

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «СТУПИЦА»

Дипломный проект
по специальности 44.03.04 Профессиональное обучение,
специализация "Технологии и оборудование машиностроения"

Идентификационный код ВКР: 927

Екатеринбург 2017

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина

«___» _____ 2017г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

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

Исполнитель
студент гр. НТ-412сТО

(подпись)

Д. А. Ситников
(ф.и.о.)

Руководитель
доцент, к.т.н.

(подпись)

В. П. Суриков
(ф.и.о.)

Нормоконтролер:
Доцент, к.т.н.

(подпись)

В. П. Суриков
(ф.и.о.)

Екатеринбург 2017

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 118 листов печатного текста, 17 иллюстраций, 20 слайдов, 36 таблиц, 21 использованный источник, 3 приложения.

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

Модернизация технологического процесса механической обработки в условиях среднесерийного производства достигнута 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.

Приведено экономическое обоснование использования ОЦ с ЧПУ.

Разработан урок повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ			
<i>Из</i>	<i>Лист</i>	<i>№</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Модернизация технологического процесса механической обработки детали «Ступица»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листо</i>
Разраб.	Ситников						2	118
Пров.	Суриков							
Н. Контр.	Суриков							
Зав. каф.	Бородина							
						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа НТ-412сТО		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Анализ исходной информации	7
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	7
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали	9
1.1.3. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	12
1.1.4. Определение типа производства	18
1.2. Разработка технологического процесса обработки детали	19
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	19
1.2.2. Расчет припусков	21
1.2.3. Выбор технологических баз.....	26
1.2.4. Выбор методов обработки поверхностей	27
1.2.5. Составление технологического маршрута обработки детали «Ступица»	28
1.2.6. Выбор средств технологического оснащения	29
1.2.6.1. Выбор и описание оборудования	29
1.2.6.2. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания.....	32
1.2.7. Расчет технических норм времени	38
1.2.8. Разработка управляющей программы для технологичес- кой операции обработки детали «Ступица».....	43
1.3. Выбор контрольного приспособления	48
1.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)	50
2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	54
2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	54
2.2. Расчёт капитальных затрат.....	54

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

2.3. Расчет технологической себестоимости детали	59
3. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	104
Приложение А. Лист задания по дипломному проектированию	104
Приложение Б. Перечень листов графических документов	106
Приложение В. Комплект технологической документации	108

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Ведущее место в росте экономики любой страны принадлежит отраслям машиностроения. Одной из главной является станкостроение, потому, что от уровня его развития зависит развитие всей машиностроительной промышленности.

Под технологией машиностроения следует понимать научную дисциплину, изучающую преимущественно процессы механической обработки деталей и сборки машин, попутно затрагивающую вопросы выбора заготовок и методы их изготовления.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин имеет цель установить наиболее рациональное и экономный способ обработки, при этом обработка деталей на металлорежущих станках должна обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к точности и чистоте обрабатываемых поверхностей, правильности контуров, форм и т.д.

Таким образом, спроектированный технологический процесс механической обработки деталей должен, при его осуществлении обеспечивать выполнение требований, обуславливающих нормальную работу собранной машины.

Для металлорежущего оборудования, выпускаемого в настоящее время, характерно быстрое расширение сферы применения ЧПУ с использованием микро процессорной техники. Особое значение приобретает создание гибких производственных модулей, благодаря которым, без участия оператора, можно управлять технологическими процессами.

На данном этапе развития машиностроения при проектировании технологических процессов стремятся к возможно полной механизации и автоматизации, применению малоотходных способов получения заготовок механической обработки без снятия слоя металла, уменьшению трудоемкости изготовления деталей.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Целью дипломного проекта является модернизация технологического процесса изготовления детали «Ступица» в условиях среднесерийного производства.

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- анализ исходной информации и заводского технологического процесса;
- разработка нового технологического процесса;
- разработка содержания операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- расчет сил зажима заготовки в приспособлении;
- выбор контрольного приспособления;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

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

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ исходной информации

Исходной информацией, согласно заданию, являются рабочий чертёж детали, заводской технологический процесс механической обработки детали, рабочий чертёж заготовки. Для разработки технологического процесса будем использовать справочники и нормативы машиностроения.

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Ступица» – относится к телам вращения типа фланец.

Деталь «Ступица» предназначена для передачи крутящего момента с силовой установки на маховик привода вращения буровой установки.

На поверхность $\varnothing 685h9$ устанавливается маховик и центруется двумя штифтами в отверстия $\varnothing 25H7$. Отверстия $\varnothing 50$ предназначены для крепления маховика болтами. На поверхности $\varnothing 100k6$ и $\varnothing 115h11$ напрессовывается зубчаток колесо силовой установки. Три отверстия M10-6H предназначены для фиксации зубчатого колеса в осевом направлении.

Деталь «Ступица» изготавливается из углеродистой конструкционной качественной стали марки 50 ГОСТ 1050-88.

Данная сталь широко распространена в машиностроении для изготовления зубчатых колес, прокатных валков, штоков, тяжело нагруженных валов, осей, бандажей, малонагруженных пружин и рессор, пальцев звеньев гусениц, муфт сцепления коробок передач, корпусов форсунок и других деталей, работающие на трение [17].

В таблицах 1 и 2 приведен химический состав и механические свойства стали 50.

Таблица 1 - Химический состав стали 50 [17]

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu
			не более	не более			
0,47-0,55	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,25

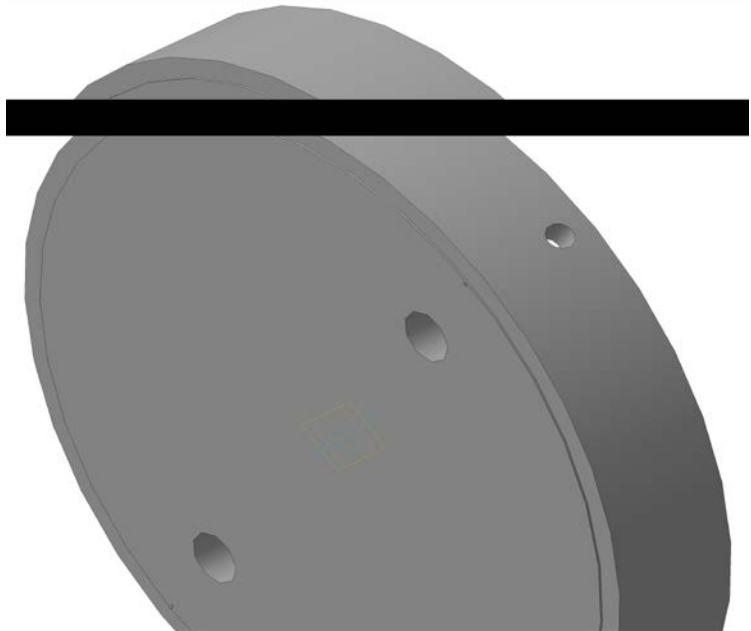
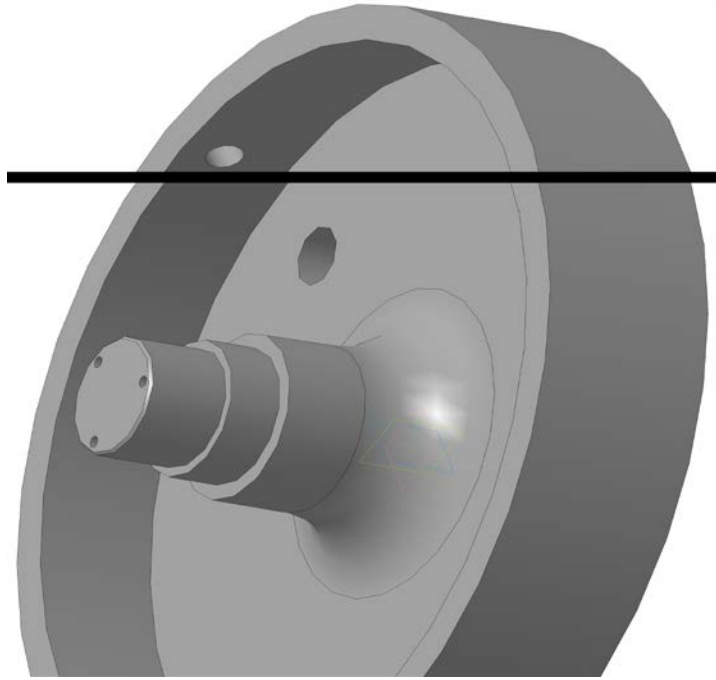


Рисунок 1 – 3D модель детали «Ступица»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.927.ПЗ

Лист

8

Таблица 2 - Механические свойства стали 50 [17]

σ_T МПа	σ_B МПа	σ_5 %	ψ %	α Дж/см ²
315	630	14	40	34

Технологические свойства стали 38ХС [17]:

- удельный вес - 7640 кг/м³;
- термообработка: закалка и отпуск;
- температураковки, °С: начала 1200, конца 800.

Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе, 251-350 мм - в яме.

- обрабатываемость резанием: при HB 250-300 и $\sigma_B=780-880$ МПа, $K_{\text{отв.спл}}=0,8$ и $K_{\text{в.ст}}=0,72$ соответственно;

- свариваемость материала: трудно свариваемая;
- способы сварки: РДС - необходим подогрев и последующая термообработка. КТС - необходима последующая термообработка.
- флокеночувствительность: мало чувствительна.
- склонность к отпускной хрупкости: не склонна.

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

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

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный.

Качественная оценка технологичности детали

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

При конструировании детали использовались простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы обработки. Предусмотрены удобные и надежные технологические базы.

Обеспечена достаточная жесткость детали.

Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки. Конструкция детали позволяет выполнять обработку на многошпиндельных станках. Не технологичным является наличие большого перепада между размерами $\varnothing 115$ и $\varnothing 140$, превышающим 15% и наличие 3-х глухих резьбовых отверстий.

При качественной оценке доминируют положительные характеристики, поэтому можно считать, что конструкция детали технологична.

Количественная оценка технологичности детали

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей. Данные по деталям сведём в таблицы 4 и 5,

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	$T_i \cdot n_i$
6	4	24	11	1	11
7	2	14	14	18	252
9	1	9			

$$\sum n_i = 20; \quad \sum T_i \cdot n_i = 257$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{310}{26} = 11,92.$$

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,92} = 0,916.$$

т. к. $K_{Tч} = 0,916 > 0,8$ то деталь по данному показателю технологична.

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	3	9,6	12,5	10	125
6,3	5	31,5			

$$\sum n_i = 18;$$

$$\sum Ш_i \cdot n_i = 166,1$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{166,1}{18} = 9,228$$

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,228} = 0,892$$

т. к. $K_{Ш} = 0,892 > 0,32$ следовательно, деталь по данному показателю технологична.

Коэффициент использования материала [1]:

$$K_M = \frac{m_{DET}}{m_{ЗАГ}} = \frac{167}{759} = 0,220$$

В целом деталь является технологичной. Низкий коэффициент использования материала говорит о том, что базовый вариант получения заготовки (прокат) не оптимален, его необходимо заменить на другой вид заготовки соответствующий серийному производству, например штамповка.

Формулировка основных технологических задач

Основные технологические задачи [5, с. 36-38]:

Обеспечить качество: поверхность $\varnothing 100$ и отверстия $\varnothing 25$ по Ra3,2мкм;

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

поверхность Ø685, поверхность Ø115 и три отверстия М10 по Ra6,3мкм; остальные поверхности по Ra 12,5мкм.

Обеспечить точность размеров:

- поверхность ø100 по 6-му качеству, отверстия М10 по качеству 6Н, поверхность ø685 по 9-му качеству, поверхность ø115 по 11-му качеству, остальные поверхности и размеры по 14-му качеству.

- Обеспечить допуск радиального биения поверхности ø685h9 относительно поверхности ø115 в пределах 0, 2мм.

- Обеспечить позиционный допуск отверстий М10-6Н в пределах 0,4мм.

1.1.3. Анализ заводского технологического процесса изготовления детали

Характеристика технологического процесса

По признакам технологический процесс относят [6]:

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

Анализ методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от служебного назначения детали. На рисунке 2 укажем обрабатываемые поверхности и проанализируем методы их обработки. Проанализируем МОП с точки зрения экономической точности, а результаты занесем в таблицу 5 [6].

В большинстве своем методы обработки соответствуют методам обработки поверхностям экономической точности, следовательно, методы обработки в базовой технологии выбраны, верно.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

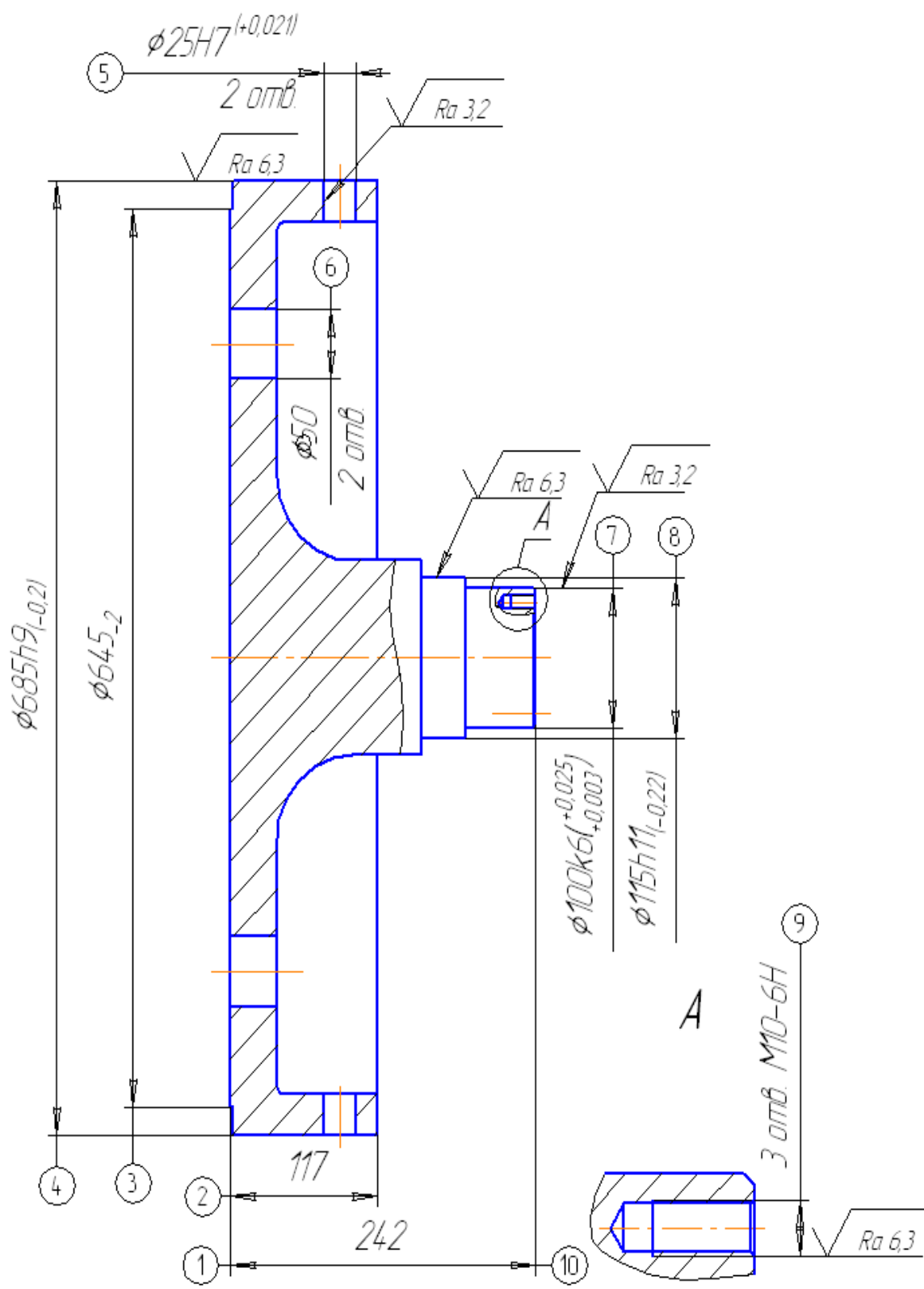


Рисунок 2 – Эскиз детали «Ступица»

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						13
					ДП 44.03.04.927.ПЗ					

Анализ выбора технологических баз

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

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

Таблица 5 – Сравнение методов обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП в М.К.	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шероховатость	
1, 2	Поверхность торцевая	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
3	Уступ	14	12,5	Точение однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
4	Цилиндрическая поверхность	9	6,3	Точение черновое, чистовое	8...10	3,2...6,3	Соответствует
5	Отверстие	7	3,2	Сверление зенкерование развёртывание	6...8	1,25...3,2	Соответствует
6	Отверстие	14	12,5	Сверление	12...14	6,3...12,5	Соответствует
7	Цилиндрическая поверхность	6	3,2	Точение черновое, чистовое, тонкое	6...8	1,6...3,2	Соответствует
8	Цилиндрическая поверхность	11	6,3	Точение черновое и чистовое	9...11	6,3...12,5	Соответствует
9	Отверстие резьбовое	6Н	6,3	Сверление и нарезание резьбы	6Н...8Н	6,3...12,5	Соответствует

Таблица 6 - Технологические базы в станочных операциях базового технологического процесса

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
005	Токарно-винторезная Точить торцы 1 и 2 , точить поверхности 3 и 4, точить фаску	Поверхность 8 и торец.	
010	Токарно-винторезная Точить торец 10, точить поверхность 7 и 8		Поверхности 1 и 4.
015	Сверлильная Сверлить отверстия 6		Поверхность 8 и торец.
020	Сверлильная Сверлить, зенкеровать и развернуть отверстия 5		Поверхность 8 и торец.
025	Сверлильная Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 9		Поверхности 1 и 4.

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 005 Токарно-винторезную и 025 Сверлильную, а результаты занесем в таблицу 7.

Таблица 7 - Анализ станочных операций

№	Наименование и содержание операции	Структура операций				Технологическая база	Способ установки и закрепления	Модель станка	Схема построения операции
		Кол-во установок	Кол-во позиций	Кол-во переходов	Кол-во ходов				
005	Токарно-винторезная Точить торцы 1 и 2, точить поверхности 3 и 4, точить фаску	1	-	3	4	Поверхность 8 и торец.	Патрон 3-х кулачковый	164	Одноместная, многоинструментальная последовательная обработка
025	Сверлильная Сверлить и нарезать резьбу в отверстиях 9	1	-	2	6	Поверхности 1 и 4	Спец. приспособление	2Н55	Одноместная, многоинструментальная, последовательная обработка

Выводы:

В целом технологический процесс обеспечивает точность линейных и диаметральных размеров; качество обработанных поверхностей, допуски отклонения формы и расположения поверхностей.

Тип производства по данному технологическому процессу среднесерийный. Предлагается заменить универсальные станки на обрабатывающий центр с ЧПУ, что соответствует серийному типу производства.

1.1.4. Определение типа производства

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

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

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 $m_{дет}=167$ кг и годовой программе выпуска $N=1110$ шт., примем тип производства - среднесерийное.

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

Широко применяются специальные станки, полуавтоматы, автоматы и станки с ЧПУ. Технологические процессы разрабатываются подробно, следовательно, повышается производительность, и время изготовления

детали уменьшаются. Оборудование располагается по ходу технологического процесса.

В серийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированы.

Квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

1.2. Разработка технологического процесса обработки детали

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

- масса детали 167 кг;
- габариты детали: $\varnothing 685 \times 242$ мм.
- материал – сталь 50 ГОСТ 1050-88 ($\sigma_b = 630$ МПа);
- годовое число деталей 1110 шт.

Учитывая заданный материал – сталь 50, 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.

Штамповка на горизонтально-ковочных машинах - высокопроизводительный процесс, обеспечивающий получение более сложных поковок (с выступами, впадинами в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, с глубокими сквозными отверстиями), чем на молотах и ГКШП с относительно малыми припусками на механическую обработку.

На ГКМ выполняют операции высадки, выдавливание, прошивки, что позволяет штамповать заготовки типа стержня с фланцем, кольца или стакана с профилированной образующей, выполнять высадку концов труб.

Штамповка на ГКМ выполняется обычно в нескольких ручьях.

Количество высадочных ручьев зависит от длины деформируемой

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

части прутка и сложности конфигурации заготовки.

Штампы ГKM состоят из подвижной и неподвижной матриц и блока пуансонов, с вертикальной или горизонтальной плоскостями разъемов. Схемы перемещения штампов в ГKM с вертикальной и горизонтальной плоскостью разъема матриц. Наличие двух разъемов в штампе позволяет получать поковки без штамповочных уклонов по стенкам матриц.

Сквозные отверстия и углубления выполняют в том случае, если их оси совпадают с направлением движения высадочного блока пуансонов.

Диаметры или размеры прошиваемых отверстий - не менее 30 мм, а длина их не превышает трех диаметров. Уклоны впадин и сквозных отверстий повокков выполняют 2-3°.

Точность штамповки на ГKM не ниже, чем на КГШП, при формовке в матрицах можно получать заготовки, более приближающиеся к форме готовых деталей, с более высокой производительностью, чем на ККШП.

Вместе с тем стоимость оборудования и штампов выше, чем при штамповке на прессах, и поэтому штамповка на ГKM выполняется главным образом при серийном производстве.

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

$$m_d = V_{\text{общ}} \cdot \rho,$$

где $V_{\text{общ}}$ – общий объём детали, мм³ $V_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot l_i$;

ρ – удельный вес материала, для стали 50 $\rho=0,078\text{г/мм}^3$.

Тогда:

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - 2 \cdot V_5 - 2 \cdot V_6 - V_7 = \frac{3,14 \cdot 685^2}{4} \cdot 117 + \frac{3,14 \cdot 140^2}{4} \cdot 35 + \frac{3,14 \cdot 115^2}{4} \cdot 35 + \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \cdot 55 - 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 50^2}{4} \cdot 37 - 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 24^2}{4} \cdot 30 - \frac{3,14 \cdot (625^2 - 140^2)}{4} \cdot 80 = 20956862,4 \text{ мм}^3$$
$$m_d = 20956862,4 \cdot 0,0078 = 163464 \text{ г} = 167 \text{ кг}$$

Масса заготовки $m_3 = 207$ кг. По содержанию углерода сталь 50 относится к группе сталей М2. По соотношению объёма детали к объёму

элементарной фигуры в которую вписывается деталь

$V_{ДЕТ}/V_{ЗАГ}=20956862,4/89138673,3=0,235$ степень сложности С3.

Класс точности поковки Т4.

При массе заготовке 207 кг исходный индекс заготовки равен 19.

1.2.2. Расчет припусков

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

Расчет припусков аналитическим методом

Заготовка – штамповка на ГКМ.

Материал – сталь 50 ГОСТ 1050-88.

Масса заготовки $m_3=207$ кг.

Определим припуск на размер поверхности $\varnothing 100к6^{(+0,025}_{+0,003})$.

Технологический маршрут обработки поверхности $\varnothing 100к6^{(+0,025}_{+0,003})$.

- точение черновое

- точение чистовое

- точение тонкое.

Определим элементы припуска [7, с. 186 табл. 12; с. 188 табл. 25] и занесем их в таблицу 9.

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

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2},$$

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

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

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 55 = 0,0275 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2,6^2 + 0,0275^2} \approx 2,6 \text{ мм} = 2600 \text{ мкм}$$

Остаточные пространственные отклонения [8, с. 37]:

- после чернового растачивания:

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

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- после чистового растачивания:

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

Погрешность установки определим по [8, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 9.

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

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

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

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

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

Результаты занесем в таблицу 9.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np}$$

Максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max}^{np} - D_{\max i-1}^{np}$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 9.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{оном} = 2 \cdot Z_{о\min} + \frac{\sigma_3}{2} - \sigma_3 = 1,485 + \frac{5,6}{2} - 0,022 = 4,26 \text{ мм}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \sigma_{i-1} - \sigma_i$$

$$6,21 - 0,83 = 5,6 - 0,22 = 5,38 \text{ мм}$$

$$0,593 - 0,427 = 0,22 - 0,054 = 0,166 \text{ мм}$$

$$0,242 - 0,228 = 0,054 - 0,022 = 0,032 \text{ мм}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Таблица 9 - Расчет припусков и допусков на $\varnothing 100\text{k}6^{(+0,025)}_{(+0,003)}$

Технологические переходы обработки поверхности $\varnothing 100\text{k}6^{(+0,025)}_{(+0,003)}$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер D_p , мм	Допуск δ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мм	
	R_z	h	ρ	ε				D_{\min}^{np}	D_{\max}^{np}	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	2600			107,065	5,60	101,47	107,07		
Черновое точение	50	50	125	150	2·3104	100,857	0,220	100,64	100,86	0,83	6,21
Чистовое точение	25	25	50	150	2·295	100,267	0,054	100,213	100,267	0,427	0,593
Тонкое точение	12	12		50	2·121	100,025	0,022	100,003	100,025	0,228	0,242

$$2 \cdot Z_{0\min} = 1,485 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 7,045 \text{ мм}$$

На рисунке 3 изобразим графическую схему припусков и допусков.

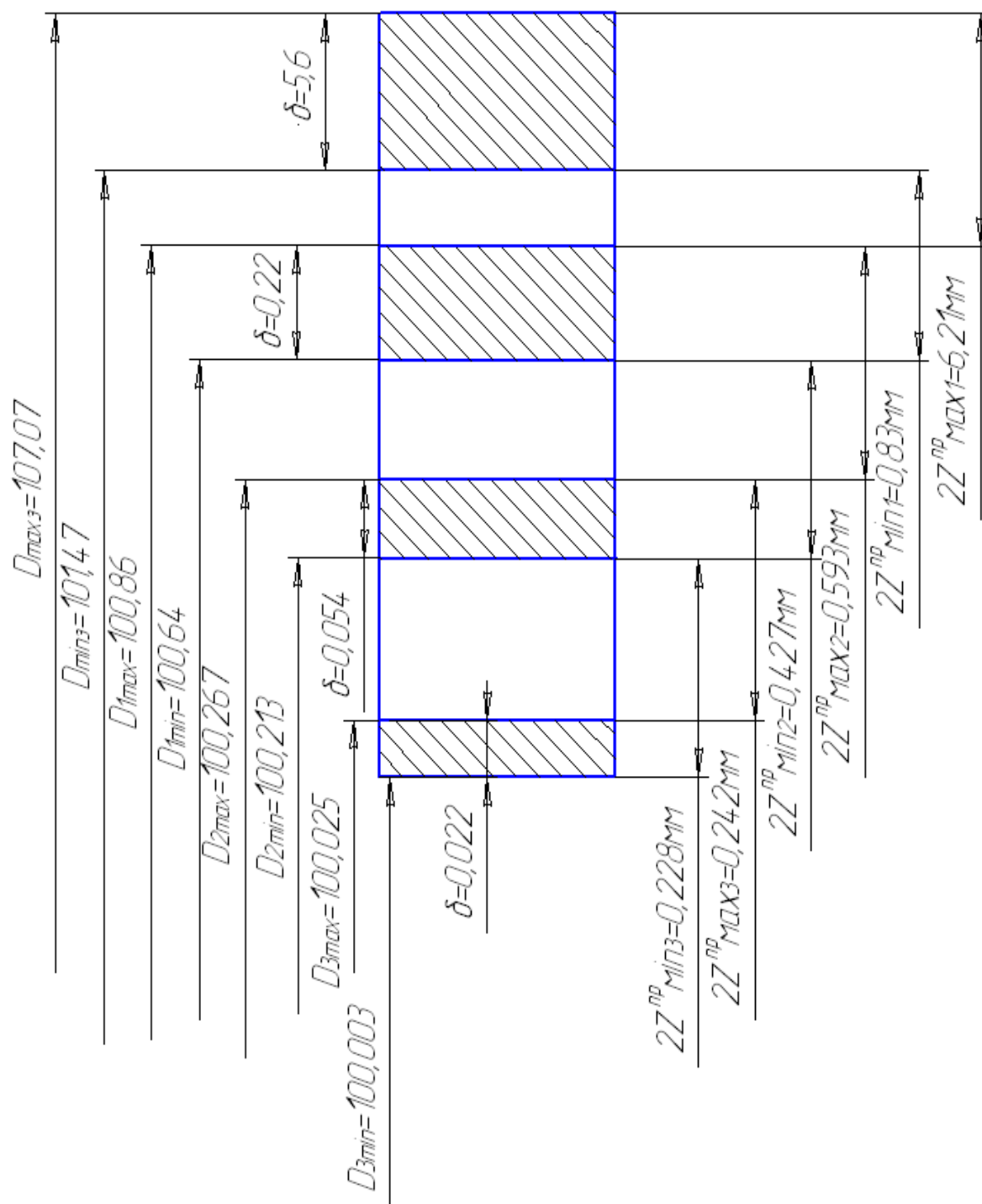


Рисунок 3 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности $\text{Ø}100\text{k}6$ $\begin{pmatrix} +0,025 \\ +0,003 \end{pmatrix}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.927.ПЗ

Лист

24

Табличный метод расчета припусков

На рисунке 4 покажем эскиз детали, проставим размеры и назначим на них припуски и допуски по [6, с 184-189 табл.27-28], а результаты занесем в таблицу 10.

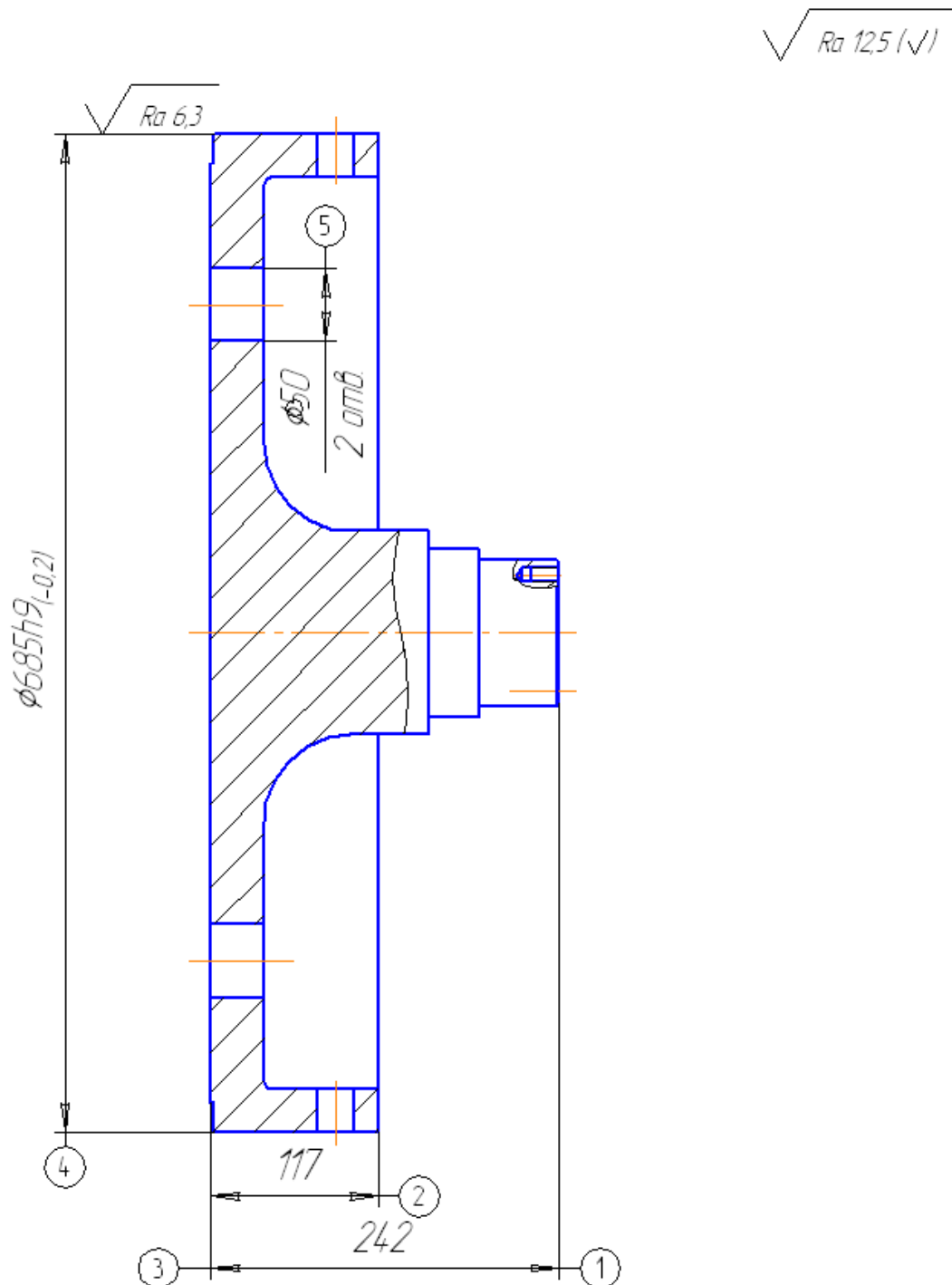


Рисунок 4 – Эскиз детали «Ступица»

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.927.ПЗ					

Таблица 10 - Припуски и допуски на обработку

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, мм	Отклонения, мм	
Заготовка-штамповка	1	4,0	250	+4,2	-2,1
	2	3,5	128,5	+3,7	-1,9
	3	4,0	250	+4,2	-2,1
	4	5,0	695	+6,0	-3,0
	5	3,0	44	+1,7	-3,3
Точение однократное	1	4,0	242	+0	-1,15
	2	3,5	117	+0	-0,87
	3	4,0	242	+0	-1,15
	4	4,5	694	+0	-2,0
Точение чистовое	4	0,5	685	+0	-0,20
Сверление	5	3,0	50	+0,62	-0

1.2.3. Выбор технологических баз

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используются для определения положения изделия в процессе изготовления. Выделяют основные и вспомогательные технологические базы, черновые и чистовые базы.

К основным технологическим базам относят правый торец и поверхности $\varnothing 100$ и $\varnothing 115$. К вспомогательным базам относят поверхности $\varnothing 685$, торец левый и отверстия $\varnothing 25H7$.

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

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

Схема черного базирования показана на рисунке 5.

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- отверстие 5: сверление, зенкерование и развёртывание;
- поверхность 5: точение однократное;
- отверстие 6: сверление;
- поверхность 7: точение черновое, чистовое, тонкое;
- поверхность 8: точение однократное;
- отверстие 9: сверление и нарезание резьбы;
- торец 10: точение однократное.

1.2.5. Составление технологического маршрута обработки детали «Ступица»

Технологический маршрут обработки детали «Ступица» представлен в таблице 11. Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунке 2.

Таблица 11 – Технологический маршрут обработки детали «Ступица»

№ операции	Наименование операции	Оборудование
1	2	3
005	Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А Точить торец 1 с подрезанием уступа 3. Точить поверхность 4. Сверлить 2 отв. 6. Центровать 2 отв. 5. Сверлить 2 отв. 5. Развернуть 2 отв. 5.	Обрабатывающий центр с ЧПУ
005	Установ Б Точить послед. торцы 2 и 10. Точить поверхности 7 и 8 предварительно.	Обрабатывающий центр с ЧПУ

Окончание таблицы 11

1	2	3
005	Точить поверхность 8 окончательно, поверхность 7 предварительно. Точить поверхность 7 окончательно. Центровать 3 отв. 9. Сверлить 3 отв. 9 под резьбу. Нарезать резьбу 9 в 3-х отверстиях.	Обрабатывающий центр с ЧПУ модели MU-500VA
010	Промывка	Камера моющая
015	Контроль	Стол контрольный

1.2.6. Выбор средств технологического оснащения

1.2.6.1. Выбор и описание оборудования

В связи с увеличением производственной программы выпуска деталей «Ступица» с 500 до 1110 в год существующее универсальное оборудование не справится с предстоящей задачей. Предлагается, заменить существующее универсальное оборудование на обрабатывающий центр с ЧПУ, что будет соответствовать серийному производству и позволит предприятию справиться с задачей годового увеличения выпускаемых изделий.

Одно из главных преимуществ обрабатывающего центра – высокая производительность: она в 3-8 раз превышает производительность обычных станков. Это достигается за счет сокращения вспомогательного времени, а доля машинного времени в общем цикле обработки увеличивается на 60-70%.

Один обрабатывающий центр с успехом выполняет целый комплекс работ, требующих высокой точности. Руководство процессом происходит благодаря установленной оператором компьютерной программе.

В дипломном проекте предлагается использовать вертикальный обрабатывающий центр серии VTM-80YB.

Вертикальный обрабатывающий центр серии VTM Yb позволяет осуществлять интенсивный процесс обработки крупных деталей сложной формы [18].

На данном обрабатывающем центре производится обработка наклонных поверхностей (пятиградусное индексирование оси В) в дополнение к токарной обработке вертикальным/горизонтальным шпинделем [18].

Многосторонняя обработка с одним патроном обеспечивает значительное сокращение времени на установку и повышение точности.

Технические характеристики обрабатывающего центра с ЧПУ серии VTM-80YB в таблице 11 [18]

Таблица 11 - Технические характеристики ОЦ с ЧПУ серии VTM-80YB

1	2	3
Функциональные возможности	Макс. диаметр обработки, мм	Ø800
	Макс. диаметр перемещения, мм	Ø1010
	Макс. длина обработки, мм	1135
	Диаметр стола, мм	Ø800
	Макс. размер патрона, мм	Ø900
	Макс. загружаемая заготовка (с патроном), кг	1500
Перемещения	Перемещение оси X, мм	1120
	Перемещение оси Y, мм	710 (+/-355)
	Перемещение оси Z, мм	1135
	Перемещение оси C, градусы	360 градусов
	Минимальное заданное перемещение оси C в приращениях, градусы	0,001
	Перемещение оси B, градусы	90 градусов (доп.: индексация 120 градусов ЧПУ)
	Угол индексирования оси B, градусы	Каждые 5 градусов (доп.: индексация ЧПУ)
Шпиндель	Скорость вращения, об/мин	8-800
	Диапазоны скоростей шпинделя	Бесступенчато регулируемые *2
	Диаметр сквозного отверстия, мм	Ø110
	Диаметр/конус	Ø115 (Ø4,53)/1/20
	От пола до торца шпинделя, мм	1150
Инструментальный шпиндель	Тип	ATC

Окончание таблицы 11

1	2	3
	Макс. скорость шпинделя, об/мин	4000 (с режимом ЧПУ оси В 6000)
	Число ступеней переключения шпинделя	Бесступенчато регулируемый
	Форма шпинделя	BT50 (BIG-PLUS)
	Диаметр торца, мм	∅90
Смена инструмента	Хвостовик инструмента	BT50
	Инструментальная оправка для автоматической смены	P50T-2
	Макс. количество инструмента (вместимость магазина)	(Доп.: 60, 120)
	Макс. диаметр инструмента, мм	170 (без смежного 250)
	Макс. длина (от линии измерения), мм	500
	Макс. вес инструмента, кг	30 (доп.: 40)
Ось подачи	Скорость рабочей подачи X, Y, Z	
	Скорость форсированной подачи, мм/оборот	0,001-500,000
	Ось X, м/мин	24
	Ось Y, м/мин	24
	Ось Z, м/мин	20
	Ось C, об/мин	20
Двигатель	Двигатель шпинделя (30 мин/пост.), кВт	OSP:VAC 30/22 FANUC: AC 30/22
	Двигатель фрезы, кВт	AC 18,5/15
	Двигатель оси X OSP/FANUC, кВт	BL 4,6/AC6
	Двигатель оси Y OSP/FANUC, кВт	BL 4,6/AC7
	Двигатель оси Z OSP/FANUC, кВт	BL 4,6/AC6
Размер станка	Требуемая площадь (Д*Ш), мм	4887*4870
	Высота, мм	3937
	Вес, кг	23000
Система управления		Siemens Sinumeric 820D

На рисунке 7 изображён обрабатывающий центр с ЧПУ модели VTM-80YB.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31



Рисунок 7 – Обрабатывающий центр с ЧПУ модели VTM-80YB

1.2.6.2. Выбор и описание металлорежущего инструмента и режимов резания

Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «ISCAR».

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

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

Материал, из которого выполнена деталь «Ступица» (Сталь 50) относится к группе P-2 [13, с. 398].

Установ А.

Переход 1. Точить торец 1 с подрезанием уступа 3 за два прохода.

Державка SCLCL 2525M-12 [13, с. 45],

где обозначено: S – система крепления (крепление винтом), C – форма пластины (ромб 80°), L – угол в плане (95°), C – задний угол сменной пластины (7°), L – направление резания (левое), 20 – высота хвостовика, 20 – ширина хвостовика, M – длина державки (150мм), 12 – размер пластины

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

(рис. 8) [13, с. 10].

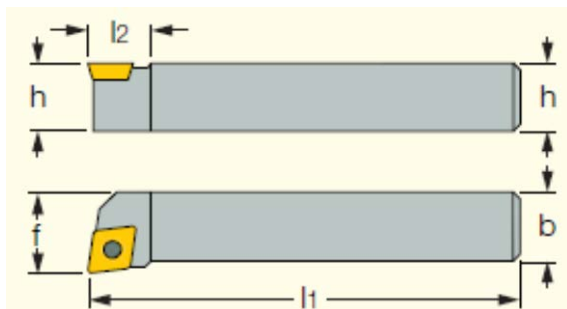


Рисунок 8 – Державка

Размеры державки: $l_1=150\text{мм}$, $l_2=20\text{мм}$, $h=25\text{мм}$, $b=25\text{мм}$ [13, с. 45].

Пластина ССМТ 120408-14 IC5005 [13, с. 202],

где обозначено: С - форма пластины (ромб 80°), С - задний угол (равен 7°), М – класс точности, Т – тип СМП (стружколом на одной стороне с отверстием и фаской), 12 – номинальная длина режущей кромки, 04 – толщина (4,76мм), 08 – радиус при вершине (0,8мм), 14 – внутреннее обозначение, IC5005 – материал пластины [13, с. 149-150].

IC5005 – сплав с многослойным покрытием, используется для точения сталей и чугуна [13, с. 399-400].

Рекомендуемые режимы резания ($a_p=0,8\dots 3\text{мм}$, $f=0,14\dots 0,30\text{ мм/об}$) [13, с. 202], $V_c=140\dots 250\text{м/мин}$ [13, с. L3].

Переход 2. Точить поверхность 4 за два прохода.

Державка SCLCL 2525M-12 [13, с. 45],

Пластина ССМТ 120408-14 IC5005 [13, с. 202],

Рекомендуемые режимы резания ($a_p=0,8\dots 3\text{мм}$, $f=0,14\dots 0,30\text{ мм/об}$) [13, с. 202], $V_c=140\dots 250\text{м/мин}$ [13, с. L3].

Переход 3. Сверлить последовательно два отв. 6.

Сверло со сменными пластинками DR 050-100-40-16-2D-N AG5 IC08 (рис. 9) [14, с. 61].

Пластина SOMT 160512-DT IC808 [14, с. 71],

Рекомендуемые режимы резания: $V_c=200\dots 300\text{м/мин}$, $f=0,10\dots 0,15\text{ мм/об}$ [14, с. 84].

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Сменная сверлильная головка ICP 24.8-14 IC908 [14, с. 22] (рис. 11).

Рекомендуемые режимы резания: $V_c=105\text{м/мин}$, $f=0,35\text{ мм/об}$ [14, с. 36].

Переход 6. Развернуть последовательно два отверстия 5.

Развертка RM-SHR-2500-H7S-MT3-CB IC07 (рис. 12) [14, с. 266].

Рекомендуемые режимы резания: $a_p=0,05\dots0,12\text{мм}$, $V_c=6\dots20\text{м/мин}$, $f=0,20\dots0,35\text{ мм/об}$ [14, с. 270].

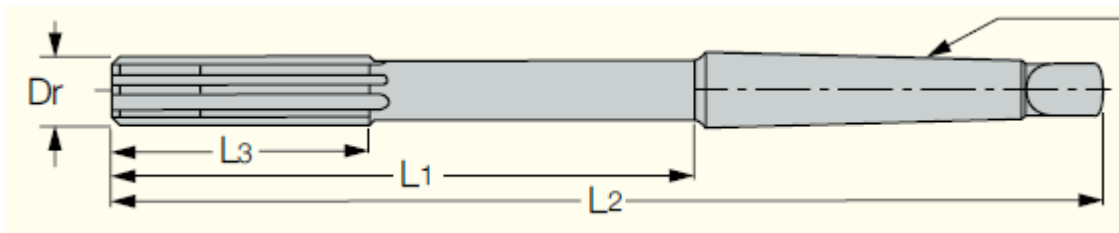


Рисунок 12 – Цельная твердосплавная развертка

Размеры развертки: $D_r=25\text{мм}$, $L_1=169\text{мм}$, $L_2=268\text{мм}$, $L_3=68\text{мм}$, $Z=8$ [13, с. 45].

Установ Б.

Переход 1. Точить последовательно торцы 2 и 10 за два прохода.

Державка SCLCL 2525M-12 [13, с. 45].

Пластина CCMT 120408-14 IC5005 [13, с. 202].

Рекомендуемые режимы резания: $a_p=0,8\dots3\text{мм}$, $f=0,14\dots0,30\text{ мм/об}$ [13, с. 202], $V_c=140\dots250\text{м/мин}$ [13, с. L3].

Переход 2. Точить поверхности 7 и 8 предварительно.

Державка SCLCL 2525M-12 [13, с. 45].

Пластина CCMT 120408-14 IC5005 [13, с. 202].

Рекомендуемые режимы резания ($a_p=0,8\dots3\text{мм}$, $f=0,14\dots0,30\text{ мм/об}$) [13, с. 202], $V_c=140\dots250\text{м/мин}$ [13, с. L3].

Переход 3. Точить поверхность 8 окончательно, а поверхность 7 предварительно.

Державка SCLCL 2525M-12 [13, с. 45].

Пластина CCMT 120408-14 IC5005 [13, с. 202].

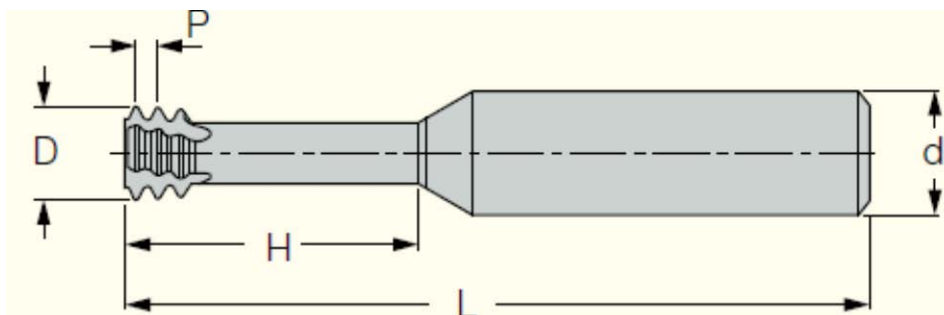


Рисунок 14 – Резьбовая фреза

Размеры резьбы: $D=7,8\text{мм}$, $P=1,5\text{мм}$, $H=23\text{мм}$, $L=64\text{мм}$, $d=8\text{мм}$ [14, с. 119].

Рекомендуемые режимы резания: $V_c=60\dots120\text{м/мин}$, $f=0,15\text{мм/зуб}$ [15, с. 422].

Для операций элементы режима резания определим по каталогу фирмы «ISCAR», а результаты занесем в таблицу 12.

Таблица 12 - Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	Sм, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ					
Установ А					
Переход 1	3,0	0,3	28	92	200
	3,0	0,3	28	92	200
Переход 2	3,0	0,3	28	92	200
	2,0	0,3	34	115	250
Переход 3	25	0,15	191	1274	200
Переход 4	4,0	0,17	711	4180	105
Переход 5	12,4	0,35	472	1348	105
Переход 6	0,1	0,3	76,4	255	20
Установ Б					
Переход 1	3,0	0,3	28	92	200
	1,0	0,2	23	115	250
Переход 2	3,0	0,3	179	596	200
Переход 3	3,0	0,3	179	596	200
Переход 4	3,0	0,3	179	596	200
Переход 5	4,25	0,20	182	3372	90
Переход 6	1,0	0,25	663	2654	100
Переход 7	0,75	0,15	358	2388	60

1.2.7. Расчет технических норм времени

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

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (7)$$

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

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

n - количество деталей в партии, $n=26$ шт;

t_0 - основное время, мин;

t_B - вспомогательное время, мин;

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

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

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

$$t_B = t_{уc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{и.з}, \quad (8)$$

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

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

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

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

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

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (9)$$

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

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

Основное время [7, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (10)$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

где l - расчетная длина;
 i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [7, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (11)$$

где l_0 - длина обработки поверхности;
 $l_{вр}$ - величина врезания инструмента;
 $l_{пер}$ - величина перебега.

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

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А.

Переход 1. Точить торец 1 с подрезанием уступа 3 за два прохода.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 345$ мм.

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

$$l_{вр} + l_{пер} = 7$$
мм.

Тогда:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 345 + 7 = 352$$
мм.

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{01} = \frac{352}{28} \cdot 2 = 25$$
мин

Переход 2. Точить поверхность 4 за два прохода.

$l_0 = 120$ мм, $l_{вр} + l_{пер} = 7$ мм, $l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 120 + 7 = 127$ мм.

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{02} = \frac{127}{28} + \frac{127}{34} = 8,3$$
мин

Переход 3. Сверлить последовательно два отв. 6.

$l_0 = 40$ мм, $l_{вр} + l_{пер} = 5$ мм, $l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 40 + 5 = 45$ мм.

Число проходов равно $i=2$.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{03} = \frac{45}{191} \cdot 2 = 0,47 \text{ мин}$$

Переход 4. Центровать последовательно два отверстия 5.

$$l_0 = 6 \text{ мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 3 \text{ мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 6 + 3 = 9 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{04} = \frac{9}{711} \cdot 2 = 0,03 \text{ мин}$$

Переход 5. Сверлить последовательно два отверстия 5 под развертывание.

$$l_0 = 35 \text{ мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4 \text{ мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 35 + 4 = 39 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{05} = \frac{39}{472} \cdot 2 = 0,17 \text{ мин}$$

Переход 6. Развернуть последовательно два отверстия 5.

$$l_0 = 35 \text{ мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 3 \text{ мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 35 + 3 = 38 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{06} = \frac{38}{76,4} \cdot 2 = 1,0 \text{ мин}$$

Общее машинное время на установке А:

$$t_{0A} = 25 + 8,3 + 0,47 + 0,03 + 0,17 + 1,0 = 34,97 \text{ мин}$$

Установ Б.

Переход 1. Точить последовательно торцы 2 и 10 за два прохода.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 30 + 54 = 84 \text{ мм.}$

Величина врезания и перебега [7, с. 95]: $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 8 \text{ мм.}$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 84 + 8 = 92 \text{ мм.}$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{01} = \frac{92}{28} + \frac{92}{23} = 7,3 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Переход 2. Точить поверхности 7 и 8 предварительно.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 98\text{мм}$.

Величина врезания и перебега [7, с. 95]: $l_{вр} + l_{пер} = 7\text{мм}$.

Тогда:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 98 + 7 = 105\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{105}{179} = 0,59\text{мин}$$

Переход 3. Точить поверхность 8 окончательно, а поверхность 7 предварительно.

$$l_0 = 98\text{мм}, l_{вр} + l_{пер} = 7\text{мм}, l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 98 + 7 = 105\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{03} = \frac{105}{179} = 0,59\text{мин}$$

Переход 4. Точить поверхность 7 окончательно.

$$l_0 = 35\text{мм}, l_{вр} + l_{пер} = 5\text{мм}, l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 35 + 5 = 40\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=5$.

$$t_{04} = \frac{40}{179} \cdot 5 = 1,1\text{мин}$$

Переход 5. Сверлить последовательно 3 отверстия 9 под резьбу.

$$l_0 = 26\text{мм}, l_{вр} + l_{пер} = 6\text{мм}, l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 26 + 6 = 32\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=3$.

$$t_{05} = \frac{32}{182} \cdot 3 = 0,53\text{мин}$$

Переход 6. Зенковать последовательно фаски в 3-х отверстиях 9.

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

Число проходов равно $i=3$.

$$t_{06} = \frac{8}{663} \cdot 3 = 0,04\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Переход 7. Нарезать резьбу последовательно в 3-х отверстиях 9.

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

Число проходов равно $i=3$.

$$t_{07} = \frac{25}{358} \cdot 3 = 0,21\text{мин}$$

Общее машинное время на установе Б:

$$t_{ОБ} = 7,3 + 0,59 + 0,59 + 1,11 + 0,53 + 0,04 + 0,21 = 10,37\text{мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$T_O = 34,97 + 10,37 = 48,34 \text{ мин}$$

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

$$t_{ус} = 5,21 \text{ мин};$$

$$t_{уп} = 4,42 \text{ мин};$$

$$t_{изм} = 12,2 \text{ мин}.$$

$$t_B = 5,21 + 4,42 + 12,2 = 21,83 \text{ мин}.$$

Оперативное время [7, с. 101]:

$$t_{ОП} = t_O + t_B = 48,34 + 21,83 = 70,17\text{мин}$$

Время технического обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{тех} = \frac{6 \cdot t_{ОП}}{100} = \frac{6 \cdot 70,17}{100} = 4,2\text{мин}$$

Время организационного обслуживания [7, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{ОП}}{100} = \frac{8 \cdot 70,17}{100} = 5,6\text{мин}$$

Время на отдых [7, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{он}}{100} = \frac{2,5 \cdot 70,17}{100} = 1,8\text{мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 70,17 + 4,2 + 5,6 + 1,8 = 81,8 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Подготовительно-заключительное время [7, с. 216-217]:

$$T_{ПЗ} = 32 \text{ мин}$$

Тогда:

$$T_{шт-к} = \frac{32}{26} + 81,8 = 83,0 \text{ мин}$$

1.2.8. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали

Модернезируемый технологический процесс механической обработки детали «Полумуфта» предполагает использование обрабатывающего центра с ЧПУ модели VTM-80YB. Данный станок оснащен системой ЧПУ Siemens Sinumeric 820D.

Системы ЧПУ Sinumerik выпускаются для широкого ряда станков с ЧПУ. Эти системы ЧПУ имеют широкий ряд опций для различных областей применения, от мелких мастерских до крупных предприятий аэрокосмической промышленности.

Модель 820D обеспечивает максимально возможную производительность и гибкость при любых типах обработки, в том числе и на сложных многоосевых системах.

Программное ядро системы ЧПУ (VNCK) позволяет производить расширенную симуляцию обработки на станке в NX CAM или на виртуальных станках.

NX CAM обеспечивает расширенные возможности программирования, соответствующие широким возможностям систем ЧПУ Sinumerik.

Для того чтобы постпроцессор обеспечивал оптимизированный вывод для систем ЧПУ Sinumerik в таких областях, как высокоскоростное резание или 5-осевая обработка, NX CAM сочетает автоматически выбираемые и пользовательские параметры.

Программное ядро VNCK, поставляемое с NX CAM в качестве

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дополнения, обеспечивает управляемое системой ЧПУ симуляцию для выполнения полной проверки программ и обеспечения точной оценки времени обработки.

NX предлагает различные шаблоны постпроцессора и проверенные постпроцессоры, подходящие для широкого ряда станков с системами ЧПУ Sinumerik.

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

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

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

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

1. Точить торец 1 с подрезанием уступа 3 за два прохода.
2. Точить поверхность 4 за два прохода.
3. Сверлить последовательно два отв. 6.
4. Центровать последовательно два отверстия 5..
5. Сверлить последовательно два отверстия 5 под развертывание.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Переход 6. Развернуть последовательно два отверстия 5.

Для разработки управляющей программы необходимо:

- выбрать инструмент;
- выбрать режимы резания;
- спроектировать траекторию движения инструмента;
- определить координаты опорных точек.

Выбор режущего инструмента приведен в главе 1.2.6.2.

Режимы резания представлены в таблице 11.

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

Инструментам присвоим номера T1...T6.

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
T1 D1	Выбор резца, выбор корректора
G96 S200 Lims=300 M4 M8	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелке с заданными оборотами, включение подачи СОЖ
G90 G54 G17 G0 X700 Y0 Z-3	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Y, перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X0 F0.3	Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи
G0 X700 Y0 Z5	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
Z-6	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 X645 F0.3	Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи
Z-4	Движение к заданным координатам на рабочей подаче

Продолжение таблицы 12

1	2
X0	Движение к заданным координатам на рабочей подаче
G0 X689 Y0 Z3	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
G1 Z-132 F0.3	Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи
G0 Z3	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
X685	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку с указанными координатами
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G96 S250 Lims=300 M4 M8	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелке с заданными оборотами, включение подачи СОЖ
G1 Z-132 F0.3	Движение к заданным координатам, включение рабочей подачи
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X850 Y0 Z300	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку безопасной смены инструмента
T2 D1	Выбор сверла, выбор корректора
G96 S200 Lims=250 M4 M8	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелке с заданными оборотами, включение подачи СОЖ
G90 G54 G17 G0 X225 Y0 Z3 F0.15	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости X-Y, перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи
CYCLE 81 (3, 0, 3, -42)	Цикл сверления 1-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 3 –плоскость отвода, 0 - базовая плоскость, 3- безопасное расстояние, -42 – абсолютная глубина сверления
G0 X-225 F0.35	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче, включение рабочей подачи
CYCLE 81 (3, 0, 3, -42)	Цикл сверления 1-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 3 –плоскость отвода, 0 - базовая плоскость, 3- безопасное расстояние

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 12

1	2
	-42 абсолютная глубина сверления
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X850 Y0 Z300	Движение инструмента на ускоренной подаче в точку безопасной смены инструмента
T3 D1	Выбор сверла, выбор корректора
G96 S105 Lims=150 M4 M8	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелке с заданными оборотами, включение подачи СОЖ
G90 G54 G19 G0 X345 Y0 Z-80 F0.17	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости Y-Z, перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи
CYCLE 81 (345, 342.5, 2.5, 336)	Цикл сверления 1-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 345 –плоскость отвода, 342.5 - базовая плоскость, 2,5- безопасное расстояние, 336 – абсолютная глубина сверления
CYCLE 81 (345, 342.5, 2.5, 336)	Цикл сверления 2-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 345 –плоскость отвода, 342,5 - базовая плоскость, 2,5- безопасное расстояние, 336 – абсолютная глубина сверления
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X850 Y0 Z300	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
T4 D1	Выбор сверла, выбор корректора
G96 S105 Lims=150 M4 M8	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелке с заданными оборотами, включение подачи СОЖ
G90 G54 G19 G0 X345 Y0 Z-80 F0.35	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости Y-Z, перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи
CYCLE 81 (345, 342.5, 2.5, 306)	Цикл сверления 1-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 345 –плоскость отвода, 342.5 - базовая плоскость, 2,5- безопасное расстояние, 306 – абсолютная глубина сверления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Окончание таблицы 12

1	2
CYCLE 81 (345, 342.5, 2.5, 306)	Цикл сверления 2-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 345 –плоскость отвода, 342,5 - базовая плоскость, 2,5- безопасное расстояние, 306 – абсолютная глубина сверления
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X850 Y0 Z300	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
T5 D1	Выбор развертки, выбор корректора
G96 S20 Lims=30 M4 M8	Постоянная скорость резания, вращение шпинделя против часовой стрелке с заданными оборотами, включение подачи СОЖ
G90 G54 G19 G0 X345 Y0 Z-80 F0.30	Абсолютные размеры, сдвиг нулевой точки, выбор рабочей плоскости Y-Z, перемещение на ускоренной подаче в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи
CYCLE 81 (345, 342.5, 2.5, 306)	Цикл развертывания 1-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 345 –плоскость отвода, 342.5 - базовая плоскость, 2,5- безопасное расстояние, 306 – абсолютная глубина сверления
CYCLE 81 (345, 342.5, 2.5, 306)	Цикл развертывания 2-го отверстия с абсолютной конечной глубиной сверления, 345 –плоскость отвода, 342,5 - базовая плоскость, 2,5- безопасное расстояние, 306 – абсолютная глубина сверления
M9 M5	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X850 Y0 Z300	Движение к заданным координатам на ускоренной подаче
M30	Конец программы

1.3. Выбор контрольного приспособления

Приспособление предназначено для установки детали и контроля радиального биения.

Принцип работы приспособления

Приспособление представляет собой корпус (поз. 5), в который

устанавливаются подшипник (поз. 6) и оправка (поз. 2). Индикатор (поз. 3) крепится к стойке (поз. 4). Положение стойки с индикатором регулируется с помощью ручки. На оправку устанавливается деталь (отверстие $\varnothing 115$). Ножка индикатора устанавливается на диаметр детали и поворачивая оправку с деталью вокруг оси фиксируем колебание стрелки индикатора, которое и показывает отклонение биения торца относительно отверстия.

Характеристики измерительной головки по паспорту прибора:

Тип измерительной головки – ИЧ-02.

Пределы измерений – от 0 до 2мм.

Цена деления шкалы – 0,01мм.

Класс и допускаемая погрешность – кл. т. 0, погрешность 10мкм.

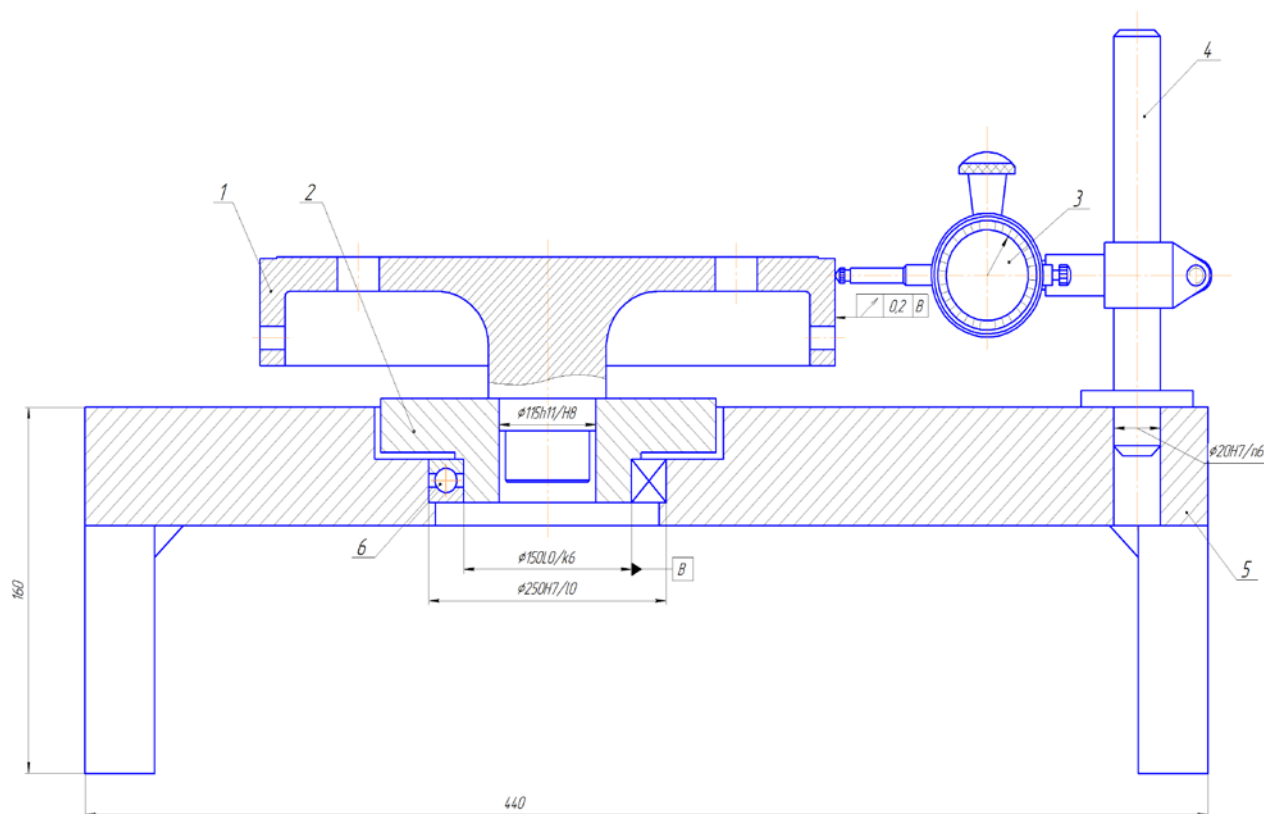


Рисунок 15 - Контрольно-измерительное приспособление

1 - Измеряемая деталь, 2 - оправка, 3 - измерительная головка, 4 – стойка
5 – корпус, 6 – подшипник

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1.4. Проверочный расчет зажимного приспособления (расчет сил зажима)

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

Базирование детали

Заготовку базируем на поверхность А (лишает деталь 3-х степеней подвижности) и поверхность Б (лишает деталь 2-х степеней подвижности).

Таким образом, базирование не полное – деталь лишена 5-ти степеней подвижности.

Схема базирования представлена на рисунке 16.

Определим силы резания по [25, с. 135]:

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

где $K_p = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{630}\right)^1 = 0,95$.

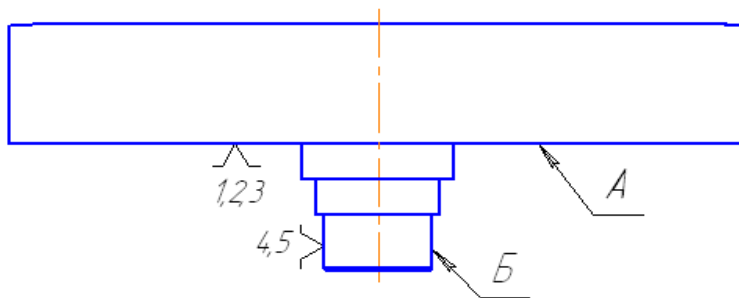


Рисунок 16 – Базирование детали

Коэффициент C_p и показатели степеней определим по [25, с. 273 табл. 22]:

- для силы P_x : $C_p=339$, $x=1$, $y=0,5$, $n=-0,40$;
- для силы P_z : $C_p=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$.

Тогда:

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3^1 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 200^{-0,4} \cdot 0,95 = 636 \text{ Н.}$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 200^{-0,15} \cdot 0,95 = 1565 \text{ Н.}$$

Определим крутящий момент:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot P_z \cdot d = 0,5 \cdot 1565 \cdot 645 = 504713 \text{ Н} = 504,713 \text{ кН.}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Расчет коэффициента запаса сил резания

При расчете сил зажима заготовки силы и моменты сил резания увеличивают в несколько раз, вводя в формулы коэффициент запаса K . Это повышает надежность закрепления заготовки. Коэффициент определяют по формуле [13, с. 382...384]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

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

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

K_2 - коэффициент, повышающий силы резания при работе затупленным инструментом, примем $K_2 = 1,0$;

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

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

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

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

Подставим значения коэффициентов в формулу:

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

Расчет требуемых сил зажима

Найдем величину сил зажима из условия, что заготовка сохраняет неподвижное состояние под действием сил зажима, реакций опор и сил резания. На рисунке 17 представлена графическая модель равновесия заготовки.

Для сохранения равновесия должны соблюдаться условия:

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

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

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

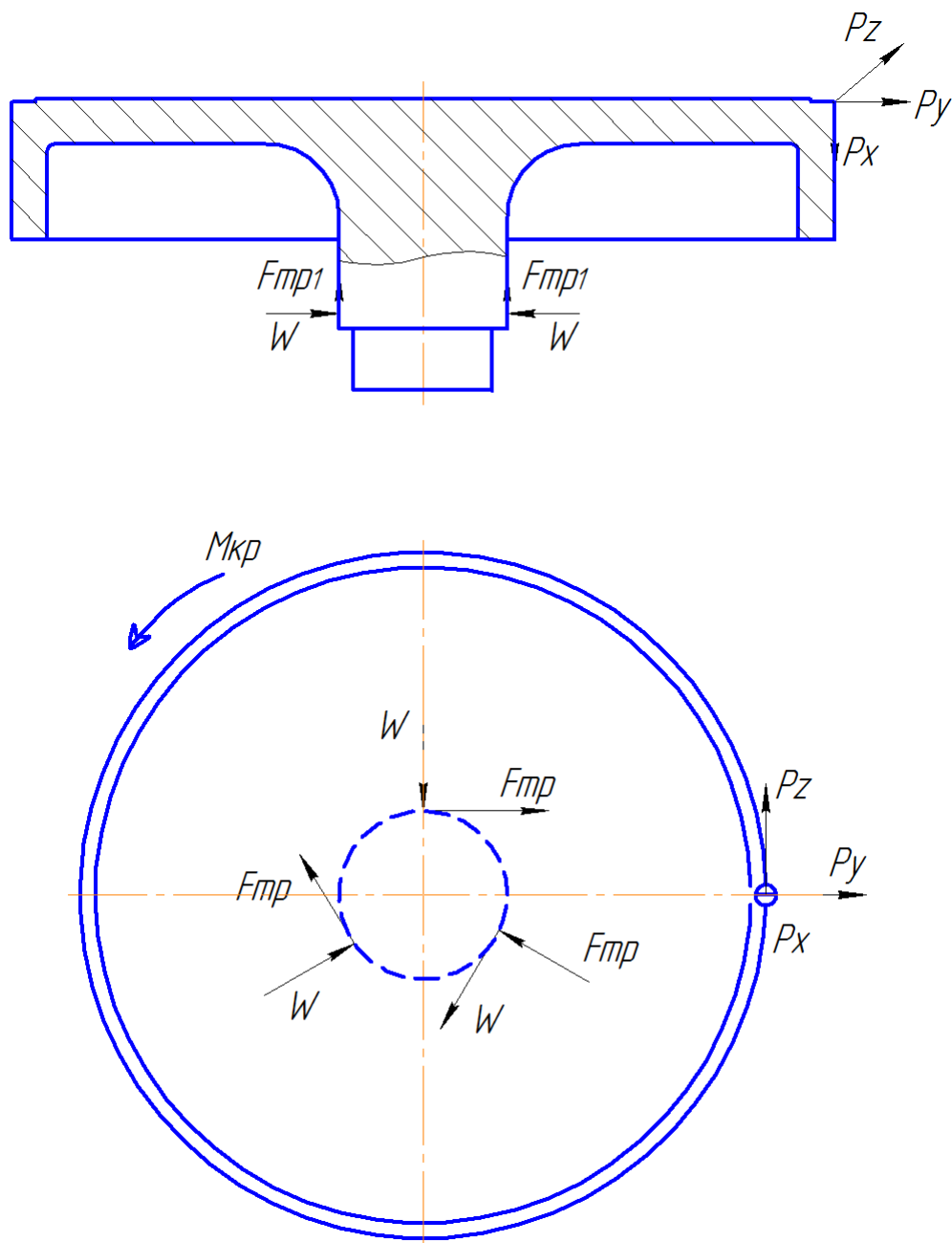


Рисунок 17 – Графическая модель равновесия заготовки

Общая сила зажима:

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

Тогда:

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Откуда:

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

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

Откуда:

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

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

Тогда:

$$W' = \frac{2,16 \cdot 636}{3 \cdot 0,2} = 2290 \text{ Н}$$

$$W'' = \frac{2,16 \cdot 504,713 \cdot 2}{3 \cdot 0,2 \cdot 140} = 26 \text{ Н}$$

$$W = \sqrt{2290^2 + 26^2} = 2291 \text{ Н}$$

Чтоб обеспечить неподвижность заготовки в 3-х кулачковом патроне, её необходимо зажать тремя силами $W = 2291 \text{ Н}$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данном дипломном проекте производится модернизация технологического процесса обработки детали «Ступица» на участке механической обработки в условиях серийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1110 штук в год.

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

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

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

2.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле [12]:

$$K = K_{об} + K_{прс} \quad (12)$$

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

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

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [12]:

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

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

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2% рабочего времени универсального оборудования и 9% для обрабатывающего центра с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (14), составляет:

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

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

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (13). Данные по расчетам сводим в таблицу 13 по базовому варианту.

$$C_{164} = \frac{2,42 \cdot 500}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,36 \text{ шт.};$$

$$C_{2\text{H55}} = \frac{1,63 \cdot 500}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,24 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени, согласно раздела 1.2.7. по формуле (13). Данные по расчетам сводим в таблицу 14 по проектируемому варианту.

$$C_{80\text{УВ}} = \frac{1,38 \cdot 1110}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,33.$$

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

Таблица 13 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по базовому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{\text{шт. (ш-к)}}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, C_n	Кз.ф.
1	2	3	4	5
164	2,42	0,36	1	0,36

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
2Н55	1,63	0,24	1	0,24
	$\Sigma T_{шт. (шт-к)} = 4,05$	0,60	$\Sigma C_{п} = 2$	

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

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{шт. (шт-к)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{п}$	Кз.ф.
80УВ	1,38	0,33	1	0,33
	$\Sigma T_{шт. (шт-к)} = 1,38$	0,33	$\Sigma C_{п} = 1$	

Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 15 по базовому варианту, по проектируемому в таблице 16.

Таблица 15 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р.			Стоимость всего оборудования, тыс. р.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Первоначальная стоимость	
Токарный	164	1	11	11	180	18		198
Сверлильный	2Н55	1	11	11	230	23	-	253
Итого		2		22	410	41	-	451

Таблица 16 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р.				Стоимость всего оборудования, тыс. р.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	80УВ	1	30	30	5500	-	-	13800	5500
Итого		1		30					5500

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 33% составляют $0,33 \cdot 5500 = 1815$ т. руб.

Определение капитальных вложений в приспособления

Размер капитальных вложений в приспособления определяем по формуле [12]:

$$K_{прс} = \sum g_p \cdot N_{прс} \cdot C_{пр} \cdot K_{осн}, \quad (15)$$

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

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

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

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

$C_{прс}$ – стоимость приспособлений, $C_{прс1} = 18300$ руб., (спец. приспособление), $C_{прс2} = 19100$ руб., (спец. приспособление).

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

$$C_{прс} = (18300 + 19100) \cdot 1,025 = 38335 \text{ руб.}$$

Рассчитываем размер капитальных вложений в приспособления по

формуле [12]: $K_{\text{прс}} = 38,3$ т. руб.

Итого: $1815+38,3=1853,3$ т. руб.

2.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

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

$$C = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (16)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (17)$$

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле [12]:

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p}, \quad (18)$$

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

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

t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

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

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 118 – количество выходных и праздничных дней; 247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч; потери: 28 – отпуск очередной, 2 – потери пол больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 36 дней). Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1685 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (18). Результаты вычислений сводим в таблицу 17 по проектируемому варианту в таблице 18.

Таблица 17 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Расчётная численность станочников, чел.
Токарная	4	125,1	2,42	302,7	0,72
Сверлильная	3	115,9	1,63	188,9	0,48
Итого				491,6	1,20

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

$$Ззп = 491,6 \cdot 500 = 245800 \text{ руб.}$$

$$K_{мн}=1; K_{доп}=1,16; K_p=1,15.$$

$$Ззп=245800 \cdot 1,16 \cdot 1,15=327897,2 \text{ руб.}$$

Таблица 18 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	108,4	1,38	149,6	0,52
Итого				149,6	0,52

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

$$З_{зп} = 108,4 \cdot 1110 = 120324,0 \text{ руб.}$$

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

$$З_{зп} = 120324 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 160512,2 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_P \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_P}{N_{\text{год}}}, \quad (19)$$

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

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 500$ 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, р.;

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

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{N}, \quad (20)$$

где g_n – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет

$$g_n = 0,60 \text{ шт.};$$

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

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

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,60 \cdot 2}{8} = 0,15 \text{ чел.}$$

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

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,15 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,15 \cdot 0,07 = 0,01 \text{ чел.}$$

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

$$З_{\text{нал}} = \frac{82,1 \cdot 1685 \cdot 0,15 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{500} = 61,3 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{68,3 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{500} = 3,4 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{63,3 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{500} = 3,2 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящаяся на одну деталь по каждому их вариантов, сводим в таблицу 19 по проектируемому в таблице 20.

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

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	82,1	0,15	61,3
Транспортный рабочий	68,3	0,01	3,4
Контролер	63,3	0,01	3,2
Итого		0,17	67,9

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{зп}} = 67,9 \cdot 500 = 33950 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (17):

$$З_{\text{зп}} = 327897,2 + 33950 = 361847,2 \text{ руб.}$$

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

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	82,1	0,12	22,1
Транспортный рабочий	68,3	0,001	1,5
Контролер	63,3	0,001	1,4
Итого		0,14	25,0

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 25,0 \cdot 1110 = 27750 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (17):

$$З_{зп} = 160512,2 + 27750 = 188262,2 \text{ руб.}$$

Отчисления в социальный фонд

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Базовый вариант } 361847,2 \cdot 0,3 = 108554,2 \text{ руб.}$$

$$\text{Проектируемый вариант } 188262,2 \cdot 0,3 = 56478,7 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

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

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{ен}} \cdot Ц_э, \quad (21)$$

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 крупносерийного производства $k_{вр} = 0,7$;

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

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

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

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (21):

$$Z_э(164) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 2,42}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 17,1 \text{ руб.};$$

$$Z_э(2Н55) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,63}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 11,5 \text{ руб.};$$

$$Z_э(80УВ) = \frac{30 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,38}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 26,7 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 21 по проектируемому варианту в таблицу 22.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
164	11	2,42	17,1
2Н55	11	1,63	11,5
Итого			28,6

Определим затраты на электроэнергию плату за год:

$$Z_э = 28,6 \cdot 500 = 14300 \text{ руб.}$$

Таблица 22 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
80УВ	30	1,38	26,7
Итого			26,7

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_3 = 26,7 \cdot 1110 = 29637 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

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

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (22)$$

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

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

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

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (23)$$

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

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

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

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

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (23):

$$C_{ам}(164) = \frac{198000 \cdot 0,12 \cdot 2,42}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 17,2 \text{ руб.};$$

$$C_{ам}(2Н55) = \frac{253000 \cdot 0,12 \cdot 1,63}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 14,8 \text{ руб.};$$

$$C_{ам}(80УВ) = \frac{1815000 \cdot 0,08 \cdot 1,38}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 42,9 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

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

$$C_{\text{РЕбаз}} = 415 \text{ р.}, C_{\text{РЕнов}} = 922 \text{ р.}$$

Вычисления производим по формуле:

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}}, \quad (24)$$

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

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (24):

$$C_{\text{рем}}(164) = \frac{415 \cdot 1}{2,42 \cdot 500} = 0,3 \text{ р.}; C_{\text{рем}}(2H55) = \frac{415 \cdot 1}{1,63 \cdot 500} = 0,5 \text{ р.};$$

$$C_{\text{рем}}(80YB) = \frac{922 \cdot 1}{1,38 \cdot 1110} = 0,6 \text{ р.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 23 по проектируемому в таблицу 24.

Таблица 23 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
164	198,0	1	12	2,42	17,2	0,3
2P55	253,0	1	12	1,63	14,8	0,5
Итого					32,0	0,8

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

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
80УВ	1815,0	1	8	1,38	42,9	0,6
Итого					42,9	0,6

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (22):

$$З_6 = 32,0 + 0,8 = 32,8 \text{ руб.}$$

$$З_{II} = 42,9 + 0,6 = 43,5 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле [12]:

$$З_{II} = \frac{Ц_{II} + \beta_n \cdot Ц_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{II}, \quad (25)$$

где $Ц_{II}$ – цена единицы инструмента, р;

β_n - число переточек;

$Ц_n$ – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

T_m – машинное время;

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

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{год} = 500$.

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

Таблица 25 – Перечень инструмента базового технологического процесса

№ опер	Наименование	T _м , мин	№ опер	Наименование	T _м , мин
005	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	15,8	020	Сверло ГОСТ 10903	10,6
005	Резец проходной ГОСТ 188877-73	56,1	020	Зенкер ГОСТ 12489-71	10,2
010	Резец подрезной ГОСТ 18880-73	20,3	020	Развертка ГОСТ 7722-77	8,9
010	Резец проходной ГОСТ 188877-73	53,0	025	Сверло ГОСТ 10903	20,6
015	Сверло ГОСТ 10903	18,6	025	Метчик М10 ГОСТ 17752	28,9

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому тех. процессу (для стандартного инструмента) по формуле (25):

$$Z_{и} = \frac{4420 + 6 \cdot 72}{60 \cdot 500 \cdot 7} \cdot 36,1 \cdot 0,98 + \frac{4532 + 7 \cdot 60}{60 \cdot 500 \cdot 8} \cdot 109,1 \cdot 0,98 + \frac{1421 + 11 \cdot 78}{60 \cdot 500 \cdot 12} \cdot 50,1 \cdot 0,98 + \frac{1632 + 9 \cdot 77}{45 \cdot 500 \cdot 10} \cdot 10,2 \cdot 0,98 + \frac{1863 + 7 \cdot 78}{50 \cdot 500 \cdot 8} \cdot 8,9 \cdot 0,98 + \frac{2130 + 7 \cdot 84}{48 \cdot 500 \cdot 8} \cdot 28,9 \cdot 0,98 = 121,4 \text{ р.}$$

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

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

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

$C_{пл}$ - 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,

Таблица 26 – Параметры прогрессивного инструмента

Операция	Инструмент	Машинное время, мин	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарный период стойкости инструмента, мин	Затраты на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Державка SCLCL 2525M-12 СМП ССМТ 120408-14 IC5005	42,89	18250 650	 310	-	0,90	22,4
	Сверло DR 050-100-40-16-2D-N AG5 IC08 СМП SOMT 160512-DT IC808	0,38	2350	200	120	0,90	1,7
	Сверло со сменными головками DCN 080-012-12A-1.5D	0,12	2560	210	112	0,90	1,4
	Сверло DCN 248-036-32A-1.5D	0,28	5210	156	150	0,90	2,1
	Развертка RM-SHR-2500-H7S-MT3-CB IC07	0,56	12560 925	280	-	0,90	2,2
	Сверло SCD 085-035-100 AP3 IC908	0,22	2420	203	115	0,90	1,8

Таблица 27 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	940,8	220,5
Затраты на технологическую электроэнергию	28,6	26,7
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	32,8	43,5
Затраты на эксплуатацию оснастки	99,0	0
Затраты на инструмент	121,4	34,2
Итого	1222,6	324,9

Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_{год. б.} = (1222,6 - 324,9) \cdot 1110 = 996447 \text{ руб.}$$

Анализ уровня технологии производства

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{оп} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\%, \quad (27)$$

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

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (27) по базовому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(167) = \frac{2,42}{4,05} \cdot 100\% = 59,8\%.$$

$$Y_{\text{оп}}(2Н55) = \frac{1,63}{4,05} \cdot 100\% = 40,2\%.$$

По проектируемому варианту:

$$Y_{\text{оп}}(80УВ) = \frac{1,38}{1,38} \cdot 100\% = 100\%.$$

Доля прогрессивного оборудования

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

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (28)$$

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

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

Определим производительность труда на программных операциях:

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

где F_p – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;
 $k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм;
 t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{82,8} = 1465,2 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_B = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{243} = 499,3 \text{ т/чел.год}$$

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Рост производительности труда:

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

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

$$\Delta B = \frac{1465,2 - 499,3}{499,3} \cdot 100\% = 194\%$$

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.	500	1110	+610
Количество видов оборудования	шт.	2	1	-1
Количество рабочих	чел.	2	1	-1
Сумма инвестиций	тыс. руб.		1853,3	
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	4,05	1,38	-2,67
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	1222,6	324,9	-897,7
- затраты на инструмент		121,4	34,2	-87,2
- заработная плата рабочих		940,8	220,5	-720,3
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100	100
Производительность труда	шт/чел. год	499,3	1465,2	+965,9
Рост производительности труда	%	100	294	+194
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,30	0,33	+0,03
Годовой экономический эффект	тыс. руб.		996,447	
Срок окупаемости	года		2	

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 3,8 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии.

Рост производительности труда обусловлен использованием нового оборудования которое позволяет обеспечить выполнение заказа быстрее и качественнее, что при неизменных материальных и трудовых затратах также ведет к снижению себестоимости продукции.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Ступица», 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 996,447 т. руб. и срок окупаемости проекта 2 года.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

3. МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА

Введение

Производственная практика проходила на предприятии ОАО Уралвагонзавод расположенном в городе Нижний Тагил по адресу ул. Восточное шоссе, д. 28.

В результате прохождения практики, для дипломного проекта была выбрана деталь «Ступица».

На предприятии данная деталь обрабатывается на нескольких универсальных станках без ЧПУ, которые решено было заменить на один обрабатывающий центр с ЧПУ модели VTM-80YB, что соответствует серийному типу производства. Это позволит сократить время обработки, уменьшить количество брака, как следствие уменьшить количество выбросов (уменьшение загрязнения окружающей среды), также позволит справиться с задачей увеличения годового выпуска изделий.

Замена универсальных станков на станок с ЧПУ требует более высокой квалификации станочников. Поэтому необходимо повышение квалификации или переподготовка станочников, например, из токаря в оператора станков с ЧПУ. Для этого разработаем план-конспект учебных занятий теоретического обучения для подготовки оператора станков с ЧПУ.

Целью методической части дипломного проекта является анализ нормативной, программной и учебной документации и разработка учебных занятий теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры с ЧПУ модели VTM-80YB.

Цель раскрываются следующими задачами:

- Описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УВЗ;
- Анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;

- Разработка учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;

- Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей»;

- Разработка плана и плана-конспекта учебного занятия по теме «Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей»;

- Разработка методического обеспечения учебного занятия по теме «Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей».

Условия обучения и возможности обучающей организации.

Работу системы профессионального образования научно-производственной корпорации «Уралвагонзавод» организует Центр подготовки персонала (ЦПП), который осуществляет образовательную деятельность на основании бессрочной лицензии №001781 от 21.10.2011, выданной Министерством общего и профессионального образования Свердловской области.

ЦПП ежегодно организует внутрифирменную подготовку персонала по различным видам обучения: получение профессии вновь, переподготовка, обучение второй профессии, повышение квалификации. Профессиональная подготовка ведется по 137 программам с диапазоном тарифных разрядов с 1 по 7, со сроком обучения от 2 до 6 месяцев. Также ЦПП оказывает платные образовательные услуги в соответствии с планом-графиком профессиональной подготовки.

Центр подготовки персонала обладает всеми необходимыми условиями и требованиями, предъявленными к организации профессионального обучения персонала, соответствует лицензионным требованиям и условиям при осуществлении образовательной деятельности. В структуру ЦПП входит Центр подготовки рабочих массовых профессий, в котором организовано обучение молодежи по востребованным на производстве специальностям:

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

токарь, фрезеровщик, оператор станков с ЧПУ, слесарь, электросварщик и крановщик.

Обучение организовано на условиях участия учеников в выпуске товарной продукции по заказу Общества.

Обучение (первичное, переподготовка, повышение квалификации) по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Характеристика работ. Ведение процесса обработки с пульта управления деталей на станках с программным управлением. Обслуживание многоцелевых станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и манипуляторов (роботов) для механической подачи заготовок на рабочее место. Управление группой станков с программным управлением. Установка инструмента в инструментальные блоки. Подбор и установка инструментальных блоков с заменой и юстировкой инструмента. Подналадка узлов и механизмов в процессе работы.

Сроки обучения:

Теория - 1 месяц, практика - 2 месяца (для лиц имеющих профессию сроки могут быть сокращены).

По окончании курса обучения выдаются свидетельство об окончании, удостоверения установленного образца.

По заявкам предприятий обучение может проводиться на базе самих предприятий с выездом преподавателей на место обучения.

После прохождения теоретического обучения слушатели могут проходить практику на своем предприятии.

В учреждении имеются три учебных аудитории, в том числе компьютерный класс. В каждой аудитории имеются мультимедийные проекторы.

Имеется тренажеры для подготовки стропальщиков, крановщиков, операторов станков с УВЗ, операторов АЗС. В наличии плакаты, наглядные пособия, раздаточный материал, библиотека.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Таким образом, в Центре УВЗ имеются достаточно обеспеченные материально условия для подготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» с учетом того, что производственное обучение ведется непосредственно на предприятии на обрабатывающем центре VTM-80YB.

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

Согласно Профессиональному стандарту, утвержденному приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «4» августа 2014г. № 530н, Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением (далее Стандарт) 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 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 29 – Описание трудовых функций

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
1	2	3	4	5
Наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01.2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и	A/02.2	2

сложных деталей».

Возможные наименования должностей:

-Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд);

-Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд);

-Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд);

-Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации;

-Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации;

-Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации.

Требования к 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.

Обобщенная трудовая функция – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей» имеет код А и уровень квалификации -2.

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

-Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам.

-Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте.

-Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях.

-Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК).

-Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы.

-Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам.

-Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании.

Выберем трудовую функцию – «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 2-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Анализ трудовой функции «Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам»

Наименование	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам.	Код	А/06.2	Уровень (подуровень) квалификации	2
Трудовые действия Необходимые умения	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам				
	Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам				
	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке				
Необходимые знания	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции				
	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам				
	Необходимые знания по трудовым функциям А/01.2 – А/05.2				
Трудовые действия	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам				

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в центре УВЗ.

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

Основополагающим документом по профессиональной подготовке Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре является программа повышения квалификации.

Программа повышения квалификации состоит из теоретической части (72 академических часа) и производственного обучения (72 часа). Всего на обучение отводится 144 часа по учебно-тематическому плану.

В ходе обучения учащиеся изучают основы технического черчения, допуски и посадки основы материаловедения, основы электротехники электроники, основы программирования, устройство обрабатывающих центров, а также обучаются настраивать и наладивать обрабатывающий центр VTM-80YB непосредственно в ходе практического обучения на предприятии.

Учебный график рассчитан на 4 часа в день с пяти часов, поскольку обучения ведется без отрыва о производства. Таким образом, срок обучения составляет 8 недель с учетом подготовки и сдачи квалификационного экзамена.

После прохождения курса сдаётся квалификационный экзамен, состоящий из теоретической (контрольный тест) и практической (обработка детали) частей. В случае успешной сдачи экзамена, присваивается 4-й разряд по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ.

Учебно-тематический план повышения квалификации по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ приведен в таблице 31.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Таблица 31 - Учебно-тематический план повышения квалификации по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Наименование темы	Количество часов			Форма контроля
	Общее	Теоретическое обучение	Практическое обучений	
<i>Теоретическое обучение</i>	72	40	32	
1. Техническое черчение	10	4	6	Контрольный чертеж
2. Допуски, посадки, технические измерения	6	4	2	Задание
3. Современные металлорежущие инструменты	10	6	4	Задание по выбору инструмента
4. Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ	14	8	6	Задание по разработке технологии
5. Устройство станков с ЧПУ	14	10	4	Тест
6. Основы программирования обработки деталей на станках с ЧПУ	12	4	8	Задание по разработке УП
7. Техника безопасности и пожарная безопасность на предприятии	6	6	-	Тест
<i>Практическое обучение</i>	72	12	60	
Наладка обрабатывающего центра VTR-80YB	16	4	12	Задание по наладке станка
Отработка управляющих программ токарной обработки деталей	32	4	28	Задание по отработке УП
Отработка управляющих программ фрезерования и сверления деталей	24	4	20	Задание по отработке УП
ИТОГО	144	52	92	

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

В таблице 32 приведено соотношение требований Профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана.

Таблица 32 - соотношение требований Профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана

Темы учебно-тематического плана	Требования Профессионального стандарта
<i>Теоретическое обучение</i>	
1. Техническое черчение	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
2. Допуски, посадки, технические измерения	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке
3. Современные металлорежущие инструменты	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
4. Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
5. Устройство станков с ЧПУ	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
6. Основы программирования обработки деталей на станках с ЧПУ	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам
7. Техника безопасности и пожарная безопасность на предприятии	Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам
<i>Практическое обучение</i>	
Наладка обрабатывающего центра VTR-80YB	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке
Отработка управляющих программ токарной обработки деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам
Отработка управляющих программ фрезерования и сверления деталей	Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам

В методической части дипломного проекта выберем тему «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ». На эту тему отводится 14, из них - 8 часов теоретическое обучение, 6 – практическое. В следующем параграфе рассмотрим содержание выбранной темы и тематическое

планирование.

*Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме
«Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ»*

Цели изучения темы «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ»

знания:

- сформировывать у обучаемых знания маршрута обработки и структуры операционного технологического процесса: маршрута обработки детали, структуру операционного технологического процесса;
- сформировать у обучаемых знания последовательности обработки типовых деталей и поверхностей;
- сформировать у обучаемых знания определения межоперационных припусков и допусков;
- сформировать у обучаемых знания выбора траектории движения режущих инструментов;
- сформировать у обучаемых знания выбора режимов обработки на станках с ЧПУ: особенностях процесса резания на станках с ЧПУ, выбора режимов резания, нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ;
- сформировать у обучаемых знания эффективности работы режущих инструментов в условиях ГПС.

умения:

- способствовать развитию умений и приобретению навыков при составлении маршрута обработки деталей;
- способствовать развитию умений и приобретению навыков при выборе траектории движения режущих инструментов;
- способствовать развитию умений и приобретению навыков при определении межоперационных припусков и допусков;
- способствовать развитию умений и приобретению навыков при

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

выборе режимов обработки на станках с ЧПУ и техническом нормировании;

- способствовать формированию умений творческого подхода к решению профессиональных задач.

Критерии и норма достижения целей:

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

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

- умение находить взаимосвязи и взаимозависимости в изучаемом материале.

Содержание темы «Выбор режимов обработки на станках с ЧПУ и техническое нормирование»:

Особенности процесса резания на станках с ЧПУ. Выбора режимов резания. Нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ.

Перспективно-тематический план приведен в таблице 33.

Таблица 33 - Перспективно-тематический план изучения темы «Стратегии и технологии обработки деталей на станках с ЧПУ»

№ занятия	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения	Форма организации
1	2	3	4	5	6
Тема 1 (1 час)	Маршрут обработки и структуры операционного технологического процесса	Образовательные: сформировывать у обучаемых знания маршрута обработки и структуры операционного технологического процесса: маршрута обработки детали, структуру операционного технологического процесса Воспитательные: формирование системы убеждений в	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Продолжение таблицы 33

1	2	3	4	5	6
		<p>перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия</p> <p>Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы</p>			
<p>Тема 2 (1 час)</p>	<p>Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей</p>	<p>Образовательные:</p> <p>сформировывать у обучаемых знания последовательности обработки типовых деталей и поверхностей</p> <p>Воспитательные:</p> <p>формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия</p> <p>Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы</p>	<p>Словесные (беседа, рассказ, объяснение).</p> <p>Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).</p>	<p>Учебная презентация, учебные плакаты.</p>	<p>Фронтальная</p>

Продолжение таблицы 33

1	2	3	4	5	6
Тема 3 (1 час)	Межоперационные припуски и допуски	<p>Образовательные:</p> <p>сформировать у обучаемых знания определения межоперационных припусков и допусков</p> <p>Воспитательные:</p> <p>формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия</p> <p>Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы</p>	<p>Словесные (беседа, рассказ, объяснение).</p> <p>Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).</p>	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная
Тема 4 (2 часа)	Выбор траектории движения режущих инструментов	<p>Образовательные:</p> <p>сформировать у обучаемых знания выбора траектории движения режущих инструментов</p> <p>Воспитательные:</p> <p>формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия</p> <p>Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения</p>	<p>Словесные (беседа, рассказ, объяснение).</p> <p>Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).</p>	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Продолжение таблицы 33

1	2	3	4	5	6
		анализировать факты, чертежи, управляющие программы			
Тема 5 (2 часа)	Выбор режимов обработки на станках с ЧПУ	<p>Образовательные:</p> <p>сформировать у обучаемых знания выбора режимов обработки на станках с ЧПУ: особенностях процесса резания на станках с ЧПУ, выбора режимов резания, нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ</p> <p>Воспитательные:</p> <p>формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия</p> <p>Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы</p>	<p>Словесные (беседа, рассказ, объяснение).</p> <p>Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).</p>	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная
Тема 6 (1 час)	Эффективность работы режущих инструментов в условиях ГПС	<p>Образовательные:</p> <p>сформировать у обучаемых знания эффективности работы режущих инструментов в условиях ГПС</p> <p>Воспитательные:</p> <p>формирование системы убеждений в перспективности</p>	<p>Словесные (беседа, рассказ, объяснение).</p> <p>Наглядные (демонстрация)</p>		

I. Организационная часть (1 минута)

Проверка присутствующих по журналу

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

Сообщение темы и целей урока.

III. Объяснение нового материала (30 минут).

Проектирование технологической операции начинают с выбора последовательности технологических переходов. При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

- 1) центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм);
- 2) сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);
- 3) сверление сверлом большего диаметра;
- 4) черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 5) чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 6) обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи.

При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

- 1) черновая обработка основных форм наружной поверхности;
- 2) черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности;
- 3) чистовая обработка основных форм;
- 4) чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке.

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках рекомендуется следующий порядок выполнения операций:

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

- 1) черновая обработка деталей с двух-трех сторон (в качестве базы используются достаточно большие плоскости);
- 2) черновая обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным поверхностям, создание баз для последующей обработки;
- 3) чистовая обработка базовой и противобазовой поверхностей и всех элементов (пазов, уступов, отверстий) на этих плоскостях;
- 4) чистовая обработка остальных сторон детали.

Последовательность выполнения переходов зависит от их назначения (сверление, фрезерование, растачивание и др.), количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности обработки, точности позиционирования узлов станка и многих других факторов.

Токарные операции обычно начинают с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных проходов. При чистовой обработке основные поверхности формируются, как правило, за один проход контурным резцом, а дополнительные — в специальных циклах.

Общий подход к выбору последовательности выполнения переходов на многооперационном станке показан в таблице 34.

Таблица 34 - Последовательность выполнения переходов на многооперационном станке

Номер перехода	Содержание перехода	Инструмент
1	2	3
1	Черновое, получистовое, чистовое фрезерование внешних поверхностей.	Фрезы торцевые
2	Сверление (расверливание) отверстий диаметром свыше 30 мм в сплошных стенках: сквозное - основных отверстий, глухое - для ввода концевых фрез	Свёрла
3	Фрезерование пазов, отверстий, окон, карманов	Фрезы концевые
4	Фрезерование внутренних поверхностей, перпендикулярных к оси шпинделя	Фрезы концевые торцевые
5	Черновое зенкерование и растачивание основных отверстий в сплошных стенках после перехода №2	Зенкеры, резцы расточные

Окончание таблицы 34

1	2	3
6	Обработка дополнительных поверхностей (канавок, уступов, фасок и др.), расположенных в основных отверстиях и концентричных его оси	Фрезы и резцы различного назначения, зенковки
7	Обработка дополнительных поверхностей на внешних и внутренних плоскостях и необрабатываемых поверхностях	Фрезы концевые, шпоночные
8	Обработка крепёжных и других вспомогательных отверстий диаметром свыше 15 мм	Свёрла, зенкеры, метчики
9	Снятие фасок	Фрезы угловые
10	Перезакрепление детали, проверка положения рабочих органов станка	-----
11	Окончательное фрезерование плоскостей	Фрезы торцевые
12	Обработка точных поверхностей основных отверстий	Резцы расточные, развёртки
13	Обработка точных отверстий малого диаметра	Свёрла, резцы расточные, развёртки
14	Обработка точных и точно расположенных в отверстиях дополнительных поверхностей (канавок, выемок, уступов)	Резцы расточные, фрезы дисковые трёхсторонние
15	Обработка дополнительных поверхностей (выемок, пазов, карманов, прорезей), расположенных асимметрично относительно основных отверстий	Фрезы и резцы различного назначения
16	Обработка обработанных фасок и других поверхностей, связанных с основными отверстиями	Фрезы дисковые, угловые, резцы канавочные, фасочные
17	Обработка крепёжных и других отверстий малого диаметра	Свёрла, зенкеры, зенковки, метчики

Сочетание черновых и чистовых технологических переходов выбирается в зависимости от размеров, формы соответствующих поверхностей и требований к точности и качеству их обработки. Так, при обработке отверстий возможны две основные технологические схемы:

1) параллельная — каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется;

2) последовательная — одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Первый вариант используется при низких требованиях к точности отверстий, второй — при высоких.

Фрезерование отверстий вместо растачивания более целесообразно при длине отверстия, не превышающей длины режущей части фрезы. Его эффективность повышается при обработке отверстий с большими и неравномерными припусками.

Рассмотрим технологический маршрут обработки детали «Ступица», представленный в таблице 35.

Обработка ведется на обрабатывающем центре с ЧПУ модели VTR-80YB

Обработка ведется в следующем порядке:

1) черновая и чистовая обработка торцевой и цилиндрической части детали, которые впоследствии будут использоваться как базы;

2) сверление и развертывание отверстий;

3) черновая и чистовая обработка торцевой и цилиндрической части противоположной стороны детали и всех элементов (уступов, отверстий) на этих плоскостях.

Данная последовательность обработки позволяет обеспечить требования к точности и качеству поверхностей детали.

IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (10 минут).

4.1. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке деталей на

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Таблица 35 – Технологический маршрут обработки детали «Ступица»

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Эскиз детали
005	<p>Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А Точить торец 1 с подрезанием уступа 3. Точить поверхность 4. Сверлить 2 отв. 6. Центровать 2 отв. 5. Сверлить 2 отв. 5. Развернуть 2 отв. 5. Установ Б Точить послед. торцы 2 и 10. Точить поверхности 7 и 8 предварительно. Точить поверхность 8 окончательно, поверхность 7 предварительно. Точить поверхность 7 окончательно. Центровать 3 отв. 9. Сверлить 3 отв. 9 под резьбу. Нарезать резьбу 9 в 3-х отверстиях.</p>	<p>Обрабатывающий центр с ЧПУ модели VTR-80YB</p>	

токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне?

При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

- 1) центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм);
- 2) сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла);
- 3) сверление сверлом большего диаметра;
- 4) черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 5) чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей;
- 6) обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи.

4.2. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром?

При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

- 1) черновая обработка основных форм наружной поверхности;
- 2) черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности;
- 3) чистовая обработка основных форм;
- 4) чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке.

4.3. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке корпусных деталей на многооперационных станках?

При обработке корпусных деталей на многооперационных станках рекомендуется следующий порядок выполнения операций:

- 1) черновая обработка деталей с двух-трех сторон (в качестве базы используются достаточно большие плоскости);

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

2) черновая обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным поверхностям, создание баз для последующей обработки;

3) чистовая обработка базовой и противобазовой поверхностей и всех элементов (пазов, уступов, отверстий) на этих плоскостях;

4) чистовая обработка остальных сторон детали.

4.4. От чего зависит последовательность выполнения переходов?

Последовательность выполнения переходов зависит от их назначения (сверление, фрезерование, растачивание и др.), количества переходов, выполняемых одним инструментом, требуемой точности обработки, точности позиционирования узлов станка и многих других факторов.

Токарные операции обычно начинают с черновой обработки, содержащей несколько прямолинейных проходов. При чистовой обработке основные поверхности формируются, как правило, за один проход контурным резцом, а дополнительные — в специальных циклах.

4.5. В зависимости от чего выбирается сочетание черновых и чистовых технологических переходов?

Сочетание черновых и чистовых технологических переходов выбирается в зависимости от размеров, формы соответствующих поверхностей и требований к точности и качеству их обработки. Так, при обработке отверстий возможны две основные технологические схемы:

1) параллельная — каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется;

2) последовательная — одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Первый вариант используется при низких требованиях к точности отверстий, второй — при высоких.

Фрезерование отверстий вместо растачивания более целесообразно при

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

длине отверстия, не превышающей длины режущей части фрезы. Его эффективность повышается при обработке отверстий с большими и неравномерными припусками.

V. Подведение итогов занятия (1 минута).

Обучающийся должен знать: последовательность обработки типовых деталей и поверхностей.

VI. Домашнее задание (2 минуты)

Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.

Таблица 36 – План урока

Этапы урока, время	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебных действий
1	2	3
Организационная часть, 2 минуты	I. Организационная часть (1 минута) Проверка присутствующих по журналу II. Подготовка к изучению нового материала (1 минута). Сообщение темы и целей урока.	Урок начинается с вводной организационной части, проверки присутствующих по журналу, сообщения темы и целей урока, Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя.
Объяснение нового материала, 30 минут	III. Объяснение нового материала (30 минут). Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей	Действия преподавателя: при объяснении нового учебного материала преподаватель использует словесные методы: устное изложение нового материала, беседу; использует наглядные методы: показ натуральных (инструменты, приборы, детали и узлы оборудования, образцы материалов, изделий и т.п.); изобразительных (плакаты, модели, макеты, схемы) средств наглядности. Действия учащихся: слушают преподавателя, конспектируют новый материал, зарисовывают схемы и рисунки, рассматривают средства наглядности, отвечают на вопросы преподавателя

Окончание таблицы 36

1	2	3
Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала, 10 минут	<p>IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (10 минут).</p> <p>4.1. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне?</p> <p>4.2. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром?</p>	<p>Преподаватель опрашивает группу учащихся по новой теме, задает вопросы, используя вопросно-ответный метод – беседу, дает задание - решить два примера, подводит итоги о проделанной работе. Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя. Учащиеся отвечают на вопросы преподавателя, глядя на наглядные средства обучения, решают два примера.</p>
	<p>4.3. Какой рекомендуется порядок обработки при обработке корпусных деталей на многооперационных станках?</p> <p>4.4. От чего зависит последовательность выполнения переходов?</p> <p>4.5. В зависимости от чего выбирается сочетание черновых и чистовых технологических переходов?</p>	
Выдача домашнего задания, 3 минуты	<p>V. Подведение итогов занятия (1 минута) Обучающийся должен знать: Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей.</p> <p>VI. Домашнее задание (2 минуты) Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.</p>	<p>Преподаватель подводит итоги по пройденной теме, выдает домашнее задание: изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту. Учащиеся слушают преподавателя, записывают домашнее задание.</p>

Разработка методического обеспечения

Тестовые задания

В заданиях 1 – 3 установите последовательность.

1. Переходы на станках с ЧПУ подразделяют на

При обработке деталей на токарных станках с ЧПУ с закреплением их в патроне рекомендуется следующий порядок обработки:

А. центрование (для отверстий диаметром менее 20 мм)

Б. сверление сверлом большего диаметра

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						99

В. черновая обработка основных поверхностей, подрезание внешнего торца предварительно и окончательно, обработка основных внутренних и наружных поверхностей

Г. сверление сверлом меньшего диаметра (если используются два сверла)

Д. обработка дополнительных поверхностей, расположенных в отверстии, на торце и снаружи

Е. чистовая обработка основных внутренних и наружных поверхностей

Ответ: __, __, __, __, __, __.

2. При обработке с закреплением в патроне и поджатием задним центром порядок обработки следующий:

А. черновая и чистовая обработка дополнительных форм поверхности

Б. черновая обработка основных форм наружной поверхности

В. чистовая обработка дополнительных форм, не нуждающихся в черновой обработке

Г. чистовая обработка основных форм

Ответ: __, __, __, __.

3. При обработке корпусных деталей на многооперационных станках рекомендуется следующий порядок выполнения операций:

А. черновая обработка деталей с двух-трех сторон (в качестве базы используются достаточно большие плоскости)

Б. чистовая обработка базовой и противобазовой поверхностей и всех элементов (пазов, уступов, отверстий) на этих плоскостях

В. чистовая обработка остальных сторон детали

Г. черновая обработка остальных сторон детали с установкой по обработанным поверхностям, создание баз для последующей обработки

Ответ: __, __, __, __.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

В задании 4 установите соответствие

4. При обработке отверстий возможны две основные технологические схемы

Технологические схемы	Характеристика
А. параллельная	А. каждый инструмент обрабатывает все отверстия одного диаметра, затем производится смена инструмента, и цикл повторяется
Б. последовательная	Б. одно отверстие обрабатывается всеми необходимыми инструментами, затем после изменения позиционирования — следующее отверстие и т.д.

Ответ: А __, Б __.

Эталоны ответов:

1. АВГБЕД
2. БАГВ
3. АВГБ
4. АА, ББ

Заключение

В методической части дипломного проекта проведен анализ нормативной, программной и учебной документации и разработка урока теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры VTR-80YB.

Решены следующие задачи:

- Приведено описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УВЗ;
- Проведен анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

- Разработан учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработано содержание и плана проведения учебных занятий по теме «Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей»;
- Разработан план и план-конспект учебного занятия по теме «Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей»;
- Разработано методическое обеспечение учебного занятия по теме «Последовательность обработки типовых деталей и поверхностей» в форме тестовых заданий.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в дипломном проекте был модернизирован технологический процесс механической обработки детали «Ступица» в условиях серийного производства с использованием оборудования с ЧПУ.

В модернизированной 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 на ОЦ с ЧПУ.

В экономической части дипломного проекта были определены единовременные вложения, себестоимость обработки детали по проектному варианту. Согласно расчетам, экономический эффект составил 996,447 т. руб. и срок окупаемости проекта 2 года.

В методической части проекта была разработана методика проведения урока теоретического обучения для повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург, Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.

6. Козлова Т. А. Методические указания к выполнению практической работы. «Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008.34с.

7. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.

8. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.

9. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526с.

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

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

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

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

13. Электронный каталог «Iscar», Токарная обработка, 2012 г.

14. Электронный каталог «Iscar», Обработка отверстий, 2012 г.

15. Электронный каталог «Iscar», Фрезерование, 2012 г.

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

17. <http://www.splav.kharkov.com>

18. https://okuma-russia.ru/tokarnie_centri.htm/vtm-yb_hm/

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

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

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

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Приложение Б

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1. Ступица	ДП 44.03.04.927.01	A2	1	
2. Ступица Штамповка	ДП 44.03.04.927.02	A2	1	
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.927.Д01	A1	1	
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.927.Д02	A1	1	
5. Схема контрольного приспособления	ДП 44.03.04.927.Д03	A1	1	
6. Управляющая программа на опер. 005 (фрагмент)	ДП 44.03.04.927.Д04	A1	1	

					ДП 44.03.04.927.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108