} = 253235,9 + 4453 = 257688,9 \text{ руб.}$$

#### *Отчисления на социальное страхование*

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

Совершенствуемый вариант  $251566,9 \cdot 0,3 = 75470,1$  руб.

Базовый вариант  $257688,9 \cdot 0,3 = 77306,7$  руб.

#### *Затраты на электроэнергию*

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали-операции, рассчитываем по формуле [14]:

$$Z_3 = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{ен}} \cdot C_3, \quad (28)$$

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

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

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

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

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

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка);

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

$C_3$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $C_3 = 3,54$  руб.

Производим расчеты по вариантам по формуле (28):

$$Z_3(480M) = \frac{22 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,94}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 13,3 \text{ руб.};$$

$$Z_3(TB-80) = \frac{15 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,89}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 18,3 \text{ руб.};$$

$$Z_3(CP-100) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,85}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 6,0 \text{ руб.};$$

Результаты расчета сводим в таблицу 21 по базовому варианту и в таблицу 22 по совершенствуемому варианту.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
ТВ-80	15	1,89	18,3
СР-100	11	0,85	6,0
Итого			24,3

Таблица 22 – Затраты на электроэнергию по совершенствуемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
480М	22	0,94	13,3
Итого			13,3

Определим затраты на электроэнергию за год:

$Z_3 = 13,3 \cdot 1300 = 17290$  руб. (совершенствуемый вариант).

$Z_3 = 24,3 \cdot 610 = 14823$  руб. (базовый вариант).

*Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования*

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

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

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [14]:

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

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

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений,  $H_{амБ} = 12\%$  для базового оборудования,  $H_{амН} = 6\%$  - для нового оборудования;

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

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

$F_{обНОВ} = 5910$  ч.;

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (25):

$$C_{ам}(480M) = \frac{9632500 \cdot 0,06 \cdot 0,94}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 106,0 \text{ руб.}$$

$$C_{ам}(ТВ-80) = \frac{1763500 \cdot 0,12 \cdot 1,89}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 119,3 \text{ руб.}$$

$$C_{ам}(СР-100) = \frac{905300 \cdot 0,12 \cdot 0,85}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 27,5 \text{ руб.}$$

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

$Ц_{РЕБаз} = 440$  руб.,  $Ц_{РЕНОВ} = 980$  руб.

Вычисления производим по формуле [14]:

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

(31)

где  $\Sigma Re$  - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

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

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

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

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{\text{рем}}(480M) = \frac{980 \cdot 1}{0,94 \cdot 1300} = 0,80 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем}}(TB-80) = \frac{440 \cdot 1}{1,89 \cdot 610} = 0,40 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем}}(CP-100) = \frac{440 \cdot 1}{0,85 \cdot 610} = 0,90 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 23 по совершенствуемому варианту, а в таблицу 24 по базовому варианту.

Таблица 23 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектируемому варианту

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
480M	9632,5	1	6	0,94	106,0	0,80

Таблица 24 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
TB-80	1763,5	1	12	1,89	119,3	0,40
CP-100	905,3	1	12	0,85	27,5	0,90
Итого	2668,8	2		2,74	146,8	1,3

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

$$Z_{\text{п}} = 106,0 + 0,80 = 106,8 \text{ руб. (совершенствуемый вариант).}$$

$$Z_{\text{п}} = 146,8 + 1,3 = 148,1 \text{ руб. (базовый вариант).}$$

### Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии

вычисляем по формуле [14]:

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

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

$\beta_n$  - число переточек;

$C_n$  – стоимость одной переточки, руб.;

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

$T_m$  – машинное время, мин.;

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = 610$  шт.

В таблице 25 укажем инструмент, используемый в базовом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 25 – Перечень инструмента базового технологического процесса

№ опер.	Наименование	$T_m$ , мин	№ опер.	Наименование	$T_m$ , мин.
010	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	19,2	030	Сверло ГОСТ 10903	4,3
010	Резец расточной ГОСТ 18883-73	5,4	035	Сверло ГОСТ 10903	1,9
015	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	4,5	035	Зенкер ГОСТ 15635	12,9
015	Резец канавочный ГОСТ 18884-73	4,2	040	Сверло ГОСТ 10903	15,1
020	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	12,8	040	Сверло ГОСТ 10903	22,4
020	Резец расточной ГОСТ 18883-73	9,1	040	Метчик ГОСТ 2424-83	9,6

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому тех. процессу (для стандартного инструмента) по формуле (27):

$$Z_{II} = \frac{921,1+8 \cdot 77}{60 \cdot 610 \cdot 9} \cdot 19,2 \cdot 0,98 + \frac{857,2+9 \cdot 68}{60 \cdot 610 \cdot 10} \cdot 5,4 \cdot 0,98 + \frac{1025+6 \cdot 92}{50 \cdot 610 \cdot 7} \cdot 4,5 \cdot 0,98 + \frac{954,7+7 \cdot 84}{45 \cdot 610 \cdot 8} \cdot 4,2 \cdot 0,98 +$$

$$+ \frac{1005+6 \cdot 88}{50 \cdot 610 \cdot 7} \cdot 12,8 \cdot 0,98 + \frac{14635+0 \cdot 0}{189 \cdot 610} \cdot 15,3 \cdot 0,98 + \frac{547+11 \cdot 81}{39 \cdot 610 \cdot 12} \cdot 50,4 \cdot 0,98 + \frac{1288+6 \cdot 92}{31 \cdot 610 \cdot 7} \cdot 9,6 \cdot 0,98 = 207,6 \text{ руб.}$$

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [14]:

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

(33)

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

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

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

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

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

$k_{компл}$  - 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  $k_{компл} = 5$  соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

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

Величина  $Q$  также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины.

Значения показателя  $Q$  рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице;

$N$  - количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

Для круглой пластины рекомендуется принимать  $N = 6$ ;

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

Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

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

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

В таблицу 26 внесем параметры инструмента.

Таблица 26 – Параметры прогрессивного инструмента по проектируемому варианту

Операция	Инструмент	Машинное время, мин	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарн. период стойкости инструмента, мин	Затраты на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Державка PCLNL 2020K 12HP СМП CNMG 120408 PMC GC4325	4,61	25601		-	0,90	2,35
	Резец TR-D13JCL 1616K-S СМП TR-DC1308-F GC4325	2,80	19505	309	-	0,90	1,25
	Державка PCLNL 2020K 12HP СМП CNMG 120408 PMC GC4325	0,81	21160	206	-	0,90	2,95

Оправка расточная A32T- SCLCL 12 СМП ССМТ 120408-UR GC4325	12,02	22156 403	205	-	0,90	1,29
Сверло 860.1.1700- 070A1-PM 4234	1,45	3123	175	-	0,90	0,96
Сверло 860.1.1900- 055A1-PM 4234	0,63	16321	250	-	0,90	1,32
Оправка расточная A32T- SCLCL 12 СМП ССМТ 120408-UR GC4325	0,95	25601 421	184	-	0,90	0,88

#### Окончание таблицы 26

1	2	3	4	5	6	7	8
	Сверло DR031-062- 32-09-2D-N СМП SOMT 09T306-DT	0,02	25603 210	174	-	0,90	4,33
	Метчик E49M16	0,39	5632	185	-	0,90	2,29
	Метчик E49D3/4	0,12	6532	168	-	0,9	2,51
Итого							20,11

#### Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле [14]:

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

где  $g_p$  – принятое количество оборудования, ( $g_p = 2$  шт.);

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

$C_{\text{прс}}$  – стоимость приспособлений, ( $C_{\text{прс1}} = 21263$  руб.,  $C_{\text{прс2}} = 12100$  руб.,

$C_{\text{прс3}} = 16631$  руб.,  $C_{\text{прс4}} = 10641$  руб.).

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

$N_{ам}^{npc}$  - норма амортизационных отчислений на приспособления,

$$N_{ам}^{npc} = 66\%;$$

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = 610$  шт.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (29):

$$Z_{осн} = \frac{1 \cdot 1 \cdot (21263 + 12100 + 16631 + 10641) \cdot 66}{610 \cdot 100} = 65,6 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости выпуска одной детали сводим в таблицу 27.

Таблица 27 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб. Новый вариант
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Заработная плата с начислениями	549,2	251,6
Затраты на материал	26925,3	21568,7

Окончание таблицы 27

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Затраты на технологическую электроэнергию	24,3	13,3
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	148,1	106,8
Затраты на инструмент	207,6	20,11
Итого	27854,5	21960,5

#### *Определение годовой экономии от изменения техпроцесса*

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

$$Э_{год} = (C_{б} - C_{пр}) \cdot N_{год}, \quad (35)$$

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

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

$$Э_{год} = (27854,5 - 21960,5) \cdot 1300 = 7662187 \text{ руб.}$$

### *Анализ уровня технологии производства*

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле [14]:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\% , \quad (36)$$

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

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

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

$$Y_{\text{оп}} (\text{ТВ-80}) = \frac{1,89}{2,74} \cdot 100\% = 68,9\% .$$

$$Y_{\text{оп}} (\text{СР-100}) = \frac{0,85}{2,74} \cdot 100\% = 31,1\% .$$

По совершенствуемому варианту:

$$Y_{\text{оп}} (480\text{M}) = \frac{0,94}{0,94} \cdot 100\% = 100\% .$$

### *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:

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

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

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

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

Определим производительность труда на программной операции [14]:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (38)$$

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

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

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном процессе по (38):

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{56,41} = 2150,7 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе по (33):

$$B_{\text{б.}} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{164,4} = 737,9 \text{ шт/чел.год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр.}} - B_{\text{б.}}}{B_{\text{б.}}} \cdot 100\%, \quad (39)$$

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

$$\Delta B = \frac{2150,7 - 737,9}{737,9} \cdot 100\% = 191,5\%$$

В таблице 28 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 28 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	610	1300	+690
Количество видов оборудования	шт.	2	1	-1
Количество рабочих	чел.	2	1	-1
Сумма инвестиций	т. руб.		2504,5	
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	2,62	0,97	-1,65
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	27854,5	21960,5	-5894
- затраты на инструмент		207,6	20,11	-187,49
- заработная плата рабочих		549,2	251,6	-297,6
- затраты на материал		26925,3	21568,7	-5356,6
Коэффициент использования		0,349	0,750	+0,4

ДП 44.03.04.821.ПЗ

Лист

78

материала				
Доля прогрессивного оборудования	%	0	50	50
Производительность труда	шт/чел. год	737,9	2150,7	+1412,8
Рост производительности труда	%	100	291,5	+191,5
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,49	0,26	-0,23
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	-	76621,87	-
Срок окупаемости	год		1	

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 1,27 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии.

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

себестоимости продукции.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки», 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 76621,87 т. руб. и срок окупаемости проекта 1 год.

### 3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Анализ требований к персоналу, обслуживающему предлагаемое оборудование

В настоящее время станки с программным управлением (ПУ) и промышленные роботы нашли широкое применение. Внедрение станков с ЧПУ является одним из главных направлений автоматизации производства.

В станках с ЧПУ сочетается гибкость универсального оборудования с точностью и производительностью станка-автомата. В результате внедрения станков с ЧПУ происходит повышение производительности труда, создаются условия для многостаночного обслуживания. Подготовка производства переносится в сферу инженерного труда, сокращаются её сроки, упрощается переход на новый вид изделия вследствие заблаговременной подготовки программы, что имеет большое значение в условиях рыночной экономики.

На станках с ПУ целесообразно изготавливать детали сложной конфигурации, при обработке которых необходимо перемещение рабочих органов по нескольким координатам одновременно, а также детали с

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

большим количеством переходов обработки. На этих станках можно изготавливать детали, конструкция которых часто видоизменяется.

Применение станков с ЧПУ позволяют решить ряд социальных проблем:

- улучшение условий труда рабочих-станочников;
- значительно уменьшить долю тяжелого ручного труда.

В связи с этим возникла необходимость переобучения Станочников широкого профиля на Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ 3-го разряда в учебном центре Уралмашзавода.

Учебный Центр Уралмашзавода – это корпоративный образовательный центр, созданный на базе Отдела технического обучения и учебно-производственного цеха ОАО «Уралмашзавод» в 2002 году решением Совета директоров ПАО «Уралмашзавод».

Учебный центр осуществляет профессиональную подготовку и повышение квалификации по профессиям машиностроительного комплекса и профессиональное обучение персонала предприятия в области охраны труда, эксплуатации опасных производственных объектов.

Цель работы – подготовка новых рабочих, повышение квалификации рабочих и специалистов ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий города.

В Учебном центре работают высококвалифицированные и опытные преподаватели, имеющие большой практический стаж работа. Также в процесс обучения привлекаются специалисты-практики ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий, преподавательский состав ВУЗов.

Для обеспечения качества учебного процесса в Учебном центре имеется учебно-практическая база, которая позволяет не только проводить теоретическое обучения, но и лабораторно-практические занятия по отработке первичным трудовых навыков и прохождения производственного обучения на учебно-производственном участке подготовки кадров сварочных

производств. Также, в процесс обучения привлекаются специалисты-практики ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий, преподавательский состав ВУЗов. Весь аудиторный фонд Учебного центра оснащен мультимедийным оборудованием, созданы комфортные условия для обучающихся.

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

Профессия – Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Квалификация - 3-ий разряд

Согласно Профессиональному стандарту, утвержденному приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «4» августа 2014г. № 530н, Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением должен иметь:

-образование и обучение - Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)

-опыт практической работы - Не менее одного года работ второго квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

В таблице 29 приведено описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 29 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
1	2	3	4	5

Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01.2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02.2	2

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2
		Наладка на холостом ходу и в	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки

рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности		отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам		
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04.3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/01.4	4

Окончание таблицы 29

1	2	3	4	5
управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4			
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/02.4	4

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности», т.к. деталь «Ступица», рассматриваемая в дипломном проекте, может быть отнесена к деталям невысокой степени сложности. Данная трудовая функция,

согласно Стандарта имеет код В/01.3 и принадлежит третьему уровню квалификации. Анализ приведен в таблице 30.

Таблица 30 - Обобщенная трудовая функция

Наименование	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности			Код	В	Уровень квалификации	3
Происхождение обобщенной трудовой функции	Оригинал	Х	Займствовано из оригинала				
					Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта	
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 30

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	§45	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением
-------	--------	------------------------------------------------------------

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции:

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

Выберем трудовую функцию – «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Анализ трудовой функции «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам»

Наименование	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам		Код	В/04.3	Уровень (подуровень) квалификации	3
Происхождение трудовой функции	Оригинал	X	Займствовано из оригинала			
				Код оригинала	Регистрационный номер профессионального стандарта	
Трудовые действия	Трудовые действия по трудовой функции код В/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам»					
	Обработка отверстий в деталях по 7–8 квалитетам					
	Обработка поверхностей деталей по 7–8 квалитетам					
Необходимые умения	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документацией станка и инструкции по наладке					
	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции					



7.	Обработка деталей на металлорежущих станках различного вида и типа (сверлильных, токарных, фрезерных, копировальных, шпоночных и шлифовальных)	44
8.	Производственная практика	220
9.	Промежуточная аттестация	6
10.	Квалификационный экзамен	8
	Итого	390

Проведем сравнение учебных планов Станочника широкого профиля и Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ и выделим требования к дисциплинам, повторяющимся в их учебных планах. Такими являются Технические измерения, Чтение чертежей, Электротехника и Материаловедение. В таблице 33 приведем сравнение формируемых знаний и умений в процессе изучения данных дисциплин и сделаем вывод.

Таблица 33 – Сравнение формируемых знаний и умений

Станочник широкого профиля	Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ	Вывод
1	2	3
<u>Технические измерения</u>  Знает правила технических измерений  Умеет использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документацией станка и инструкции по наладке  Умеет контролировать качество выполняемых работ.	<u>Допуски и технические измерения</u>  Знает систему допусков и посадок, степеней точности; Знает качества и параметры шероховатости.  Умеет применять контрольно-измерительные приборы и инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документацией.  Умеет контролировать качество выполняемых работ.	Требуется обучение допускам-посадкам и актуализация знаний по техническим измерениям.

<p><u>Чтение чертежей</u></p> <p>Знает алгоритм чтения чертежей.</p> <p>Умеет читать чертежи и схемы.</p> <p>Умеет правильно выполнять эскизы и рабочие чертежи обрабатываемых деталей</p> <p>Умеет определять способы и технологию обработки детали по чертежу.</p>	<p><u>Системы графического программирования</u></p> <p>Знает параметры и установки системы ЧПУ станка.</p> <p>Знает системы управления и структуру управляющей программы обрабатывающих цент.</p> <p>Умеет выполнять наладку однотипных обрабатывающих центров с ЧПУ.</p>	<p>Требуется обучение основным элементам, панелям инструментов, контекстным меню, диалогам.</p>
<p><u>Материаловедение</u></p> <p>Знает физические основы материаловедения.</p> <p>Умеет выбрать материалы с учетом условий функционирования</p>	<p><u>Современные материалы машиностроения</u></p> <p>Знает наименования, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов</p>	<p>Требуется обучение технологии получения и обработки машиностроительных материалов.</p> <p>Требуется актуализация</p>

Окончание таблицы 33

1	2	3
<p>оборудования.</p>	<p>Умеет выбрать материалы с учетом условий функционирования оборудования.</p>	<p>знаний (4 учебных часа)</p>
<p><u>Электротехника</u></p> <p>Знает основные законы электротехники.</p> <p>Знает основные правила эксплуатации электрооборудования.</p> <p>Знает принцип работы типовых электрических устройств.</p> <p>Умеет читать принципиальные,</p>	<p><u>Электротехника с основами промышленной электроники</u></p> <p>Знает основы электротехники, в пределах выполняемой работы.</p> <p>Умеет рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей.</p>	<p>Требуется обучение методам измерения электрических величин, основам теории электрических машин, принцип работы типовых электрических устройств, чтению монтажных схем, стандартной терминологии.</p> <p>Требуется актуализация знаний.</p>

электрические схемы.		
Умеет включать электротехнические приборы, аппараты, машины, управлять ими и контролировать их эффективную и безопасную работу.		

Таким образом, мы выявили, что часть данных дисциплин требует дополнительного изучения, а также по всем дисциплинам требуется актуализация опорных знаний.

### **3.4. Анализ учебного плана переподготовки Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ**

Учебный план переподготовки состоит из теоретической части (66 академических часов) и производственного обучения (184 часа). Срок обучения – 2 месяца.

Операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ, прошедшие полный курс обучения, сдают квалификационные экзамены, в которые включаются проверка теоретических знаний и выполнение производственных работ, после чего им присваивается 3-й разряд.

Таблица 14 - Учебный план переподготовки по профессии «Оператор станков с программным управлением» на 3-й разряд

№ п/п	Предметы	Всего часов за курс обучения
<b>I</b>	<b>Теоретическое обучение</b>	<b>48</b>
<b>Общепрофессиональный цикл</b>		
1.1	Основы рыночной экономики и предпринимательства	12
1.2	Современные материалы в машиностроении	8
1.3	Системы графического программирования	12
1.4	Допуски и технические измерения	8

1.5	Электротехника с основами промышленной электроники	8
<b>Профессиональный цикл</b>		66
<b>II</b>	<b>Производственное обучение</b>	184
	Консультации	8
	Квалификационный экзамен	8
	<b>ИТОГО:</b>	362

Далее приведем тематический план Профессионального цикла с указанием названий тем и количеством часов. На данный цикл учебным планом отведено 60 часов.

Таблица 15 - Тематический план Профессионального цикла

№ п/п	Темы	Кол-во часов
		3 й разряд
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Введение	2
2	Классификация станков с ЧПУ, их устройство, конструктивные особенности и кинематические схемы	20

Окончание таблицы 15

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
3	Методы подготовки управляющих программ. Основные блоки и узлы УЧПУ	6
4	Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ	14
5	Наладка и эксплуатация станков с программным управлением	12
6	Подъемно-транспортное оборудование, применяемое при обработке тяжелых заготовок деталей	4
7	Охрана окружающей среды	2
	<b>ИТОГО:</b>	60

Для дальнейшей разработки выберем из тематического плана Профессионального цикла раздел 6 «Технологическая подготовка и процесс

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ» и проведем его методический анализ, при выполнении квалификационной работы.

### **3.5. Анализ содержания раздела «Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ» и перспективно-тематическое планирование учебного процесса**

На раздел 6 «Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ» отведено 14 академических часов. Приведем содержание раздела.

#### **1. Общие сведения о станках с ЧПУ**

Направления автоматизации процессов механической обработки. Станки с ЧПУ. Числовое программное управление. Управляющая программа. Отличительные особенности станков с ЧПУ. Преимущества станков с ЧПУ.

#### **2. Особенности технологической подготовки производства при применении станков с ЧПУ.**

Технологическая подготовка производства. Особенности при использовании станков с ЧПУ. Разработка по переходной технологии. Требования к квалификации технолога. Этапы технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ. Расчет управляющей программы. Контроль управляющей программы. Контроль обработанной детали

#### **3. Рекомендации по выбору деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ. Требования к заготовкам.**

Условия эффективного использования станков с ЧПУ. Основные требования по выбору деталей для обработки на станках с ЧПУ. Требования к заготовкам деталей изготавливаемых на станке с ЧПУ. Требования по точности и свойствам материала заготовок, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

#### **4. Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.**

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Требования конструкции деталей. Требования к технологичности деталей для станков с ЧПУ Комплекс критериев технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

5. Особенности проектирования технологических процессов для станков с ЧПУ.

Выбор технологических баз и приспособлений. Последовательность проектирования технологических операций. Выбор режущего и вспомогательного инструмента. Назначение режимов обработки. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ. Технологическая документация технологических процессов для станков с ЧПУ

Разделим раздел на 7 занятий теоретического обучения, продолжительностью по 2 академических часа каждый.

Занятие 1. Общие сведения о станках с ЧПУ. Особенности технологической подготовки производства при применении станков с ЧПУ.

Занятие 2. Рекомендации по выбору деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ. Требования к заготовкам.

Занятие 3. Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

Занятие 4. Выбор технологических баз и приспособлений.

Занятие 5. Последовательность проектирования технологических операций.

Занятие 6. Выбор режущего и вспомогательного инструмента. Назначение режимов обработки.

Занятие 7. Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ. Технологическая документация технологических процессов для станков с ЧПУ.

Перспективно-тематический план анализируемой темы «Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ» приведен в таблице 34.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Таблица 34 - Перспективно-тематический план раздела «Технологическая подготовка и процесс обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ»

№ п\п ч.	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Тип занятия	ДСО
1	2	3	4	5	6
1 (5ч)	Общие сведения о станках с ЧПУ. Особенности технологической подготовки производства при применении станков с ЧПУ.	Обучающая: -сформировать знания об общих сведениях о станках с ЧПУ -сформировать знания об особенностях технологической подготовки производства при применении станков с ЧПУ. Развивающая: развивать у обучаемых умение анализировать, сравнивать, давать оценку возможностям современного оборудования.	рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений. показ оборудования.	Лекция	Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, листы рабочей тетради

Продолжение таблицы 34

1	2	3	4	5	6
1 (2ч)		Воспитательная: - воспитывать внимательность, аккуратность.			

2 (2ч)	Рекомендации по выбору деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ. Требования к заготовкам.	Обучающая - сформировать знания о рекомендациях по выбору деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ. - сформировать знания о требованиях к заготовкам Развивающая: - развивать техническую речь учащихся, абстрактное мышление. Воспитательная: - воспитывать внимательность, аккуратность.	рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений.	Практическое занятие	Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, образцы деталей.
3 (2ч)	Требования к технологичности и конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.	Обучающая - сформировать знания о требованиях к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ. Развивающая: - Развивать у учащихся осознание полезности, значимости изучения материала по данной теме Воспитательная: - воспитать сознательное отношение к учебе	рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений, показ образцов деталей	Лекция	Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды, образцы деталей, тест.

Продолжение таблицы 34

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

4 (2ч)	Выбор технологических баз и приспособлений.	<p>Обучающая</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформировать знания о выборе технологических баз и приспособлений.</li> </ul> <p>Развивающая:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Развить профессиональные и познавательные интересы и способности</li> </ul> <p>Воспитательная:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Воспитывать у учащихся интерес к новым знаниям</li> </ul>	<p>рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений.</p>	<p>Практическое занятие</p>	<p>Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды</p>
5 (2ч)	Последовательность проектирования технологических операций	<p>Обучающая</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сформировать знания о последовательности проектирования технологических операций на станках с ЧПУ</li> </ul> <p>Развивающая:</p> <p>Формирование и развитие у учащихся познавательных интересов, положительных мотивов учебно – познавательной деятельности, умений и навыков самостоятельного овладения знаниями, творческой инициативы и активности</p> <p>Воспитательная:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- воспитывать внимательность, аккуратность</li> <li>- способствовать развитию логического мышления</li> </ul>	<p>рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений.</p>	<p>Лекция</p>	<p>Учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды,</p>

Окончание таблицы 34

6 (2ч)	Выбор режущего и вспомогательно го инструмента. Назначение режимов обработки.	Обучающая - сформировать знания о выборе режущего и вспомогательного инструмента. - сформировать знания о назначении режимов обработки. Развивающая: - Развивать у учащихся осознание полезности, значимости изучения материала по данной теме Воспитательная: - воспитывать внимательность, аккуратность.	рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений, показ инструмента	Практическое занятие	Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, режущий инструмент, тест
7 (4ч)	Нормирование операций, выполняемых на станках с ЧПУ. Технологическая документация технологических процессов для станков с ЧПУ	Обучающая - сформировать знания о нормировании операций, выполняемых на станках с ЧПУ. - сформировать знания о технологической документации технологических процессов для станков с ЧПУ Развивающая: - развивать техническую речь учащихся, абстрактное мышление. Воспитательная: - воспитывать внимательность, аккуратность.	рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений.	Практическое занятие	Учебное пособие, ноутбук, мультимедиапроектор, экран, слайды, технологическая документация

В ВКР из перспективно-тематического плана выберем тему 5 «Последовательность проектирования технологических операций». На эту тему отводится 2 часа.

Задачей методической части дипломного проекта является разработка методики проведения занятия теоретического обучения для подготовки Операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ 3-го разряда. Для данного проекта это будет переподготовка рабочего станочника на оператора станка с ЧПУ.

В ВКР разработанный технологический процесс предусматривает применение обрабатывающего центра с ЧПУ модели PUMA 480M, в связи с этим предлагаю расширить содержание урока и рассмотреть в качестве примера последовательность проектирования технологической операции на данном ОЦ для детали «Ступица».

### **3.6. Разработка плана учебного занятия по теме «Последовательность проектирования технологических операций»**

Тема занятия «Последовательность проектирования технологической операции детали Ступица».

Цели занятия.

*Обучающая:*

- сформировать знания о последовательности проектирования технологических операций на станках с ЧПУ;
- разработать последовательность обработки детали «Ступица».

*Развивающая:*

Формирование и развитие у учащихся познавательных интересов, положительных мотивов учебно – познавательной деятельности, умений и навыков самостоятельного овладения знаниями, творческой инициативы и активности.

*Воспитательная:*

- воспитывать внимательность, аккуратность;
- способствовать развитию логического мышления.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Тип занятия - усвоение новых знаний

Методы обучения - Информационно-рецептивные методы: рассказ, беседа, демонстрация компьютерной презентации, иллюстрация основных теоретических положений.

Средства обучения - учебное пособие, ПК, мультимедиапроектор, экран, слайды.

Время, отведенное на занятие: 2 академических часа.

Модель деятельности преподавателя и учащихся на занятии представлена в таблице 35.

Таблица 35 - Модель деятельности преподавателя и учащихся на занятии

№ этапа	Наименование этапа занятия	Время этапа занятия (мин)	Деятельность преподавателя	Деятельность учащихся
1	2	3	4	5
1	Организационная часть	5	- приветствие - проверка присутствующих и внешнего вида учащихся - сообщение темы и цели урока	Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке. Слушают, записывают тему занятия.
2	Мотивация	5	Мотивация обучаемых, сообщение им о важности данной темы	Слушают преподавателя
3	Актуализация опорных знаний учащихся	15	Беседа с обучаемыми по вопросам, задаваемым на основании содержания предыдущих занятий. Задает 10 вопросов, выслушивает ответы обучаемых, поправляет, комментирует.	Вспоминают материал предыдущего занятия, отвечают на вопросы преподавателя, слушают, дополняют друг друга.

Окончание таблицы 35

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4	Объяснение нового учебного материала	45	Преподаватель, рассказывает новый материал, демонстрирует слайды по ходу рассказа, комментирует, наблюдает как учащиеся воспринимают новый материал. Слайды применяются для более лучшего запоминания материала, т.к. слуховое и визуальное восприятие повышает уровень запоминания на 70 % В процессе изложения преподаватель периодически проходит между рядами, смотрит, как конспектируют учащиеся материал, заинтересованы ли они.	Слушают, воспринимают и осмысливают новый материал. Изучают информацию на слайдах. Конспектируют новый материал.
5	Закрепление новых знаний	15	Проводит фронтальный опрос. Задаёт вопросы. Оценивает ответы, если нужно, поправляет учащихся, задаёт наводящие вопросы. Судит по ответам об уровне усвоения нового материала учащимися.	Отвечают устно на вопросы, слушают, дополняют друг друга.
6	Домашнее задание	5	Повторить пройденный материал.	Записывают в тетрадь.

### **Вопросы для актуализация опорных знаний учащихся**

1. Назовите условия эффективного использования станков с ЧПУ.
2. Назовите основные требования по выбору деталей для обработки на станках с ЧПУ.
3. Назовите требования конструкции деталей.
4. Приведите требования к технологичности деталей для станков с ЧПУ.
5. Приведите критерии технологичности деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ.
6. Назовите особенности базирования деталей на станках с ЧПУ.

- 7 . Что такое система координат станка?
- 8 . Для чего служит система координат детали?
9. Назовите особенности базирования деталей типа тел вращения.
10. Назовите приспособления, применяемые на станках с ЧПУ.

### 3.7. Конспект изложения нового материала

**Тема:** Последовательность проектирования технологических операций (слайд 1)

Количество переходов при проектировании операций для каждой поверхности назначается в соответствии с типовыми схемами обработки в зависимости от заданной точности. При этом надо учитывать типовые циклы обработки отдельных поверхностей и схемы перемещения инструмента. Порядок выполнения переходов обработки при изготовлении деталей на станках с ЧПУ и на универсальных станках с ручным управлением принципиально одинаков.

Отличие заключается в большей концентрации переходов обработки на одном станке и тенденции полностью обработать заготовку за один уставов (если механическая обработка не прерывается термической обработкой). При назначении последовательности обработки необходимо учитывать, что из-за снятия значительного количества металла может измениться жесткость отдельных элементов детали. Выбранная последовательность обработки должна быть увязана с технологическими возможностями станка и окончательно принимается после выбора приспособления и инструмента. Основные технологические возможности станков с ЧПУ изложены в разделе 5.

Разработка последовательности выполнения переходов должна основываться на принципах (слайд 3):

- обеспечения максимально возможной и целесообразной концентрации переходов в одной операции,

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- работы с оптимальными припусками и минимальными напусками, что позволяет сократить номенклатуру режущего инструмента, повысить точность и производительность обработки, упростить удаление стружки;
- минимального вспомогательного времени с учетом затрат времени на позиционирование, вспомогательные ходы, смену инструмента, поворот стола и т.д.;
- максимального учета возможностей станков и ограничений по точностным параметрам станков, длине консольного инструмента (обработка отверстий длиной не более 6 диаметров), диаметру фрез и т.д.

При обработке валов на токарных станках с ЧПУ имеются особенности (слайд 4)

1. Заготовки для обработки в центрах должны иметь центровые отверстия и хотя бы один обработанный торец.

2. Предварительные операции для заготовок могут включать не только обработку торцев и центрование, но и другие операции, выполняемые на концах вала: сверление отверстий, нарезание в них резьбы, глубокое сверление, растачивание центрального отверстия и т.п.

3. Предварительные операции создают условия для последующей токарной обработки вала за один установ. Для некоторых поверхностей эти операции являются окончательными, и это повышает требования к точности их выполнения.

4 Жесткие заготовки обрабатывать за один-два установка. При обработке используют правые и левые резцы.

5. Термоулучшение заготовки проводить перед обработкой на токарном станке с ЧПУ.

При токарной обработке втулок и фланцев можно отметить следующие особенности (слайд 5):

1. Чем меньше врезаний резца в необработанную поверхность, тем выше надежность его работы. Поэтому рекомендуется произвести сначала

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

один рабочий ход резцом по торцовой поверхности в направлении оси заготовки и один рабочий ход по цилиндрической поверхности, параллельно этой оси. Дальнейшая траектория перемещения резца выбирается, исходя из условия минимального числа рабочих ходов.

2. При обработке отверстий вместо зенкерования и развертывания применять растачивание, которое более производительное и обеспечивает более качественную поверхность. Применение зенкеров и разверток целесообразно при обработке больших партий заготовок или отверстий малого диаметра.

3. В ряде случаев для заготовок необходима предварительная обработка для создания надежных технологических баз.

Обработка корпусных заготовок на многооперационных станках имеет также ряд особенностей (слайд 6).

1. В первую очередь фрезеруются торцовой или концевой фрезой наружные плоские поверхности, затем уступы, пазы, выступы. Затем фрезеруют внутренние плоские поверхности и пазы, расположенные на некотором расстоянии от наружных плоских поверхностей детали.

2. Последовательность переходов фрезерования плоскостей, расположенных на различных сторонах детали зависит, от точности их относительного расположения и затрат времени на смену инструмента, поворот стола и перемещение узлов станка. При чистовой обработке плоскостей следует максимально приближать друг к другу чистовые переходы, стремясь уменьшить число изменений положения инструмента и детали, влияющих на точность обработки.

3. При выполнении сверлильно-расточных переходов сначала осуществляют черновые переходы обработки основных отверстий и отверстий диаметром более 30 мм в сплошном металле, затем аналогичные переходы обработки отверстий детали, полученных в заготовке. Далее обрабатывают торцевые поверхности, канавки, фаски и другие поверхности, точность которых ниже точности станка. После осуществления указанных

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

выше переходов должна быть выполнена получистовая и чистовая обработка основных отверстий, а также торцов, канавок, точность которых соизмерима с точностью станка.

4. Перед выполнением чистовых переходов рекомендуется удалить из внутренних полостей заготовки стружку, аккумулирующую значительное количество теплоты, чтобы уменьшить температурные деформации заготовки.

Заключительными переходами обработки корпусов являются переходы обработки вспомогательных отверстий. Последовательность этих переходов возможна по трем вариантам

1. Обработка каждого отверстия осуществляется полностью по всем требуемым переходам. Все переходы выполняются при одном положении детали относительно шпинделя станка. После выполнения всех переходов для одного отверстия, деталь перемещают для обработки следующего. После обработки всех отверстий с одной стороны детали, производят ее поворот для обработки отверстий с другой стороны. Данный вариант применяется при обработке основных отверстий сложной формы с высокой точностью.

2. Одним инструментом последовательно обрабатывают одинаковые отверстия, расположенные с одной стороны детали, после чего сменяют инструмент и выполняется следующий переход для этих отверстий. После обработки отверстий, расположенных с одной стороны детали, ее поворачивают для аналогичной обработки с другой стороны. Данный вариант применяется при небольшом числе переходов, необходимых для обработки одного отверстия, а число одинаковых отверстий велико.

3. Одним инструментом осуществляется первый переход обработки одинаковых отверстий, расположенных с одной стороны детали, а затем последовательно со всех сторон детали.

После завершения первого перехода обработки одинаковых отверстий со всех сторон детали происходит смена инструмента, и цикл повторяется для второго и последующего переходов. Данный вариант применяется при

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

большом числе одинаковых отверстий с различных сторон детали или в тех случаях, когда время, затрачиваемое на смену инструмента, значительно превышает время поворота стола.

Проектирование технологических переходов кроме определения их состава и последовательности включает построение траектории движения инструмента на каждом переходе. Построение рациональной траектории движения инструмента на рабочих и вспомогательных ходах является одной из основных задач разработки технологического процесса. Перемещение инструмента при рабочих ходах на чистовых переходах осуществляется по эквидистанте. Характер эквидистанты отражает форму детали и режущей части инструмента. Эквидистанта формируется из геометрических элементов, которые соединяются пересечением или касанием (слайд 7). Точки перехода одного геометрического элемента к другому называют опорными. В управляющей программе эквидистанту задают в виде координат опорных точек. Эти координаты определяют по чертежным размерам детали с использованием формул геометрии.

При проектировании вспомогательных перемещений инструмента следует учитывать следующее (слайд 8):

- подвод инструмента к обрабатываемой поверхности и отвод осуществляется по специальным траекториям вспомогательных перемещений, обеспечивающим врезание по касательным со своевременным переходом с вспомогательного хода на рабочий;

- остановка или резкое изменение подачи фрезы при резании недопустимы, так как это приводит к повреждениям поверхности или

инструмента;

- длина вспомогательных ходов должна быть минимальной;
- для устранения влияния на точность обработки зазоров станка предусматривать дополнительные петлеобразные переходы при реверсе;

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

- траектория инструмента не должна пересекаться с элементами приспособления.

Технологический маршрут обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки» (слайд 9).

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

Разработанный технологический процесс: маршрут обработки детали, выбор оборудования показаны в таблице 36.

Таблица 36 – Проектный вариант обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки»

№ опер	Содержание операции	Оборудование
005	<p style="text-align: center;"><u>Установ А</u></p> Точить в размер поверхности 1, 12 и фаски. Точить фаску и поверхность 14. Точить торец 11. Расточить отв. 5 предварительно, расточить отверстие 3 и фаску. Точить канавку 2.	PUMA 480M
005	<p style="text-align: center;"><u>Установ Б</u></p> Точить в размер поверхности 6, 9. Точить поверхности 10, 16. Расточить отверстия 5, 7, 8. Точить канавку 15. Сверлить 8 отв. 18. Сверлить и нарезать резьбу в отв. 19. Сверлить и нарезать резьбу в отв. 4.	PUMA 480M
010	Зубодолбежная Нарезать зубья пов. 13, 17.	Maag

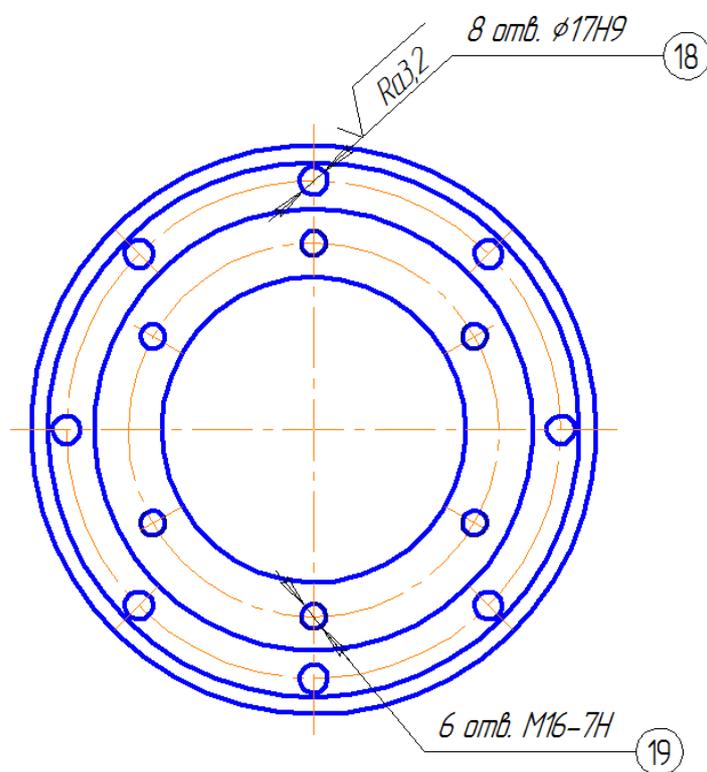
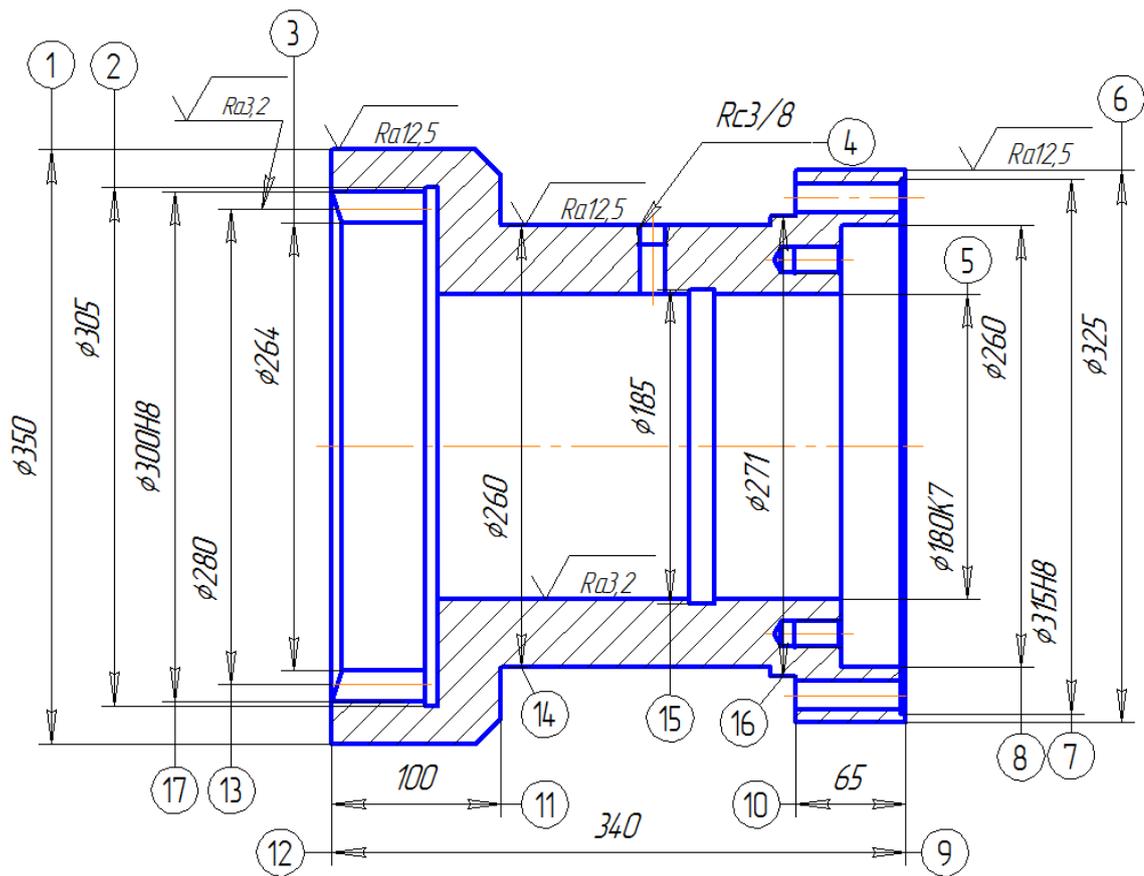


Рисунок 17 – Эскиз детали «Ступица для запасного привода буровой установки»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.821.ПЗ

Лист

106

### Вопросы для закрепления нового материала (слайд 14)

1. В чем заключается отличие порядка выполнения переходов обработки при изготовлении деталей на станках с ЧПУ и на универсальных станках с ручным управлением?
2. Назовите принципы последовательности выполнения переходов.
3. Какие особенности существуют при обработке валов на токарных станках с ЧПУ?
4. Назовите особенности обработки корпусных заготовок на многооперационных станках.
5. Что включает в себя проектирование технологических переходов кроме определения их состава и последовательности?
6. Что следует учитывать при проектировании вспомогательных перемещений?
7. Опишите отличительные особенности токарно-фрезерного станка PUMA 480M.

### 3.8. Разработка методического обеспечения для занятия

Для занятия разработаем учебную компьютерную презентацию, которая используется как средство информационной технологии обучения.

В настоящее время используются инновационные педагогические технологии, которые позволяют улучшить качество обучения по средствам более полного использования доступной информации, повышают эффективность учебного процесса на основе его индивидуализации и интенсификации, интегрируют различные виды деятельности (учебной, учебно – исследовательской, методической, научной, организационной) в рамках единой методологии, основанной на применениях новых информационных технологий, повышают профессиональную компетенцию и конкурентоспособность будущих специалистов различных отраслей. В тоже время необходимо нацеленность на развитие профессионального интереса к

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

изучаемой дисциплине, пополнение знаний социальными значимости профессии технолог – менеджер в сфере производства, ответственность за правильность принимаемых решений.

В современной литературе практически отсутствуют отечественные публикации о разработках и использовании компьютерных презентаций в области технологических процессов обработки заготовок резанием.

Компьютерная презентация позволяет совершенно по новому построить процесс обучения, реализовать дидактические принципы индивидуализация и дифференциации, творческой активности, наглядности, перехода к самообразованию, шире использовать исследовательские и поисковые методы.

#### *Компьютерная презентация*

- Надежный путеводитель по существующим технологическим процессам обработки заготовок резанием;
- Универсальный справочник для студентов всех форм обучения, в том числе дистанционного;
- Незаменимый помощник на лекциях и дома для самостоятельных занятий по всем вопросам учебной программы;
- Пригодится, чтобы получить точную информацию о металлорежущих станках, режущих инструментах и приспособлениях;
- Вызывает аудиовизуальный эффект, красочные иллюстрации станков, металлорежущих инструментов, приспособлений и схем обработки показывают аутентичность.
- Видеоролики процессов обработки заготовок резанием создают иллюзию присутствия слушателей на производстве.

Все это подчинено одной цели, сделать общение с ней максимально полезным и приятным и легким.

Компьютерная презентация предназначена для демонстрации в специализированной аудитории и индивидуального использования на

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

домашних компьютерах студентов всех форм обучения.

Компьютерная презентация может быть доступна в четырёх режимах:

1. В режиме глобального доступа;
2. В режиме локального доступа посетив образовательное государственное учреждение;
3. В виде CD или DVD дисках;
4. В процессе живой лекции.

Компьютерная презентация разработана в программе Microsoft Power Point.

Использование электронных презентаций позволяет значительно повысить информативность и эффективность урока при объяснении учебного материала, способствует увеличению динамизма и выразительности излагаемого материала.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в выпускной квалификационной работе был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Ступица для запасного привода буровой установки» в условиях серийного производства.

В разработанной технологии применяется современный высокопроизводительный обрабатывающий центр с программным управлением.

Это позволило сократить время механической обработки, уменьшить тяжесть труда привлеченных к обработке детали рабочих.

Также была разработана управляющая программа на комплексную операцию с ЧПУ.

В экономической части дипломного проекта были определены единовременные вложения, себестоимость обработки детали по проектному варианту. Согласно расчетам, экономический эффект составил 76621,87 т. руб. в год. Срок окупаемости проекта 1 год.

В методической части проекта была разработана методика проведения урока теоретического обучения для переобучения станочников широкого профиля на операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А, Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.
2. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.
3. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
4. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
5. Каблов Е. Н. Шестой технологический уклад. /Наука и жизнь, 2010. № 4.
6. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург, Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.
7. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008.34с.
8. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т.А. Козлова, Т.В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.
9. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.

10. Паршин М.А., Круглов Д.А. Переход России к шестому технологическому укладу: возможности и риски. [Электронный ресурс]. // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 5. (Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/33059>) (Дата обращения 06.04.2018г.).

11. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием [Текст]: Справочник технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 526 с.

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

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

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

15. Электронный каталог «Sandvik Coromant», Токарная обработка, 2016 г.

16. Электронный каталог «Sandvik Coromant», Сверление, 2016 г.

17. Электронный каталог «Sandvik Coromant», Фрезерование, 2016 г.

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

19. Марочник стали и сплавов. [Электронный ресурс]. // (Режим доступа: [http://metallicheskiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/10](http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/10)) (Дата обращения 25.03.2018г.).

20. Группа компаний СМК DMG. Комплексный подход к металлообработке. [Электронный ресурс]. // (Режим доступа: <http://www.smks.ru>) (Дата обращения 12.04.2018г.).

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

21. Производство и машиностроение. [Электронный ресурс]. // (Режим доступа: <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/>) (Дата обращения 12.03.2018г.).

22. Информационно справочный портал по металлургии, литейному делу, промышленной безопасности. [Электронный ресурс]. // (Режим доступа: <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833>) (Дата обращения 27.02.2018г.).

23. Перитон Индастриал. Металлообрабатывающее оборудование. Современные технологии. [Электронный ресурс]. // (Режим доступа: <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>) (Дата обращения 05.03.2018г.)

24. <http://uas.su/books/spesialmethodsforcasting/21/razdel21.php> (Дата обращения 07.04.2018г.).

25. <https://cftech.ru/machine/puma-480m-series/> (Дата обращения 10.04.2018г.).

26. <http://poliformdetal.com/materialy-dlya-kokilej-3/> (Дата обращения 10.04.2018г.).

27. <http://www.metalurgu.ru/content/view/317/21833> (Дата обращения 28.04.2018г.).

28. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/> (Дата обращения 21.03.2018г.).

29. <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx> (Дата обращения 25.03.2018г.).

30. <https://yandex.ru/clck/jsredir?bu=6b1e8g&from=yandex.ru%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text=&etext=> (Дата обращения 19.05.2018г.).

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

## Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1. Ступица Штамповка	ДП 44.03.04.821.01	A2	1	
2. Ступица	ДП 44.03.04.821.02	A1	1	
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.821.Д01	A1	1	
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.821.Д02	A1	1	
5. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.821.Д03	A1	1	
6. Фрагмент управляющей программы	ДП 44.03.04.821.Д04	A1	1	

					ДП 44.03.04.821.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116