

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА
ВОДЯНОЙ ПОМПЫ»

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

Идентификационный код ВКР: 561

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.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ
«КОРПУС РЕДУКТОРА ВОДЯНОЙ ПОМПЫ»**

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

Идентификационный код ВКР: 561

Исполнитель
студент гр. ЗТО-404С

Г. Ф. Ашербагин

Руководитель
доцент, к.п.н.

Д. Г. Мирошин

Екатеринбург 2017

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 136 листов печатного текста, 34 иллюстрации, 15 слайдов, 37 таблиц, 18 использованных источников, 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.

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

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

Составлена управляющая программа.

Приведено экономическое обоснование использования ОЦ с ЧПУ.

Разработан урок повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ			
Из	Лис	№	Подп.	Дата	Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы»	Лит.	Лист	Листо
Разраб.	Ашербагин						2	136
Пров.	Мирошин							
Н. Контр.	Суриков							
Зав. каф.	Бородина							
						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-404С		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1. Анализ исходных данных.....	7
1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали.....	7
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	9
1.1.3. Анализ заводского технологического процесса обработки детали.....	12
1.1.4. Определение типа производства.....	19
1.2. Разработка технологического процесса обработки детали.....	20
1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	20
1.2.2. Выбор технологических баз.....	22
1.2.3. Составление технологического маршрута обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы».....	23
1.2.4. Выбор средств технологического оснащения.....	26
1.2.4.1. Выбор и описание оборудования.....	26
1.2.4.2. Предлагаемый вариант ТП и содержание тех. операций.....	31
1.2.4.3. Выбор и описание технологической оснастки.....	41
1.3. Технологические расчеты.....	42
1.3.1. Расчет припусков.....	42
1.3.2. Расчет технических норм времени.....	48
2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	56
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	64
3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	64
3.2. Расчёт капитальных затрат.....	64
3.3. Расчет технологической себестоимости детали	69
4. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	86
4.1. Обоснование методической разработки.....	86
4.2. Описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-	

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УПК.....	87
4.3. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».....	89
4.4. Разработка учебного плана повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УПК.....	91
4.5. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Допуски, посадки и технические измерения».....	96
4.6. Выбор урока и разработка плана и плана-конспекта урока.....	101
4.7. Разработка методического обеспечения для урока.....	126
4.8. Заключение по результатам выполнения метод части.....	130
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	132
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Лист задания по дипломному проектированию.....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень листов графических документов.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект технологической документации.....	137

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

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

Целью дипломного проекта является совершенствование технологического процесса изготовления детали «Корпус редуктора водяной

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

помпы» в условиях крупносерийного производства для повышения эффективности обработки.

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- проанализировать исходные данные;
- разработать новый вариант технологического процесса механической обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы»;
- разработать операцию механической обработки;
- разработать управляющую программу;
- выполнить экономическое обоснование проекта;
- выполнить методический раздел.

В предлагаемом варианте тех. процесса предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный режущий и мерительный инструмент, что позволит повысить производительность и качество обработки, снизить себестоимость изготовления детали.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Анализ исходных данных

Исходными данными, согласно заданию, являются рабочий чертёж детали со всеми техническими требованиями и годовая программа выпуска деталей.

1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Корпус редуктора водяной помпы» используется в системе охлаждения транспортировочной тележки. Четыре отверстия $\varnothing 13$ на нижней плоскости предназначены для крепления корпуса редуктора к раме тележки.

Внутри корпуса редуктора в отверстия $\varnothing 62H8$ устанавливаются подшипники с валами. Резьбовые отверстия М8 - 7Н на торцах корпуса предназначены для крепления крышек подшипников. Резьбовое отверстие М12 - 7Н на днище корпуса предназначено для сливной пробки. Отверстие $\varnothing 100H11$ предназначено для установки манжетного уплотнения. Два отверстия М8-7Н предназначены для крепления хомута подводящей трубки системы охлаждения.

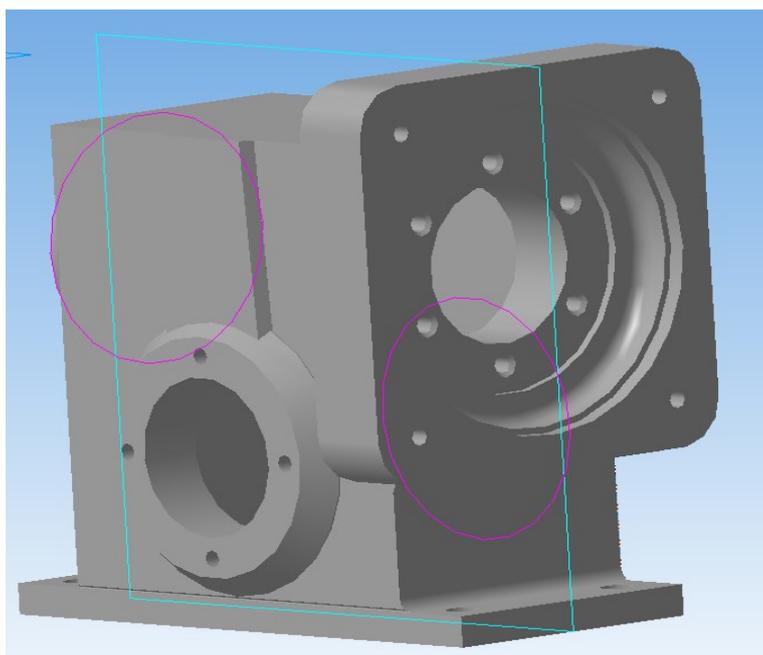


Рисунок 1 – 3D модель детали «Корпус редуктора водяной помпы»

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.561.ПЗ				

Деталь «Корпус редуктора водяной помпы», является корпусом водяной помпы, входящей в систему охлаждения транспортной тележки.

Водяная помпа — это узел, обеспечивающий циркуляцию жидкости в системе охлаждения тележки. При неисправности водяной помпы двигатель тележки быстро перегревается и закипает.

Деталь «Корпус редуктора водяной помпы» изготавливается из литейного алюминия марки АК7ч по ГОСТ 1583-93.

Сплав АК7ч применяется: для изготовления чашек и различных фасонных отливок различными способами литья (в песчаные формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением); отливок деталей металлургического машиностроения (деталей приборов, корпусов помп, карбюраторов, работающих при температурах не выше +200°С; тонкостенных средненагруженных и свариваемых деталей; отливок деталей трубопроводной арматуры и приводных устройств к ней.

Приведем в таблицах 1 и 2 химический состав и механические свойства алюминиевого сплава марки АК7ч.

Таблица 1- Химический состав сплава АК7ч [14]

Массовая доля, %		
Основные компоненты		Примесей
магний	кремний	железо
0,2-0,4	6,0-8,0	1,5

Таблица 2 - Механические свойства сплава АК7ч [14]

σ_B , МПа	δ , %	НВ
167	1,0	50

Алюминиевый литейный сплав АК7ч системы Al-Si-Mg. Сплав отличается высокой герметичностью. Сплав является заменителем сплавов марок АЛ2 и АЛ7.

Технологические характеристики сплава АК7ч [14]:

- хорошие коррозионная стойкость, механические свойства и литейные технологические свойства;
- удовлетворительная обрабатываемость резанием;
- литейная усадка – 1%;
- по механической прочности уступает сплаву марки АЛ4.

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

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

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

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный.

Качественная оценка технологичности детали.

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.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В детали отсутствуют не технологические элементы конструкции.

Количественный анализ

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

Коэффициент точности определим по [4, с. 229], а результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$	T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
7	23	161	14	65	910
8	4	32			
11	2	22			

$$\Sigma n_i = 94;$$

$$\Sigma T_i \cdot n_i = 1125$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{1125}{94} = 11,97.$$

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,97} = 0,916.$$

Вывод: так как $K_{Tч} = 0,916 > 0,8$ то деталь по данному показателю технологична.

Коэффициент шероховатости определим по [4, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента точности

$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$	$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
1,6	4	6,4	12,5	35	437,5
3,2	23	73,6			

$$\Sigma n_i = 62; \quad \Sigma Ш_i \cdot n_i = 517,5$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{517,5}{62} = 8,347$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} = 1 - \frac{1}{8,347} = 0,880.$$

Вывод: так как $K_{ш}=0,880 > 0,32$ следовательно, деталь технологична.

Коэффициент использования материала:

$$K_M = \frac{m_{ДЕТ}}{m_{ЗАГ}} = \frac{4,2}{6,3} = 0,67$$

Низкий коэффициент использования материала говорит о том, что базовый вариант получения заготовки не оптимален (отливка в песчаные формы), его следует заменить на другой вид заготовки, с учетом типа производства – отливка в кокиль.

Формулировка основных технологических задач.

Обеспечить качество:

- отверстий Ø62Н8 по Ra1,6мкм; резьбовые отверстия М8-7Н и М12-7Н по Ra3,2мкм; остальные поверхности по Ra 12,5мкм.

Обеспечить точность размеров:

- отверстий М8 и М12 по качеству 7Н, четыре отверстия Ø62 по 8-му качеству, отверстия ø100 и ø130 по 11-му качеству, остальные поверхности и размеры по 14-му качеству.

- Обеспечить допуск перпендикулярности отверстий ø62Н8 и левого торца относительно базы **А** в пределах 0,2 мм.

- Обеспечить допуск перпендикулярности правого и левого торцев относительно базы **В** в пределах 0,2 мм.

- Обеспечить позиционный допуск отверстий М8-7Н в пределах 0,5мм относительно баз **А, Б и В**.

- Обеспечить покрытие эмалью серой ХВ-110 ГОСТ 18374-79.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1.3. Анализ заводского технического процесса обработки детали

Характеристика технологического процесса.

По признакам технологический процесс относят [4, с. 40-42]:

- 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 рисунках 2 и 3 обозначим обрабатываемые поверхности, проанализируем методы обработки поверхностей с точки зрения экономической точности и результаты занесем в таблицу 5.

В большинстве своем методы обработки в базовой технологии верны.

Анализ выбора технологических баз.

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

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

Анализ маршрута обработки

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

Анализ станочных операций

Проанализируем операции механической обработки, а результаты занесем в таблицу 7.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5 - Сравнение методов обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет	Шероховатость	МОП в М.К.	МОП экономической точности		Примечание
					Квалитет	Шер-ть	
1	2	3	4	5	6	7	8
1, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 15	Поверхность	14	12,5	Фрезерование однократное	12...12	6,3...12,5	Соответствует
2, 4, 6	Отверстие резьбовое	7Н	3,2	Сверление, нарезание резьбы	6Н...8Н	3,2...6,3	Соответствует
3, 9	Отверстие	8	1,6	Точение черновое, чистовое, тонкое	6...8	1,6...2,5	Соответствует
10, 17	Отверстие	11	12,5	Точение черновое, получистовое	6,3...12,5	6,3...12,5	Соответствует
14	Торец	14	12,5	Фрезерование однократное	12...14	6,3...12,5	Соответствует
16	Отверстие	8	1,6	Точение черновое, чистовое тонкое	6...8	1,6...2,5	Соответствует
18, 19, 20	Отверстие резьбовое	7Н	3,2	Сверление, нарезание резьбы	6Н...8Н	3,2...6,3	Соответствует
21	Отверстие	14	12,5	Сверление	12...14	6,3...12,5	Соответствует

Таблица 6 - Технологические базы в станочных операциях базовой технологии

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
005	Вертикально-фрезерная Фрезеровать поверхность 7 Фрезеровать поверхность 15	Поверхность 15	Поверхность 7
010	Радиально-сверлильная Сверлить 4 отверстия 21 Сверлить и нарезать резьбу в отв. 20		Поверхность 15 Поверхность 7 и 2 отв. 21
015	Горизонтально-расточная Фрезеровать пов. 1, 5, 11 Расточить отв. 3, 9, 11, 17 Сверлить и нарезать резьбу в отв. 2, 4, 18		Поверхность 7 и 2 отв. 21
020	Горизонтально-расточная Фрезеровать пов. 12, 13 Расточить 2 отв. 16 Сверлить и нарезать резьбу в 8 отв. 19		Поверхность 7 и 2 отв. 21

Таблица 7 - Анализ станочных операций

№ опер ации	Наименование и содержание операции	Структура операции				Технологическая база	Способ установки и закрепления	Модель станка	Схема построения операции
		Кол-во установок	Кол-во позиций	Кол-во переходов	Кол-во ходов				
010	Радиально- сверлильная Сверлить 4 отверстия 21 сверлить и нарезать резьбу в отв. 20	2	-	2	6	Поверхность 15 Поверхность 7 и 2 отв. 21	Кондуктор	2Н55	Одноместная, одноинструментальная последовательная обработка
020	Фрезеровать пов. 12, 13 Расточить 2 отв. 16, сверлить и нарезать резьбу в 8 отв. 19	1	-	3	12	Поверхность 7 и 2 отв. 21	Приспособ- ление специальное	2620	Одноместная, одноинструментальная последовательная обработка

ДП 44.03.04.561.ПЗ

Определим тип производства для базового тех. процесса.

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

$$K_{з.о.} = \sum O / \sum P, \quad (6)$$

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

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

Годовая программа выпуска $N=520$ шт. (базовый вариант).

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

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

где $F_d=3584$ ч. – годовой фонд времени при 2-х сменной работе универсального оборудования;

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

$\eta_{з.н} = 1,02$ – нормативный коэффициент выработки норм.

Установим число рабочих мест P округляя в большую сторону m_p .

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

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P$$

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

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф.}$$

Рассчитаем $K_{з.о.}$ для операции 005 Вертикально-фрезерная:

$$m_p = 520 \cdot 8,52 / (60 \cdot 3584 \cdot 0,85 \cdot 1,02) = 0,02; \text{ приму } P=1;$$

$$\eta_{з.ф.} = 0,02 / 1 = 0,02; O = 0,75 / 0,02 = 37,5, \text{ примем } O=38.$$

Рассчитаем $K_{з.о.}$ для операции 010 Радиально-сверлильная:

$$m_p = 520 \cdot 12,3 / (60 \cdot 3584 \cdot 0,85 \cdot 1,02) = 0,03; \text{ приму } P=1;$$

$$\eta_{з.ф.} = 0,03 / 1 = 0,03; O = 0,75 / 0,03 = 25, \text{ примем } O=25.$$

Рассчитаем $K_{з.о}$ для операций 015 и 020 Горизонтально-расточная:

$$m_p = 520 \cdot 120,4 / (60 \cdot 3584 \cdot 0,85 \cdot 1,02) = 0,34; \text{ приму } P=1;$$

$$\eta_{з.ф.} = 0,34 / 1 = 0,34; O = 0,75 / 0,34 = 2,2 \text{ примем } O=3.$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Тогда:

$K_{з.о.} = 66/3 = 33$, что соответствует мелкосерийному типу производства.

Количество деталей в партии [4, с. 36]:

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

где a – периодичность поступления заготовок, $a=12$ дней [4, с. 36].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{520 \cdot 12}{254} = 25шт$$

Выводы: технологический процесс обеспечивает точность линейных и диаметральных размеров, качество поверхностей и технических требований предъявляемых к детали. Предлагается заменить универсальное оборудование, на обрабатывающий центр с ЧПУ.

1.1.4. Определение типа производства

Тип производства по предлагаемому варианту тех. процесса определим используя формулы (6) и (7), а результаты занесем в таблицу 8.

Годовая программа по предлагаемому варианту технологического процесса $N=1250$ шт., годовой фонд времени при 3-х сменной работе

$F_d = 5376$ ч.

Таблица 8 – Определение типа производства

Операция	Тшт, мин.	mp	P	ηз.ф.	O
Комбинированная на ОЦ с ЧПУ	87,5	0,39	1	0,39	2

Тогда:

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

Количество деталей в партии по (8):

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1250 \cdot 12}{254} = 59шт$$

Крупносерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий изготовленных периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска.

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 крупносерийном производстве большая часть оборудования, приспособлений и инструмента специализированы.

Квалификация рабочих ниже, чем в мелкосерийном производстве.

1.2. Разработка технологического процесса обработки детали

1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

- масса детали 4,2 кг;
- габариты детали: 220x217x154 мм;
- материал – сплав АК7ч ГОСТ 1583-89.

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

Если для изготовления детали нельзя подобрать полуфабрикат, который сразу можно превратить в готовую деталь, то приходится сначала превращать полуфабрикат в заготовку, а затем – заготовку в готовую деталь. В таких случаях приходится выбирать полуфабрикат, обеспечивающий

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

экономичное получение заготовки, и изыскать способ получения заготовки, позволяющий превратить ее в деталь с наименьшими затратами труда и материала.

В современном машиностроении для получения заготовок деталей используют разнообразные технологические процессы [1]:

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

Главными факторами, от которых зависит выбор технологического процесса получения заготовки, являются следующие [1]:

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

Учитывая заданный материал – сплав АК7ч, требуемой точностью изготовления заготовки - для данной детали «Корпус редуктора водяной помпы» выбираем способ получения заготовки – отливка в кокиль.

По форме и конфигурации заготовка будет напоминать готовую деталь.
Масса заготовки – 5,5 кг.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

1.2.2. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используются для определения положения изделия в процессе изготовления.

Выделяют основные и вспомогательные технологические базы, черновые и чистовые базы. К основным технологическим базам относят нижнюю плоскость и четыре отверстия $\varnothing 21$. К вспомогательным базам относят отверстия $\varnothing 62H8$, $\varnothing 100H11$, $\varnothing 130H11$ и присоединительные плоскости данных отверстий (рисунки 2 и 3).

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, когда отсутствует обработанная поверхность.

В нашем случае черновой базой будет поверхность «Е», торец «А» и отверстие «Б». Торец «А» лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отверстие «Б» – 2-х степеней свободы (двух перемещений), поверхность «Е» - 1 степени свободы. Таким образом, базирование полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 4.

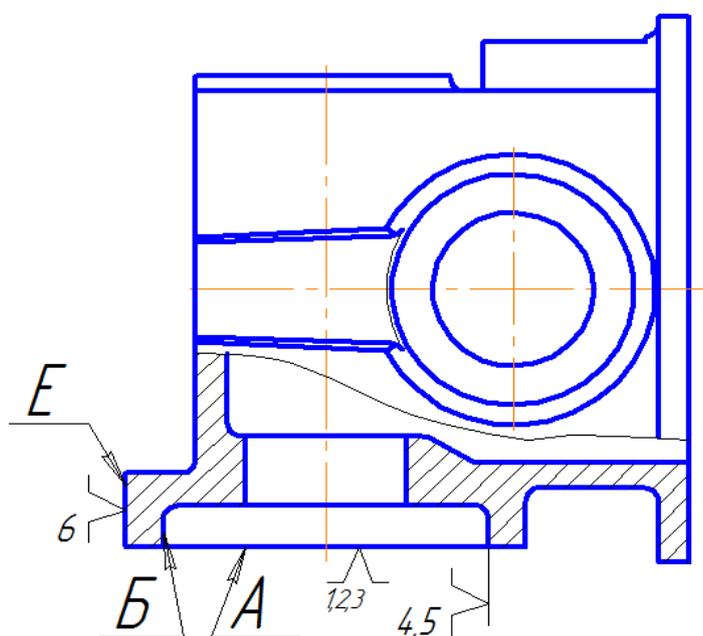


Рисунок 4 - Черновые базы предлагаемого тех. процесса

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. В нашем случае чистовыми базами является нижний торец «В» и отверстия «Г» и «Д».

Торец «В» – лишает деталь 3-х степеней свободы (одного перемещения и двух вращений), отверстие «Г» лишает деталь 2-х степеней свободы (двух перемещений), отверстие «Д» лишает деталь одной степени свободы (одного вращения). Таким образом, базирование полное.

Чистовое базирование представлено на рисунке 5.

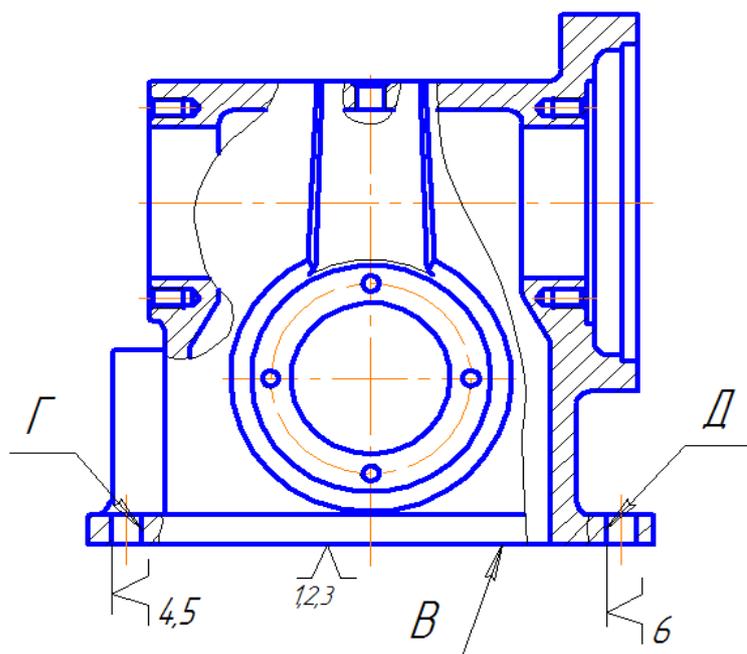


Рисунок 5 - Чистовые базы предлагаемого тех. процесса

1.2.3. Составление технологического маршрута обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы»

Технологический маршрут обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы» представлен в таблице 9. Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунках 6 и 7.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Таблица 9 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы» (рис. 6 и 7)

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Фрезеровать	7
	Фрезеровать	15
	Сверлить	20
	Зенковать фаску	20
	Нарезать резьбу	20
	Сверлить	21
Установ Б	Фрезеровать	11
	Фрезеровать	1
	Фрезеровать	5, 14
	Фрезеровать	12
	Фрезеровать	13
	Расточить	8, 17
	Расточить	10
	Расточить	3, 9
	Расточить	16
	Сверлить	2, 4, 6, 18, 19
	Зенковать фаску	2, 4, 6, 18, 19
	Нарезать резьбу	2, 4, 6, 18, 19

1.2.4. Выбор средств технологического оснащения

1.2.4.1. Выбор и описание оборудования

В связи с увеличением производственной программы выпуска деталей «Корпус редуктора водяной помпы» с 500 до 1250 в год предлагается, заменить существующее универсальное оборудование, на обрабатывающий центр с ЧПУ, что будет соответствовать крупносерийному производству и позволит предприятию увеличить годовой выпуск изделий.

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

В дипломном проекте предлагается использовать обрабатывающий центр с ЧПУ модели Haas EC-400 (про-во США).

Горизонтальный обрабатывающий центр серии ЕС; 508×508×508 мм (хуз), двойная система смены паллет 400×400 мм, поворот паллеты с шагом 1 град., время смены паллет 8 сек., макс. мощность шпинделя 14,9 кВт, прямой привод шпинделя (схема соединения обмоток «звезда – треугольник»), 8000 об/мин, конус ISO 40, устройство смены инструмента бокового исполнения на 24 позиции, время смены инструмента 2,1 сек., стружкоуборочный шнековый конвейер, пульт дистанционного управления, система ЧПУ FANUC, 1 Мб программной памяти, USB-порт, внутренний автотрансформатор [18].

Особенности Haas EC-400 [18]:

- Полностью литая чугунная станина;
- Полностью закрытое герметичное защитное ограждение;
- Серводвигатели перемещений по осям с прямой передачей момента;
- Стальные закаленные подшипниковые блоки направляющих;
- ШВП с двойным креплением и предварительно натянутой гайкой;
- Система автоматической смазки направляющих и ШВП;
- Система компенсации тепловых расширений ШВП;
- Откатная конструкция бака для СОЖ;

Таблица 10 - Характеристики ОЦ Haas EC-400 [18]

1	2
Перемещения по X, Y, Z	508 x 508 x 508 мм
Рабочий шпиндель	
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8000
8000 об/мин, ISO/BT 40	14,9/102 кВт/Нм
Инструментальный магазин	
Время смены инструмента	2,1с
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента	24

Продолжение таблицы 10

1	2
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента	24
Максимальная масса инструмента	5,4кг
Рабочие перемещения	
Максимальная скорость холостых подач, м/мин	25,4
Максимальные рабочие подачи по осям, м/мин	12,7
Рабочий стол	
Рабочая площадь	400 x 400 мм
Макс. нагрузка	454 кг
Инструментальный магазин	
ISO/BT 40	24/40 ячеек
Система ЧПУ	
Fanuc	

На рисунке 8 показан ОЦ Haas EC-400 [18].



Рисунок 8 – Обрабатывающий центр ОЦ Haas EC-400

В таблице 11 кратко опишем технологию механической обработки детали с использованием обрабатывающего центра Haas EC-400.

На рисунке 9 показаны основные направления движения станка ОЦ HAAS EC-400.

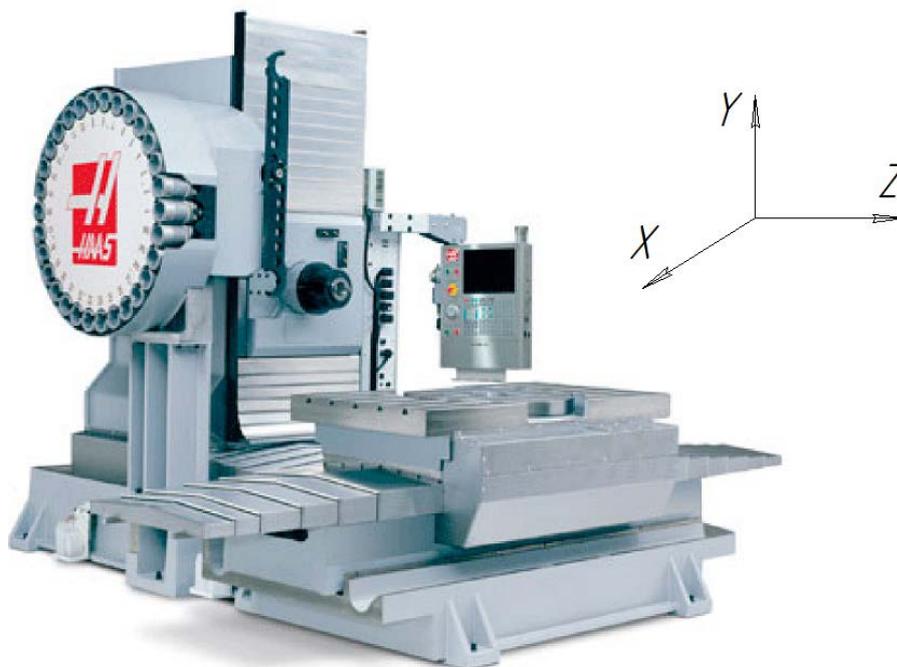


Рисунок 9 - Основные направления движения станка HAAS EC-400

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.561.ПЗ

Лист

29

Таблица 11 – Краткий технологический процесс механической обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы»

№ опер	Содержание операции	Оборудование
005	<u>Установ А</u>	ОЦ Haas EC-400
	Фрезеровать поверхность 7.	
	Сверлить 4 отверстия 21.	
	Фрезеровать поверхность 15.	
	Сверлить отв. под резьбу 20.	
005	<u>Установ Б</u>	ОЦ Haas EC-400
	Фрезеровать плоскость 11.	
	Расточить отверстие 8 и 17.	
	Расточить отверстие 10.	
	Расточить отверстие 9.	
	Сверлить 6 отв. 2 и 4 отв. 18.	
	Зенковать фаски в отв. 2 и 18.	
	Нарезать резьбу в отв. 2 и 18.	
	Фрезеровать плоскость 1.	
	Фрезеровать плоскости 5 и 14.	
	Расточить отверстие 3.	
	Сверлить отв. под резьбу 2 и 4.	
	Зенковать фаски в отв. 2 и 4.	
	Нарезать резьбу в отв. 2 и 4.	
	Фрезеровать плоскость 12 и 13.	
Расточить 2 отверстия 16.		
Сверлить отв. под резьбу 19.		
Зенковать фаски в отв. 19.		
Нарезать резьбу в отв. 19.		
010	Промывка	Камера моечная
015	Контроль	Измерительная машина

1.2.4.2. Предлагаемый вариант ТП и содержание технологических операций

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

Материал детали – сплав АК7ч по классификации компании «Seco» относится к группе N1 [10, с. 675].

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

Классификация материалов - SMG2



SMG	Описание	свойства	Пример
N1	Алюминиевые сплавы, Si < 9%		AW-7075
N2	Сплавы алюминия, 9% < Si < 16%		AC-44200 Si = 12%

Рисунок 10 – Выбор группы материала для сплава АК7ч из каталога фирмы «Seco»

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ.

Установ А

Переход 1. Фрезеровать поверхность 7 (рис. 6).

Фреза торцевая R220.53-0125-09-10С [10, с. 129],

где обозначено: R – правостороннее вращение, 220 – крепление на оправке, 53 - система фрез, 0125 – диаметр фрезы (125мм), 09 – размер пластины, 10 – эффективное число зубьев, С – крепление пластины клином (рис. 11).

Размеры фрезы: $D_c=125\text{мм}$, $D_{c2}=135\text{мм}$, $D_{5m}=90\text{мм}$, $l_1=63\text{мм}$, $ap=4,5\text{мм}$ [10, с. 129].

Пластина SEEX 09T3AFN-E04 H15 [10, с. 603],

где обозначено: S - форма пластины (квадратная), E - задний угол (равен 20°), E – класс допуска, X – тип СМП, 09 – номинальная длина режущей кромки (9,52мм), T3 – толщина (3,97мм), AF – пластина с фаской

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

45°, N – направление резания (нейтрал), E04 – внутреннее обозначение (условия обработки простые), H15 – материал пластины (твердый износостойкий сплав для обработки алюминия, сплав без покрытия) [10, с. 14].

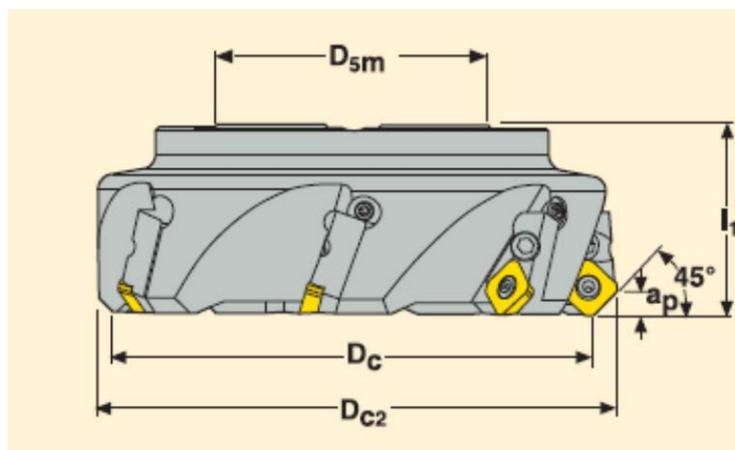


Рисунок 11 - Фреза торцевая

Фрагмент каталога «Seco» для выбора фрезы, пластины и материала показан на рисунках 12 и 13.

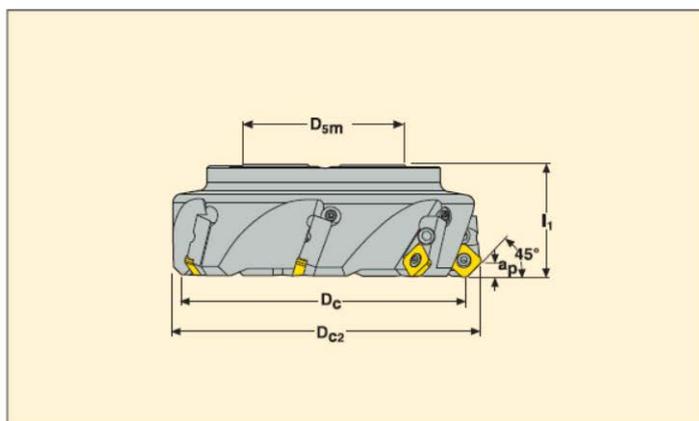
Тоцевые фрезы



R220.53-09C



- Для подбора пластин и рекомендаций по режимам резания см. стр. 130-131
- Номенклатуру пластин см. на стр. 603



Шаг	Обозначение	Тип крепления	Размеры в мм									Пластина
			a_p	D_c	D_{c2}	D_{5m}	I_1	KG				
Нормальный	R220.53 -0080-09-5C	Оправка	4,5	80	90	62	50	5	1,7	7400	SE..09T3	
	-0100-09-6C	Оправка	4,5	100	110	77	50	6	2,5	6600	SE..09T3	
	-0125-09-8C	Оправка	4,5	125	135	90	63	8	4,2	5900	SE..09T3	
	-8160-09-10C	Оправка	4,5	160	170	90	63	10	6,6	5200	SE..09T3	

Рисунок 12 – Выбор торцевой фрезы из каталога фирмы «Seco»

Пластина SEEX 09T3AFN-E04 H15 [10, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 662]: $a_{pmax}=4,5\text{мм}$,
 $f=0,20\text{ мм/зуб}$, $V_c=600\text{м/мин}$.

Фрагмент каталога «Seco» для выбора фрезы показан на рисунке 11.

Переход 4. Сверлить отверстие 20 (рис. 7).

Сверло SD203-10.2-31-12R1 [11, с. 39],

где SD203 – тип сверла, 10.2 – диаметр сверла (10,2мм), 31 – глубина сверления (31мм), 12 – диаметр хвостовика, R – правое вращение, 1 – тип хвостовика (цилиндрический) [11, с. 20] (рис. 14).

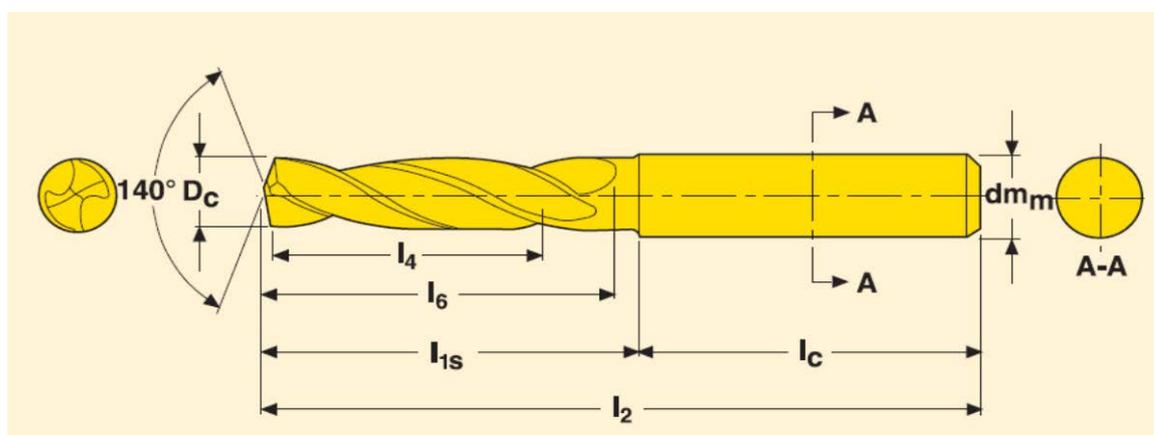


Рисунок 14 – Сверло Seco Feedmax – SD203

Размеры сверла: $D_c=10,2\text{мм}$, $d_{m}=12\text{мм}$, $l_4=31\text{мм}$, $l_2=102\text{мм}$, $l_c=45\text{мм}$
[11, с. 39].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 123]: $f=0,38\text{ мм/об}$,
 $V_c=350\text{м/мин}$.

Переход 5. Зенковать фаску в отверстии 20.

Сверло SD203-15.0-38-16R1 [11, с. 40] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 123]: $f=0,48\text{ мм/об}$,
 $V_c=350\text{м/мин}$.

Переход 6. Нарезать резьбу в отверстии 20.

Метчик МТН-М12х1.75ISO7Н-ТВ-V008 [11, с. 290],

где МТН – метчик со спиральной канавкой и со спиральной подточкой,

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.561.ПЗ					

$f=0,40$ мм/об [11, с. 594 и с. 596].

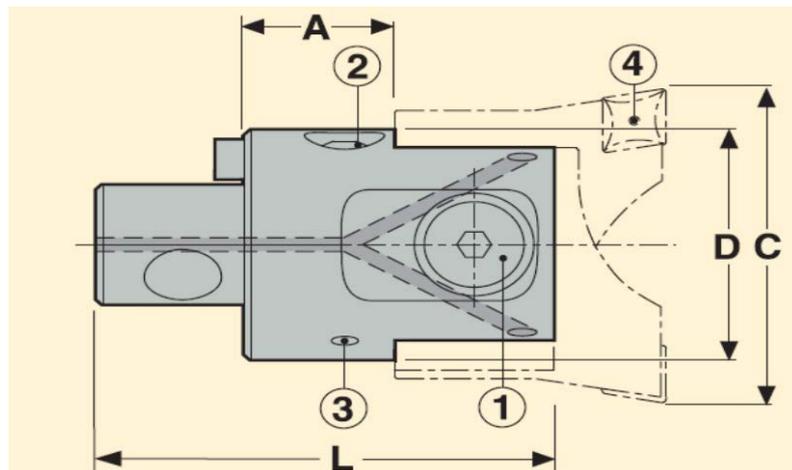


Рисунок 16 – Головка расточная тип А750

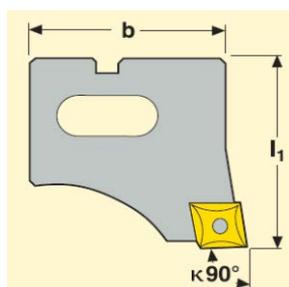


Рисунок 17 – Держатель пластин

Размеры держателя: $b=70$ мм, $l_1=68$ мм [11, с. 489].

Переход 3. Расточить отверстие 10.

Головка А750 60 [11, с. 487] (рис. 16).

Держатель пластин А750 65СС12 90 [11, с. 489].

Пластина ССГТ 120408F-AL КХ [11, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{pmax}=5$ мм, $V_c=300$ м/мин,
 $f=0,40$ мм/об [11, с. 594 и с. 596].

Переход 4. Расточить отверстие 9.

Растачивание выполняем в два этапа: в размер $\phi 61,5$ и в размер $\phi 62H8$.

Головка А750 40 [11, с. 487] (рис. 16).

Держатель пластин А750 40СС12 90 [11, с. 489] (рис. 17).

Пластина ССГТ 120408F-AL КХ [11, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{pmax}=5$ мм, $V_c=300$ м/мин,
 $f=0,40$ мм/об [11, с. 594 и с. 596].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.561.ПЗ

Лист

36

Метчик МТН-М8х1.25ISO7Н-ТВ-V008 [11, с. 290] (рис. 15).

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

Переход 8. Фрезеровать торец 1 (рис. 6).

Фреза торцевая R220.53-0100-09-8С [10, с. 129] (рис. 11).

Пластина SEEX 09Т3AFN-E04 Н15 [10, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 662]: $a_{p\text{max}}=4,5\text{мм}$,
 $f=0,20\text{ мм/зуб}$, $V_c=600\text{м/мин}$.

Переход 9. Фрезеровать торец 5 и 14 (рис. 6).

Фреза концевая JS522320R050Z2.0 MEGA-64 [12, с. 75] (рис. 19),

где JS – линейка продукции, 522 – геометрия, 32 – диаметр фрезы, 0 – тип фрезы, R050 – форма конца, Z2 – число зубьев, MEGA 64 – покрытие [12, с. 10].

Основные размеры фрезы: $D_c=32\text{мм}$, $d_{m\text{m}}=32\text{мм}$, $Z=2$, $l_2=245\text{мм}$,
 $a_p=160\text{мм}$ [10, с. 75].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 78]: $f=0,20\text{ мм/зуб}$,
 $V_c=445\text{м/мин}$.

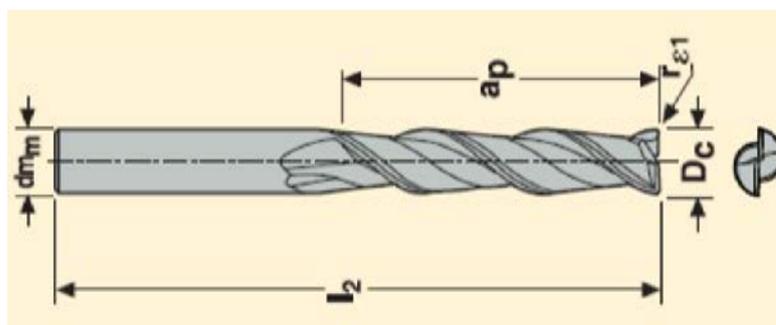


Рисунок 19 – Фреза концевая монолитная JABRO-SOLID-JS522

Переход 10. Расточить отверстие 3.

Растачивание выполняем в два этапа: в размер $\varnothing 1,5$ и в размер $\varnothing 2\text{H}8$.

Головка A750 40 [11, с. 487] (рис. 16).

Держатель пластин A750 40CC12 90 [11, с. 489] (рис. 17).

Пластина CCGT 120408F-AL KX [11, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{p\text{max}}=5\text{мм}$, $V_c=300\text{м/мин}$,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$f=0,40$ мм/об [11, с. 594 и с. 596].

Головка А780 40 [11, с. 541] (рис. 18).

Держатель пластин А725 40СС06 02 [11, с. 544] (рис. 19).

Пластина ССГТ 060204F-AL КХ [11, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания на втором этапе: $a_{p\max}=0,5$ мм,
 $V_c=300$ м/мин, $f=0,12$ мм/об [10, с. 327 и с. 330].

Переход 11. Сверлить 2 отв. 2 и 2 отв. 4 (рис. 6 и 7).

Сверло SD203-6.8-25-8R1 [11, с. 39] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 123]: $f=0,28$ мм/об,
 $V_c=350$ м/мин.

Переход 12. Зенковать фаску в отверстиях 2 и 4.

Сверло SD203-11.0-33-12R1 [11, с. 39] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 123]: $f=0,40$ мм/об,
 $V_c=350$ м/мин.

Переход 13. Нарезать резьбу в отверстиях 2 и 4.

Метчик МТН-М8х1.25ISO7Н-ТВ-V008 [11, с. 290] (рис. 15).

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

Переход 14. Фрезеровать поверхности 12 и 13 (рис. 6).

Фреза торцевая R220.53-0100-09-8С [10, с. 129] (рис. 11).

Пластина SEEX 09T3AFN-E04 H15 [10, с. 603].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [10, с. 662]: $a_{p\max}=4,5$ мм,
 $f=0,20$ мм/зуб, $V_c=600$ м/мин.

Переход 15. Расточить два отверстия 16.

Растачивание выполняем в два этапа: в размер $\phi 1,5$ и в размер $\phi 2H8$.

Головка А750 40 [11, с. 487] (рис. 16).

Держатель пластин А750 40СС12 90 [11, с. 489] (рис. 17).

Пластина ССГТ 120408F-AL КХ [11, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{p\max}=5$ мм, $V_c=300$ м/мин,
 $f=0,40$ мм/об [11, с. 594 и с. 596].

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Головка А780 40 [11, с. 541] (рис. 18).

Держатель пластин А725 40СС06 02 [11, с. 544] (рис. 19).

Пластина ССGT 060204F-AL КХ [11, с. 594].

Рекомендуемые режимы резания на втором этапе: $a_{p\max}=0,5\text{мм}$,
 $V_c=300\text{м/мин}$, $f=0,12\text{ мм/об}$ [10, с. 327 и с. 330].

Переход 16. Сверлить 8 отверстий 19 (рис. 6 и 7).

Сверло SD203-6.8-25-8R1 [11, с. 39] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 123]: $f=0,28\text{ мм/об}$,
 $V_c=350\text{м/мин}$.

Переход 17. Зенковать в 8-ми отверстиях 19.

Сверло SD203-11.0-33-12R1 [11, с. 39] (рис. 14).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [11, с. 123]: $f=0,40\text{ мм/об}$,
 $V_c=350\text{м/мин}$.

Переход 18. Нарезать резьбу в 8-ми отверстиях 19.

Метчик МТН-М8х1.25ISO7Н-ТВ-V008 [11, с. 290],

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

Для операции 005 элементы режима резания сведем в таблицу 12.

Таблица 12 - Элементы режима резания

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	Sm, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005					
Комплексная с ЧПУ					
Установ А					
Переход 1	2,5	2,0	3058	1529	600
Переход 2	6,5	0,48	4116	8574	350
Переход 3	3,0	2,0	3058	1529	600
Переход 4	5,1	0,38	3040	8000	256
Переход 5	2,0	0,48	3567	7431	350
Переход 6	0,9	1,75	2508	1433	54
Установ Б					
Переход 1	2,5	2,8	3343	1194	600
Переход 2	2,5	1,6	3058	1911	600
Переход 3	2	0,4	1772	4429	445

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
Переход 4	2,5	1,6	3058	1911	600
Переход 5	2,5	1,6	3058	1911	600
Переход 6	19	0,4	382	955	300
Переход 7	2,5	0,4	294	735	300
Переход 8	2,8	0,4	622	1554	300
Переход 9	0,25	0,12	185	1541	300
	2,8	0,4	622	1554	300
	0,25	0,12	185	1541	300
Переход 10	3,4	0,28	2240	8000	171
Переход 11	1,6	0,4	3200	8000	276
Переход 12	0,6	1,25	2336	1871	47

1.2.4.3. Выбор и описание технологической оснастки

Операция 005 Комплексная с ЧПУ. Установ А.

Применяется специальное зажимное приспособление. Схема базирования показана на рисунке 20.

Заготовка базируется на поверхность **Е**, на торец **А** и отверстия **Б**. Зажим заготовки осуществляется за верхнюю плоскость через отверстие **Б**.

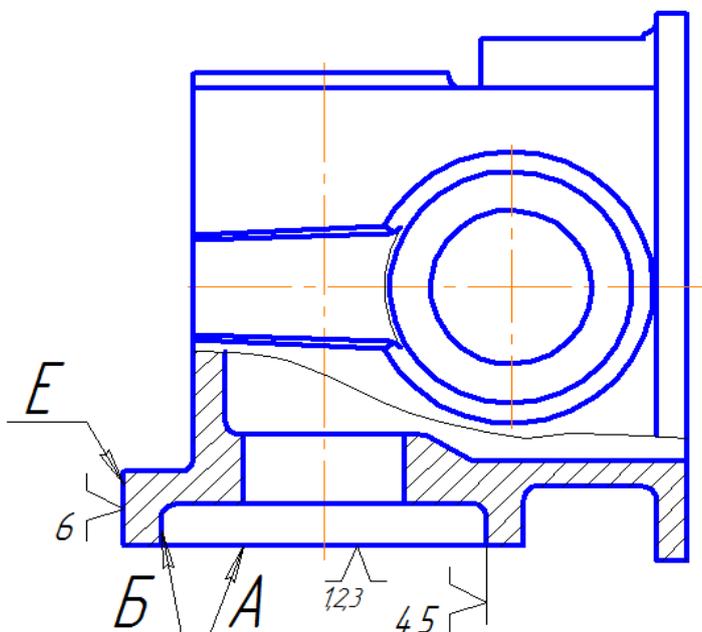


Рисунок 20 - Черновые базы предлагаемого тех. процесса

- растачивание чистовое;
- растачивание тонкое.

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

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

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

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

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

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 22 = 0,011 \text{ мм.} \quad (10)$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2,2^2 + 0,011^2} = 2,2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм}$$

Остаточные пространственные отклонения [8, с. 37]:

- после черного растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2200 = 110 \text{ мкм}$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ мкм}$$

Погрешность установки определим по [8, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 13.

Расчетный минимальный припуск определим по формуле и занесем в таблицу 13.

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (11)$$

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} .

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Результаты занесем в таблицу 13.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

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

Максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max}^{np} - D_{\max i-1}^{np} \quad (13)$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 13.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{\text{оном}} = 2 \cdot Z_{\text{o min}} + \frac{\bar{\sigma}_3}{2} - \bar{\sigma}_3 = 4,546 + \frac{1,6}{2} - 0,046 = 5,30 \text{ мм}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \bar{\sigma}_{i-1} - \bar{\sigma}_i \quad (14)$$

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

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

$$0,20 - 0,126 = 0,12 - 0,046 = 0,074 \text{ мм}$$

На рисунке 22 изобразим графическую схему припусков и допусков.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таблица 13 - Расчет припусков и допусков на отверстие $\text{Ø}62\text{H}8^{(+0,046)}_{+0}$

Технологические переходы обработки отверстия	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}	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
$\text{Ø}62\text{H}8^{(+0,046)}_{+0}$											
Заготовка	200	300	2200			55,86	1,60	55,90	57,50		
Черновое расточивание	50	50	110	130	2·2700	61,26	0,300	61,30	61,60	4,10	5,40
Чистовое расточивание	20	20	44	130	2·270	61,80	0,120	61,80	61,92	0,32	0,50
Тонкое расточивание	8	8		40	2·100	62,00	0,046	62,0	62,046	0,126	0,20

$$2 \cdot Z_{0\min} = 4,546 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 6,140 \text{ мм}$$

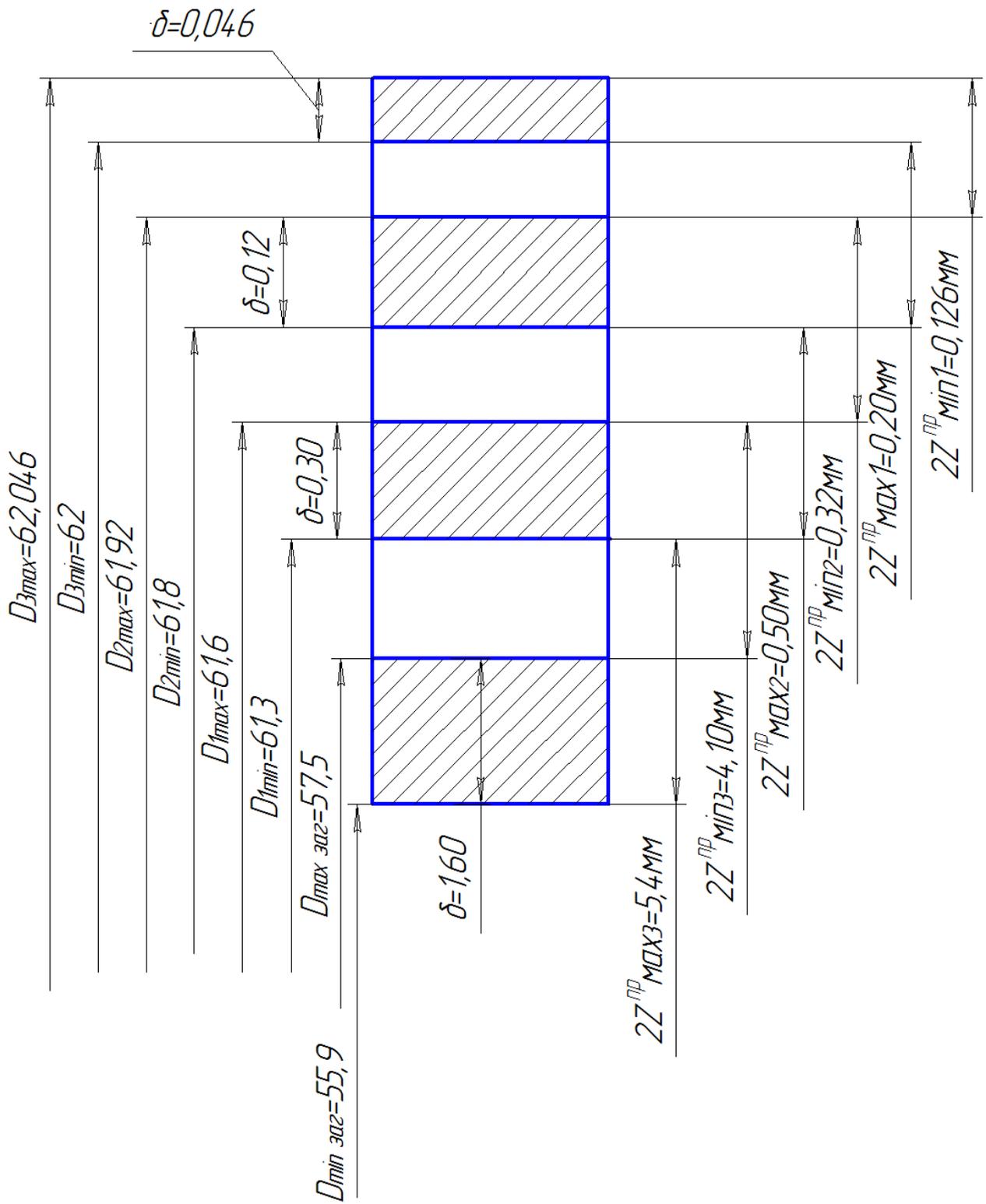


Рисунок 22 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\text{Ø}62\text{H}8\left(\begin{smallmatrix} +0,046 \\ +0 \end{smallmatrix}\right)$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
						46

Табличный метод расчета припусков.

На рисунке 23 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 14.

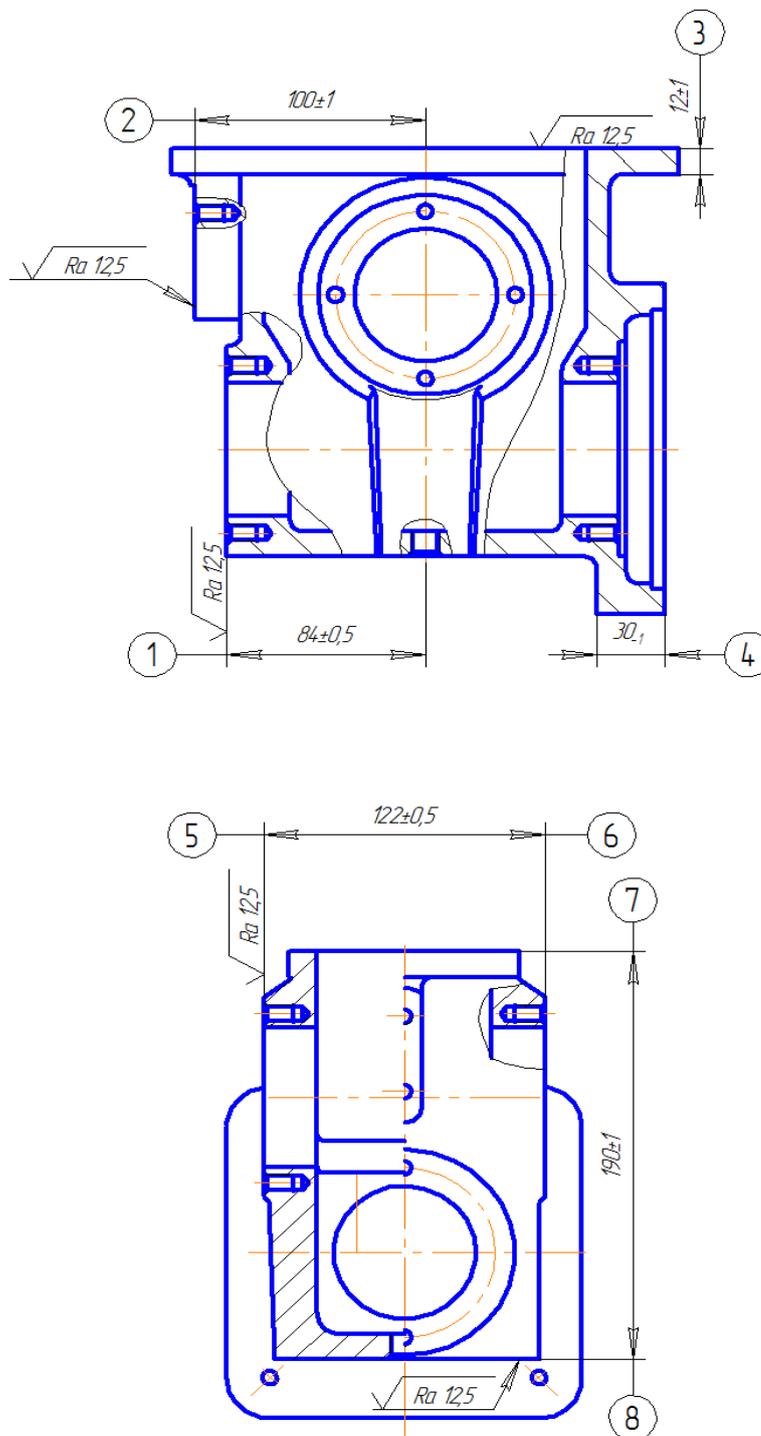


Рисунок 23 – Эскиз детали «Корпус редуктора водяной помпы»

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Таблица 14 - Припуски и допуски на обработку

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, мм	Отклонения, мм	
Заготовка - отливка	1	2,5	86,5	+0,9	-0,9
	2	2,0	102	+1,0	-1,0
	3	2,5	14,5	+0,9	-0,9
	4	2,5	32,5	+0,45	-0,45
	5	2,5	127	+0,8	-0,8
	6	2,5	127	+0,8	-0,8
	7	2,5	195,5	+1,1	-1,1
	8	3,0	195,5	+1,1	-1,1
Фрезерование однократное	1	2,5	84	+0,5	-0,5
	2	2,0	100	+1,0	-1,0
	3	2,5	12	+1,0	-1,0
	4	2,5	30	+0	-1,0
	5	2,5	122	+0,5	-0,5
	6	2,5	122	+0,5	-0,5
	7	2,5	190	+1,0	-1,0
	8	3,0	190	+1,0	-1,0

1.3.2. Расчет технических норм времени

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

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

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

$T_{шт}$ – штучное время на операцию;

n - количество деталей в партии, $n=59$ шт;

t_0 - основное время, мин;

t_B - вспомогательное время;

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

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

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

$$t_B = t_{yc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{изм},$$

(16)

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

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

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

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

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

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг},$$

(17)

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

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

Основное время [4, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i,$$

(18)

где l - расчетная длина;

i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [4, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{ПЕР},$$

(19)

где l_0 - длина обработки поверхности;

$l_{вр}$ - величина врезания инструмента;

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$l_{\text{пер}}$ - величина перебега.

Операция 005 Комплексная с ЧПУ.

Установ А.

Переход 1. Фрезеровать поверхность 7.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 220\text{мм}$.

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

$$l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 125\text{мм}.$$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 220 + 125 = 345\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{345}{3058} = 0,12\text{мин}$$

Переход 2. Сверлить 4 отв. 21.

$l_0 = 12\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 12 + 4 = 16\text{мм}$.

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{02} = \frac{16}{4116} \cdot 4 = 0,02\text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать поверхность 15.

$l_0 = 115\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 125\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 115 + 125 = 240\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{03} = \frac{240}{3058} = 0,08\text{мин}$$

Переход 4. Сверлить отверстие 20.

$l_0 = 12\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 12 + 4 = 16\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{04} = \frac{16}{3040} = 0,01\text{мин}$$

Переход 5. Зенковать фаску в отв. 20.

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

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Число проходов равно $i=1$

$$t_{05} = \frac{5}{3567} = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 6. Нарезать резьбу в отв. 20.

$\ell_0 = 12 \text{ мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 6 \text{ мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 12 + 6 = 18 \text{ мм}$.

Число проходов равно $i=1$

$$t_{06} = \frac{18}{2508} = 0,01 \text{ мин}$$

Установ Б.

Переход 1. Фрезеровать торец 11.

Длина обрабатываемой поверхности: $\ell_0 = 155 \text{ мм}$.

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

$$\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 160 \text{ мм}.$$

Тогда:

$$\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 155 + 160 = 315 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{315}{3343} = 0,09 \text{ мин}$$

Переход 2. Расточить отверстия 8 и 17.

$\ell_0 = 3 \text{ мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 28 \text{ мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 3 + 28 = 31 \text{ мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{31}{382} = 0,08 \text{ мин}$$

Переход 3. Расточить отверстие 10.

$\ell_0 = 6 \text{ мм}$, $\ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 5 \text{ мм}$, $\ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 6 + 5 = 11 \text{ мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{03} = \frac{11}{294} = 0,04 \text{ мин}$$

Переход 4. Расточить отверстие 9.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$l_0 = 27\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 10\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 27 + 10 = 37\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{04} = \frac{37}{1554} + \frac{37}{1541} = 0,05\text{мин}$$

Переход 5. Сверлить последовательно 6 отверстий 2 и 4 отв. 18 под резьбу.

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

$l_0 = 30\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 5\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 30 + 5 = 35\text{мм}$.

Число проходов равно $i=6$ и $i=4$ соответственно.

$$t_{05} = \frac{22}{2240} \cdot 6 + \frac{35}{2240} \cdot 4 = 0,12\text{мин}$$

Переход 6. Зенковать последовательно фаски в 10-ти отверстиях 2 и 18.

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

Число проходов равно $i=10$.

$$t_{06} = \frac{6}{3200} \cdot 10 = 0,02\text{мин}$$

Переход 7. Нарезать резьбу последовательно в 10-ти отв. 2 и 18.

$l_0 = 13\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 13 + 4 = 17\text{мм}$.

$l_0 = 30\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 4\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 30 + 4 = 34\text{мм}$.

Число проходов равно $i=6$ и $i=4$ соответственно.

$$t_{07} = \frac{17}{2336} \cdot 6 + \frac{34}{2336} \cdot 4 = 0,10\text{мин}$$

Переход 8. Фрезеровать торец 1.

$l_0 = 98\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 100\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 98 + 100 = 198\text{мм}$.

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{08} = \frac{198}{3058} = 0,07\text{мин}$$

Переход 9. Фрезеровать торец 5 и 14.

$l_0 = 63\text{мм}$, $l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 32\text{мм}$, $l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 63 + 32 = 95\text{мм}$.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{09} = \frac{98}{1772} = 0,06 \text{ мин}$$

Переход 10. Расточить отверстие 3.

$$\ell_0 = 27 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 10 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 27 + 10 = 37 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{010} = \frac{37}{1554} + \frac{37}{1541} = 0,05 \text{ мин}$$

Переход 11. Сверлить последовательно 2 отверстия 2 и 2 отв. 4 под резьбу.

$$\ell_0 = 17 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 5 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 17 + 5 = 22 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{011} = \frac{22}{2240} \cdot 4 = 0,04 \text{ мин}$$

Переход 12. Зенковать последовательно фаски в 4-х отверстиях 2 и 4.

$$\ell_0 = 1,6 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 4,4 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 1,6 + 4,4 = 6 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{012} = \frac{6}{3200} \cdot 4 = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 13. Нарезать резьбу последовательно в 4-х отв. 2 и 4.

$$\ell_0 = 13 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 4 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 13 + 4 = 17 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{013} = \frac{17}{2336} \cdot 4 = 0,03 \text{ мин}$$

Переход 14. Фрезеровать торцы 12 и 13.

$$\ell_0 = 93 \text{ мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 100 \text{ мм}, \ell = \ell_0 + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 93 + 100 = 193 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{014} = \frac{193}{3058} \cdot 2 = 0,13 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Переход 15. Расточить два отверстия 16 последовательно.

$$l_o = 27\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 10\text{мм}, l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 27 + 10 = 37\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{o16} = \frac{37}{1554} \cdot 2 + \frac{37}{1541} \cdot 2 = 0,10\text{мин}$$

Переход 16. Сверлить последовательно 8-мь отверстий 19 под резьбу.

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

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{o16} = \frac{22}{2240} \cdot 8 = 0,08\text{мин}$$

Переход 17. Зенковать последовательно фаски в 8-ми отверстиях 19.

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

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{o17} = \frac{6}{3200} \cdot 8 = 0,02\text{мин}$$

Переход 18. Нарезать резьбу последовательно в 8-ми отв. 19.

$$l_o = 14\text{мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 3\text{мм}, l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 14 + 3 = 17\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=8$.

$$t_{o18} = \frac{37}{2336} \cdot 8 = 0,13\text{мин}$$

Общее машинное время на операции:

$$t_o = 0,12 + 0,02 + 0,08 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,09 + 0,08 + 0,04 + 0,05 + 0,12 + \\ + 0,02 + 0,10 + 0,07 + 0,06 + 0,05 + 0,04 + 0,01 + 0,03 + 0,13 + 0,10 + 0,08 \\ + 0,02 + 0,13 = 1,47\text{мин}$$

Определим элементы вспомогательного времени [4, с. 98]:

$$t_{\text{ус}} = 25,12 \text{ мин};$$

$$t_{\text{уп}} = 10,45 \text{ мин};$$

$$t_{\text{изм}} = 36,22 \text{ мин}.$$

$$t_{\text{в}} = 25,12 + 10,45 + 36,22 = 71,79 \text{ мин}.$$

Оперативное время [4, с. 101]:

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$t_{OP} = t_O + t_B = 1,47 + 71,79 = 73,26 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания [4, с. 102]:

$$t_{mex} = \frac{6 \cdot t_{OP}}{100} = \frac{6 \cdot 73,26}{100} = 4,4 \text{ мин}$$

Время организационного обслуживания [4, с. 102]:

$$t_{opz} = \frac{8 \cdot t_{OP}}{100} = \frac{8 \cdot 73,26}{100} = 5,86 \text{ мин}$$

Время на отдых [4, с. 102]:

$$t_{on} = \frac{2,5 \cdot t_{on}}{100} = \frac{2,5 \cdot 73,26}{100} = 1,83 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 73,2 + 4,40 + 5,86 + 1,83 = 85,29 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [4, с. 216-217]:

$$T_{пз} = 36 \text{ мин}$$

Тогда:

$$T_{шт-к} = \frac{36}{59} + 85,29 = 85,9 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

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

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

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

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

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

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

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ.

Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом:

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

2. в целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с

целью обеспечения базы для последующих операций);

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

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

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

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

- в каждом кадре 3 типа M-функций;
- вызов до 4 вложений подпрограмм;
- упрощенное программирование углов и скруглений для фасок и радиусов;
- циклы обработки FANUC, черновая обработка за один проход, нарезание наружной резьбы за один проход;
- циклы обработки FANUC, черновая обработка с увеличивающимся (тип I) или уменьшающимся (тип II) профилем, нарезание наружной резьбы за несколько проходов;
- циклы FANUC для осевого сверления, с удалением стружки, осевое развертывание и осевое нарезание внутренней резьбы;
- циклы SCHAUUBLIN, осевое сверление, сверление с удалением стружки, осевое развертывание, осевое нарезание внутренней резьбы,

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

торцевая канавка, внутренние и наружные канавки, наружное нарезание резьбы за несколько проходов;

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

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

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

К тому же количество программных блоков может быть различным в

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

зависимости от используемых геометрических фигур, которые определяет профиль.

Разработка фрагмента управляющей программы обработки для операции 005 установ А.

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

Фрагмент управляющей программы на операцию 005 представлен в таблице 15.

Таблица 15 - Фрагмент управляющей программы на операцию 005 (установ А)

1	2
Переход 1. Фрезеровать поверхность 7	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T01	Выбор фрезы торцевой
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H01	Компенсация длины инструмента
S1529 M03	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X0 Y282 Z-140	Быстрое перемещение инструмента 1 в опорную точку с указанными координатами
G1 Y-69 F2.0 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y390 Z420	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 2. Сверлить последовательно 4 отв. 21	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T02	Выбор сверла, смена инструмента
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки

Продолжение таблицы 15

1	2
G43 H02	Компенсация длины инструмента
S8574 M03	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X35 Y201.5 Z-143	Быстрое перемещение инструмента 2 в опорную точку с указанными координатами
G81 Z-124 R3 F0.48 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ
X-35	Переход и сверление отверстия 2
Y11.5	Переход и сверление отверстия 3
X35	Переход и сверление отверстия 4
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y390 Z420	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 3. Фрезеровать поверхность 1	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T01	Выбор врезки торцевой
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H01	Компенсация длины инструмента
S1529 M03	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X116 Y208 Z-50	Быстрое перемещение инструмента 1 в опорную точку с указанными координатами
G1 X-116 F2.0 M08	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами, включение рабочей подачи, включение СОЖ
G0 Y164	Быстрое перемещение инструмента 1 в точку с указанными координатами
G1 X116 F2.0	Перемещение инструмента в точку с указанными координатами с рабочей подачей
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.561.ПЗ

Лист

61

Продолжение таблицы 15

1	2
G0 X410 Y390 Z420	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 4. Сверлить отв. 20	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T04	Выбор сверла
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H04	Компенсация длины инструмента
S8000 M03	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X0 Y106.5 Z-53	Быстрое перемещение инструмента 3 в опорную точку с указанными координатами
G81 Z-34 R3 F0.38 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y390 Z420	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 5. Центровать фаску в отв. 20	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T04	Выбор сверла
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H04	Компенсация длины инструмента
S7431 M03	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X0 Y106.5 Z-53	Быстрое перемещение инструмента 4 в опорную точку с указанными координатами
G81 Z-45 R3 F0.48 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ

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

ДП 44.03.04.561.ПЗ

Лист

62

Продолжение таблицы 15

1	2
G80	Отмена цикла сверления
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y390 Z420	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
Переход 6. Нарезать резьбу в отв. 20	
G17 G49 G90	Выбор рабочей плоскости XY, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах
T05	Выбор метчика, смена инструмента
M06	Смена инструмента
G54	Активизация смещения нулевой точки
G43 H05	Компенсация длины инструмента
S1433 M03	Включение оборотов шпинделя против часовой стрелки
G0 X0 Y106.5 Z-53	Быстрое перемещение инструмента 5 в опорную точку с указанными координатами
G84 Z-35 R3 F1.75 M08	Цикл нарезания резьбы, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ
G80	Отмена цикла
M09 M05	Выключение подачи СОЖ, выключение оборотов
G0 X410 Y390 Z420	Быстрое перемещение инструмента в точку смены с указанными координатами
M30	Конец программы

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данном дипломном проекте производится разработка технологического процесса детали «Корпус редуктора водяной помпы» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1250 штук в год.

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

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

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

3.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле:

$$K = K_{об} + K_{про} \quad (20)$$

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

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

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [9]:

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

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

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

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

$N_{\text{год}} = 500$ шт. базовый вариант;

$N_{\text{год}} = 1250$ шт. проектируемый вариант;

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

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

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

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

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

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

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

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

- при односменной работе составляет:

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

- при двухсменной работе (базовый вариант):

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

- при трёхсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

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

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

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

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

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

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

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (21). Данные по расчетам сводим в таблицу 16 по базовому варианту.

$$C_{\text{6Н13}} = \frac{0,41 \cdot 500}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,06 \text{ шт.};$$

$$C_{\text{2620}} = \frac{1,33 \cdot 500}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,20 \text{ шт.};$$

$$C_{\text{2Н55}} = \frac{0,82 \cdot 500}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,12 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени, согласно раздела 1.3.2. по формуле (21). Данные по расчетам сводим в таблицу 17 по проектируемому варианту.

$$C_{\text{НААС}} = \frac{1,43 \cdot 1250}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,38.$$

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) [9].

Таблица 16 - 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
6Н13	0,41	0,06	1	0,06

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
2620	1,33	0,20	1	0,20
2Н55	0,82	0,12	1	0,12
	$\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 2,56$	0,38	$\Sigma C_{п} = 3$	

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

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{шт. (ш-к)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, $C_{п}$	Кз.ф.
HAAS	1,43	0,38	1	0,38
	$\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 1,43$	0,38	$\Sigma C_{п} = 1$	

Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 18 по базовому варианту, по проектируемому в таблице 19.

Таблица 18 – 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	Итого стоимость	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вертикально-фрезерный	6Н13	1	11	11	200	20	-	220
Горизонтально-расточной	2620	1	7,5	7,5	250	25	-	275
Радиально-сверлильный	2Н55	1	7,5	7,5	140	14	-	154
Итого		3		26	590	59	-	649

Таблица 19 – 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	Дополнительная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	HAAS	1	14,9	14,9	17500	1750	50	19300	19300
Итого		1		14,9					19300

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 28% составляют $0,38 \cdot 19300 = 7334$ т. руб.

Определение капитальных вложений в приспособления

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

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

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, $C_{прс1} = 40200$ руб., (спец. приспособление), $C_{прс2} = 43100$ руб., (спец. приспособление).

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

$$C_{прс} = (40200 + 43100) \cdot 1,025 = 85400 \text{ руб.}$$

Рассчитываем размер капитальных вложений в приспособления по

формуле [9]:

$$K_{\text{прс}} = 85,4 \text{ т. руб.}$$

$$\text{Итого: } 7334 + 85,4 = 7419,4 \text{ т. руб.}$$

3.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

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

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

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 [9]:

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

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

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

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

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

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Численность станочников вычисляем по формуле [9]:

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

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего,

$F_p = 1685$ ч.;

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

$k_{мн} = 1$;

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 дня.). Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1685 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (26). Результаты вычислений сводим в таблицу 20 по проектируемому варианту в таблице 21.

Таблица 20 – 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.
Фрезерная	4	110,5	0,41	45,3	0,12
Расточная	4	125,6	1,33	167,1	0,39
Сверлильная	4	108,5	0,82	89,0	0,24
Итого				301,4	0,75

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

$Ззп = 301,4 \cdot 500 = 150700$ руб.

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

$$З_{\text{п}} = 150700 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 201033,8 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	102,5	1,43	146,6	1
Итого				146,6	1

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

$$З_{\text{п}} = 146,5 \cdot 1250 = 152353 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{п}} = 152353 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 203238,9 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_p \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_p}{N_{\text{год}}}, \quad (27)$$

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

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

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

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

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

где $g_{п}$ – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет $g_{п} = 0,38$ шт.;

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

N – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, $N = 6$ шт.

$$Ч_{нал} = \frac{0,38 \cdot 2}{6} = 0,13 \text{ чел.}$$

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

$$Ч_{трансп.} = 0,13 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{контр.} = 0,13 \cdot 0,07 = 0,01 \text{ чел.}$$

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

$$З_{нал} = \frac{88,4 \cdot 1685 \cdot 0,13 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{500} = 57,2 \text{ руб.};$$

$$З_{трансп.} = \frac{72,8 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{500} = 3,6 \text{ руб.};$$

$$З_{контр.} = \frac{68,9 \cdot 1685 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{500} = 3,4 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящаяся на одну деталь по каждому их вариантов, сводим в таблицу 22 по проектируемому в таблице 23.

Таблица 22 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	88,4	0,13	57,2
Транспортный рабочий	72,8	0,01	3,6
Контролер	68,9	0,01	3,4
Итого		0,13	64,2

Определим затраты на заработную плату за год:

$$Ззп = 64,2 \cdot 500 = 32100 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (17):

$$З_{зп} = 201033,8 + 32100 = 233133,8 \text{ руб.}$$

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

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	88,4	0,10	17,5
Транспортный рабочий	72,8	0,01	1,5
Контролер	68,9	0,01	1,4
Итого		0,10	20,4

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 20,4 \cdot 1250 = 25500 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (25):

$$З_{зп} = 203238,9 + 25500 = 228738,9 \text{ руб.}$$

Отчисления в социальный фонд.

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

Базовый вариант $233133,8 \cdot 0,3 = 69940,1$ руб.

Проектируемый вариант $228738,9 \cdot 0,3 = 68622,7$ руб.

Затраты на электроэнергию

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

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

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

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,

$$k_N = 0,2 \div 0,4;$$

$k_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для 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):

$$Z_э(6Н13) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,41}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 4,5 \text{ руб.};$$

$$Z_э(2620) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,33}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 6,4 \text{ руб.};$$

$$Z_э(2Н55) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,82}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 4,0 \text{ руб.};$$

$$Z_э(\text{НААС}) = \frac{14,9 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,43}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 21,3 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 24 по проектируемому варианту в таблицу 25.

Таблица 24 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
6Н13	11	0,41	6,4
2620	7,5	1,33	4,0
2Н55	7,5	0,82	4,0
Итого			14,4

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_э = 14,4 \cdot 500 = 7200 \text{ руб.}$$

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, руб.
HAAS	14,9	1,43	21,3
Итого			21,3

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_3 = 21,3 \cdot 1250 = 26625 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

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

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

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

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

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

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

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, $H_{амБ} = 12\%$ для базового оборудования, $H_{амН} = 3\%$ - для нового оборудования;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

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

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

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (31):

$$C_{\text{ам}}(6Н13) = \frac{220000 \cdot 0,12 \cdot 0,41}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 3,2 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(2620) = \frac{275000 \cdot 0,12 \cdot 1,33}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 13,1 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(2Н55) = \frac{154000 \cdot 0,12 \cdot 0,82}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 4,5 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ам}}(\text{НААС}) = \frac{7334000 \cdot 0,03 \cdot 1,43}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 67,4 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{РЕбаз}} = 450 \text{ р.}, C_{\text{РЕнов}} = 910 \text{ р.}$$

Вычисления производим по формуле [12]:

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

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 (32):

$$C_{\text{рем}}(6Н13) = \frac{450 \cdot 1}{0,41 \cdot 500} = 2,2 \text{ руб.}; C_{\text{рем}}(2620) = \frac{450 \cdot 1}{1,33 \cdot 500} = 0,7 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{рем}}(2Н55) = \frac{450 \cdot 1}{0,82 \cdot 500} = 1,1 \text{ руб.}; C_{\text{рем}}(\text{НААС}) = \frac{910 \cdot 1}{1,43 \cdot 1250} = 0,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 26 по проектируемому в таблицу 27.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Таблица 26 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
6Н13	220,0	1	12	0,41	4,1	1,4
2620	275,0	1	12	1,33	17,7	0,4
2Н55	154,0	1	12	0,82	6,9	0,5
Итого					28,7	2,3

Таблица 27 – 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.
	7173,1	1	8	1,43	67,4	0,5
Итого					67,4	0,5

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

$$З_6 = 28,7 + 2,3 = 31,0 \text{ руб.}$$

$$З_п = 67,4 + 0,5 = 67,9 \text{ руб.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$З_и = \frac{Ц_и + \beta_n \cdot Ц_n}{T_{cm} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_и, \quad (33)$$

где $Ц_и$ – цена единицы инструмента, руб.;

β_n - число переточек;

$Ц_n$ – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

$T_{м}$ – машинное время;

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

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

В таблице 28 укажем инструмент, используемый в базовом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 28 – Перечень инструмента базового технологического процесса

№ опер.	Наименование	$T_{м}$, мин	№ опер.	Наименование	$T_{м}$, мин.
005	Фреза торцевая ГОСТ 26595	24,6	015	Сверло ГОСТ 10903	8,2
010	Сверло ГОСТ 10903	22,2	015	Метчик М8 ГОСТ 17752	10,8
010	Сверло ГОСТ 10903	10,4	020	Фреза торцевая ГОСТ 26595	14,1
010	Метчик М12 ГОСТ 17752	16,6	020	Резец расточной ГОСТ 18883	4,3
015	Фреза торцевая ГОСТ 26595	15,2	020	Сверло ГОСТ 10903	8,2
015	Резец расточной ГОСТ 18883	8,2	020	Метчик М8 ГОСТ 17752	10,8

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

$$Z_{и} = \frac{3610+6 \cdot 80}{50 \cdot 500 \cdot 7} \cdot 24,6 \cdot 0,98 + \frac{1050+6 \cdot 60}{40 \cdot 500 \cdot 7} \cdot 22,2 \cdot 0,98 + \frac{1090+9 \cdot 80}{55 \cdot 500 \cdot 10} \cdot 10,4 \cdot 0,98 + \frac{2040+8 \cdot 90}{38 \cdot 500 \cdot 9} \cdot 16,6 \cdot 0,98 + \frac{3150+7 \cdot 80}{42 \cdot 500 \cdot 8} \cdot 29,3 \cdot 0,98 + \frac{2020+7 \cdot 80}{60 \cdot 500 \cdot 8} \cdot 12,5 \cdot 0,98 + \frac{1010+6 \cdot 85}{38 \cdot 500 \cdot 7} \cdot 16,4 \cdot 0,98 + \frac{1230+5 \cdot 80}{32 \cdot 500 \cdot 6} = 145,9 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$C_{корп}$ - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца,

корпуса сборной фрезы/сверла), руб.;

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

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

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

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

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

N - количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

Для круглой пластины рекомендуется принимать $N = 6$);

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

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

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

В таблицу 29 внесем параметры инструмента.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Таблица 29 – Параметры прогрессивного инструмента

Операция	Инструмент	Машинное время, мин	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарный период стойкости ин-та, мин	Затраты на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фреза R220.53-0125-09-10C СМП SEEX 09T3AFN-E04 H15	0,14	24760 540	300	-	0,90	7,4
	Сверло SD203-13.0-36-14R1	0,02	3252	210	-	0,90	2,7
	Фреза R220.53-0125-09-10C СМП SEEX 09T3AFN-E04 H15	0,08	24760 540	300	-	0,90	3,6
	Сверло SD203-10.2-31-12R1	0,01	2520	185	-	0,90	2,1
	Сверло SD203-15.0-38-16R1	0,01	3124	220	-	0,90	2,2
	Метчик МТН-М12х1.75IS 07Н-ТВ-V008	0,01	2950	120	-	0,90	2,1
Фреза R220.53-0160-09-14C СМП SEEX 09T3AFN-E04 H15	0,09	27510 620	320	-	0,90	3,2	
Головка A750 60 СМП CCGT 120408F-AL KX	0,12	23520 640	290	-	0,90	3,4	

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4	5	6	7	8
005	Головка A750 40 СМП ССGT 120408F-AL KX	0,20	27300	250	-	0,90	4,2
	Сверло SD203-6.8- 25-8R1	0,24	2130	170	-	0,90	2,2
	Сверло SD203-11.0- 33-12R1,5	0,05	2920	195	-	0,90	1,8
	Метчик МТН- М8х1.25ISO 7Н-TB-V008	0,26	2620	130	-	0,90	2,2
	Фреза торцевая R220.53- 0100-09-8C СМП SEEX 09T3AFN- E04 H15	0,20	24520 510	270	-	0,90	2,0
	Фреза JS522320R0 50Z2.0 MEGA-64	0,06	7630	160	-	0,90	1,8
Итого							40,9

Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле [12]:

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

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

$H_{\text{прс}}$ – количество приспособлений на единицу оборудования, ($H_{\text{прс}} = 4$);

$C_{\text{прс}}$ – стоимость приспособлений, ($C_{\text{прс1}} = 25630$ руб., $C_{\text{прс2}} = 18200$ руб.,
 $C_{\text{прс3}} = 19250$ руб., $C_{\text{прс4}} = 16120$ руб.).

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

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

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = (500 \text{ шт.})$.

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (34):

$$Z_{\text{осн}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot (25630 + 18200 + 19250 + 15400 + 16120) \cdot 66}{500 \cdot 100} = 124,9 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 30.

Таблица 30 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб. Проектируемый вариант
1	2	3
Заработная плата с начислениями	606,2	237,9
Затраты на технологическую электроэнергию	14,4	21,3
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	31,0	67,9
Затраты на эксплуатацию оснастки	124,9	0
Затраты на инструмент	145,9	40,9
Итого	922,4	368,0

Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

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

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

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

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

$$Э_{\text{год}} = (922,4 - 368,0) \cdot 1250 = 693000 \text{ руб.}$$

Анализ уровня технологии производства

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

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

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

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

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

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

$$Y_{\text{оп}}(6Н13) = \frac{0,41}{3,27} \cdot 100\% = 12,5\% ;$$

$$Y_{\text{оп}}(2620) = \frac{1,33}{3,27} \cdot 100\% = 40,7\% ;$$

$$Y_{\text{оп}}(2Н55) = \frac{0,82}{3,27} \cdot 100\% = 25,1\% ;$$

$$Y_{\text{оп}}(\text{НААС}) = \frac{1,43}{1,43} \cdot 100\% = 100\% - \text{ по проектируемому варианту.}$$

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]:

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

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

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

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

Определим производительность труда на программных операциях:

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

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

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{пр.} = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{85,9} = 1412,3 \text{ шт/чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_б = \frac{1685 \cdot 1,2 \cdot 60}{196,2} = 618,4 \text{ шт/чел.год}$$

Рост производительности труда:

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

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

$$\Delta B = \frac{1412,3 - 618,4}{618,4} \cdot 100\% = 128\%$$

В таблице 31 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 31 - Технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
1	2	3	4	5
Годовой выпуск деталей	шт.	500	1250	+750
Количество видов оборудования	шт.	3	1	-2
Количество рабочих	чел.	1	1	-
Сумма инвестиций	тыс. руб.		7181,1	
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	3,27	1,43	-1,84
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе:	руб.	922,4	368,0	-554,4
- затраты на инструмент		145,9	40,9	-105
- заработная плата рабочих		606,2	237,9	-368,3
Доля прогрессивного оборудования	%	0	100	100
Производительность труда	шт/чел. год	618,4	1412,3	+793,9

Продолжение таблицы 31

1	2	3	4	5
Рост производительности труда	%	100	228	+128
Средний коэффициент загрузки оборудования		0,13	0,38	+0,25
Годовой экономический эффект	тыс. руб.		693,0	
Срок окупаемости	лет		10,4	

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 2,5 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии.

Рост производительности труда обуславливает увеличение объема выпуска продукции с 500 шт. до 1250 шт. в год, что при неизменных материальных и трудовых затратах также ведет к снижению себестоимости продукции.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы», 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 693,0 т. руб. и срок окупаемости проекта 10,4 года.

4.МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1.Обоснование методической разработки

В настоящее время предприятие ООО «Арт-Инжиниринг» переходит на новую технологию изготовления детали «Корпус водяной помпы», которая будет изготавливаться на современном высокопроизводительном обрабатывающем центре Naas EC-400. Обрабатывающий центр ОЦ Naas EC-400 приобретает предприятием, поэтому потребуется ознакомление работающих на предприятии операторов-наладчиков станков с ЧПУ, с возможностями нового обрабатывающего центра, с особенностями программирования на нем, его наладки, настройки и отработки на нем управляющих программ. Таким образом потребуется повышение квалификации операторов-наладчиков станков с ЧПУ предприятия ООО «Арт-Инжиниринг».

Поскольку у предприятия не имеется собственной учебной базы, повышение квалификации будет вестись на базе Уральского центра учебной подготовки кадров (Центра УПК), расположенного в г. Екатеринбурге, ул. Сибирский тракт 8д.

Операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ, прошедшие полный курс обучения в центре УПК, сдают квалификационные экзамены, в которые включаются выполнение производственных работ и проверка технических знаний, после чего им присваивается 4-й разряд. Операторы-наладчики обрабатывающих центров с ЧПУ, получившие разряд, смогут квалифицированно работать на различных станках с ЧПУ в том числе и на обрабатывающем центре Naas EC-400, поскольку производственное обучение будет вестись в том числе и на данном обрабатывающем центре.

Целью методической части дипломного проекта является анализ нормативной, программной и учебной документации и разработка урока теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по

										Лист
										86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.561.ПЗ					

профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», обслуживающих многоцелевые обрабатывающие центры мод. Haas EC-400.

Цель раскрываются следующими задачами:

- Описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УПК;
- Анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-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 «Допуски, посадки и технические измерения»;
- Разработка плана и плана-конспекта учебного занятия по теме «Качество продукции. Допуски и посадки»;
- Разработка методического обеспечения учебного занятия по теме «Качество продукции. Допуски и посадки».

4.2. Описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УПК

Центре УПК, расположенный в г. Екатеринбурге, ул. Сибирский тракт 8д. работает на рынке образовательных услуг более 10 лет. Имеет лицензию на право ведения образовательной деятельности №17017 от 21 февраля 2013 года, выданную Министерством общего и профессионального образования Свердловской области.

В центре УПК ведется подготовка по профессиям механосборочного производства:

- Токарь.
- Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением.
- Оператор станков с программным управлением.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

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.

Стоимость теоретического обучения - 9000 рублей. Стоимость практики для физических лиц оплачивается отдельно. При необходимости Центр УПК предоставляет возможность прохождения практики на предприятиях города.

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

Имеется тренажеры для подготовки стропальщиков, машинистов кранов автомобильных, операторов станков с ЧПУ, операторов АЗС. В наличии плакаты, наглядные пособия, раздаточный материал, библиотека.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Таким образом, в Центре УПК имеются достаточно обеспеченные материально условия для подготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» с учетом того, что производственное обучение ведется непосредственно на закупленном оборудовании ОЦ Haas EC-400.

4.3. 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 32 приведем описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 32 – 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	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и	A/01. 2	2

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5
программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01. 2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	A/02. 2	2
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03. 2	2
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04. 2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05. 2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06. 2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07. 2	2
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	B/01. 3	3

Продолжение таблицы 32

1	2	3	4	5
комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02. 3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03. 3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	В/04. 3	3
		Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	С/01. 4	4
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4			

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и 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 центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

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

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

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 ОЦ Haas EC-400 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. Пробную работу обучаемые выполняют непосредственно на ООО «Арт-Инжиниринг».

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 34.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Таблица 34 - 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 ОЦ Наас ЕС-400	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	

В таблице 35 приведено соотношение требований Профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана.

Таблица 35 - соотношение требований Профессионального стандарта и структуры учебно-тематического плана

Темы учебно-тематического плана	Требования Профессионального стандарта
1	2
<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 ОЦ Наас ЕС-400	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

Продолжение таблицы 35

1	2
Отработка управляющих программ фрезерования и сверления деталей	<p>Выполнять обработку отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам</p> <p>Обработка отверстий в деталях по 8–14 квалитетам</p> <p>Обработка поверхностей деталей по 8–14 квалитетам</p>

В методической части дипломного проекта выберем тему «Допуски, посадки, технические измерения». На эту тему отводится 6 часов, что составляет 3 учебных занятия по 2 часа. Из них – два занятия – теоретические, и одно практическое занятия. В следующем параграфе рассмотрим содержание выбранной темы и тематическое планирование.

4.5. Разработка содержания и плана проведения учебных занятий по теме «Допуски, посадки и технические измерения»

Цели изучения темы «Допуски, посадки и технические измерения» знания:

- сформировать систему знаний и умений по определению допусков размеров, формы и расположения поверхностей, а также посадок;
- сформировать систему знаний о видах и причинах погрешностей при обработке, нормировании точности при изготовлении изделий, видах и обозначении на чертежах соединений, о средствах контроля и измерений готовой продукции в машиностроении.

умения:

- способствовать развитию умений и приобретению навыков при определении годности изделий, проведению контрольно-измерительных операций.

- 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 «Допуски, посадки, технические измерения»:

Качество продукции в машиностроении. Показатели качества продукции.

Понятие и определение основных видов размеров и отклонений: номинальный, действительный, предельные размеры; верхнее предельное отклонение, нижнее предельное отклонение, действительное отклонение. Обозначение номинальных размеров и предельных отклонений на чертежах. Условия годности размеров. Допуск. Поле допуска. Схемы расположения полей допусков.

Поверхности сопрягаемые и несопрягаемые, охватываемые и охватывающие. Понятия «отверстие» и "вал"; "посадка", "зазор", "натяг". Типы посадок: посадки с гарантированным зазором, посадки с гарантированным натягом, переходные посадки. Условия образования посадок. Параметры, характеризующие посадки. Правила расчета посадок. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками (свободные размеры).

Основы технических измерений. Метрология как научная основа технических измерений. Основные метрологические характеристики средств измерений. Виды и методы измерений. Погрешности измерений.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Перспективно-тематический план приведен в таблице 36.

Таблица 36 - Перспективно-тематический план изучения темы «Допуски, посадки, технические измерения»

№ занятия	Тема занятия	Цели занятия	Методы обучения	Средства обучения	Форма организации
1	2	3	4	5	6
1 (2 часа)	Качество продукции. Допуски и посадки	Образовательные - сформировывать у обучающихся понятие о качестве и показателях качества продукции - сформировать у обучающихся основные понятия о размерах и допусках на размер - сформировать у обучающихся основные понятия о посадках и их видах Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная

Продолжение таблицы 36

1	2	3	4	5	6
2 (2 часа)	Технические измерения	Образовательные - сформировывать у обучающихся понятие метрологии - сформировать у обучающихся основные понятия о технических измерениях - сформировать у обучающихся основные понятия о погрешностях измерений Воспитательные: формирование Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	Словесные (беседа, рассказ, объяснение). Наглядные (демонстрация презентации, плакатов и иных объектов).	Учебная презентация, учебные плакаты.	Фронтальная
3 (2 часа)	Контроль точности	Образовательные - сформировать у обучающихся умения проводить контроль качества деталей	Словесные (беседа, рассказ) Наглядные (демонстрация)	Учебная презентация, учебные плакаты, реальные детали,	Фронтальная, индивидуальная

Продолжение таблицы 36

1	2	3	4	5	6
3 (2 часа)	Контроль точности	Воспитательные: формирование системы убеждений в перспективности профессии, профессионального интереса, готовности в производительному труду, и способности поддерживать оптимальные условия Развивающие: развитие интереса к данной теме, развитие умения анализировать факты, чертежи, управляющие программы	презентации, плакатов, реальных деталей и иных объектов) Практически – решение задач и выполнение контрольных заданий	измерительные инструменты.	

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

Таблица 37 – План урока

Этапы урока, время	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебных действий
1	2	3
Организационная часть, 4 минуты	I. Организационная часть (2 минуты) Проверка присутствующих по журналу II. Подготовка к изучению нового материала (2 минут). 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.

Продолжение таблицы 37

1	2	3
Объяснение нового материала, 60 минут	<p>III. Объяснение нового материала (60 минут).</p>	<p>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.</p> <p>Действия учащихся: слушают преподавателя, конспектируют новый материал, зарисовывают схемы и рисунки, рассматривают средства наглядности, отвечают на вопросы преподавателя</p>
Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала, 22 минуты	<p>IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (22 минуты).</p> <p>4.1. Дайте определения понятиям: «Номинальный размер», «Действительный размер», «Предельные размеры», «Проходной предел», «Непроходной предел», «Верхнее отклонение», «Нижнее отклонение», «Действительное отклонение»?</p> <p>4.2. Напишите формулы: верхнее предельное отклонение для вала и отверстия, нижнее предельное отклонение для вала и отверстия.</p> <p>4.3. Дайте определение понятию «Допуск». Напишите формулы расчета допуска вала и отверстия.</p> <p>4.4. Дайте определение понятиям: «Поле допуска», «Нулевая линия»?</p> <p>4.5. Дайте определение понятиям: «Основное отверстие», «Основной вал»?</p> <p>4.6. Решите два примера</p>	<p>Преподаватель опрашивает группу учащихся по новой теме, задает вопросы, используя вопросно-ответный метод – беседу, дает задание - решить два примера, подводит итоги о проделанной работе.</p> <p>Действия учащихся: отзываются на фамилии, записывают тему урока, отвечают на вопросы преподавателя.</p> <p>Учащиеся отвечают на вопросы преподавателя, глядя на наглядные средства обучения, решают два примера.</p>

Продолжение таблицы 37

1	2	3
<p>Выдача домашнего задания, 4 минуты</p>	<p>V. Подведение итогов занятия (2 минуты) Учащийся должен знать: Линейные размеры. Отклонения и допуски линейных размеров. Понятие сопрягаемой и несопрягаемой поверхности. Что такое зазор. Что такое натяг. Как осуществляется процесс сборки с натягом. Что такое наибольший и наименьший зазор и натяг. Чему равен наименьший зазор и наименьший натяг (формула). Как построить схему посадки. Понятие переходная посадка. Понятие посадка с гарантированным зазором. Три группы посадок. Понятие система отверстия. Основная деталь системы. Система вала. Посадки системе отверстия и посадка в системе вала. Учащийся должен уметь: Определять годность действительных размеров вала. Определять годность действительных размеров отверстия. Подсчитывать наибольший и наименьший зазоры и натяги. Строить графическое изображение посадки с зазором и посадки с натягом. Определять группы посадок по чертежам сопрягаемых размеров. Определять характер соединения (группы посадок) по графическому изображению посадок. 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>

Для дальнейшей разработки выберем тему «Качество продукции. Допуски и посадки»

Цели урока:

Дидактические: ознакомить с новым материалом: сформировывать у обучающихся понятие о качестве и показателях качества продукции, сформировать у обучающихся основные понятия о размерах и допусках на размер, сформировать у обучающихся основные понятия о посадках и их видах.

Развивающие: развитие интереса к предмету, данной теме, развитие умения анализировать.

Воспитательные: формирование системы убеждений: уважительное отношение к деятельности педагога, повышение уровня самодисциплины, поддержание дисциплины в группе, повышение мотивации в обучении, основанное на аргументировании педагогом важности изучения данного предмета для будущей профессиональной деятельности студентов.

Учебно-наглядные пособия, используемые на уроке: учебник, справочник по допускам, плакаты с рисунками и схемами, рисунки на доске.

Методические указания: необходимо привить сознательное усвоение материала о линейных размерах, отклонения и допуски линейных размеров.

Ход урока

I. Организационная часть (2 минуты)

Проверка присутствующих по журналу

II. Подготовка к изучению нового материала (2 минуты).

Сообщение темы и целей урока.

III. Объяснение нового материала (60 минут).

3.1. Линейные размеры, отклонения и допуски линейных размеров

Номинальный размер — размер, служащий началом отсчета отклонений. Относительно номинального размера определяются предельные размеры. Номинальный размер обозначается D для отверстий, d для валов, l — линейные размеры. Для деталей, входящих в соединение, номинальный размер является общим.

Для сокращения числа типоразмеров заготовок и деталей, режущего и измерительного инструмента, а также для облегчения типизации технологических процессов значения размеров округляются (как правило, в большую сторону) в соответствии со значениями нормальных линейных размеров.

Действительный размер — размер, установленный при измерении с допустимой погрешностью. Как уже отмечалось, изготовить деталь с

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

абсолютно точными размерами и измерить ее без внесения погрешностей практически невозможно, поэтому и введен этот термин.

Предельные размеры — два предельно допустимых размера, которым может быть равен или между которыми должен находиться действительный размер годной детали. Большой из них называется наибольшим предельным размером, меньший — наименьшим предельным размером. Эти размеры принято обозначать D_{\max} и D_{\min} , для отверстий, d_{\max} и d_{\min} для валов. Если сравнить действительный размер с его предельными значениями, то можно сделать заключение о годности детали.

Проходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, т. е. верхнему пределу для вала или нижнему пределу для отверстия.

Непроходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, т. е. нижнему пределу для вала или верхнему пределу для отверстия. В ГОСТ 25346—89 введены понятия предельных отклонений от номинального размера:

верхнее предельное отклонение (ES, es) — алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером:

$$ES = D_{\max} - D;$$

$$es = d_{\max} - d;$$

нижнее предельное отклонение (EI, ei) — алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером:

$$EI = D_{\min} - D;$$

$$ei = d_{\min} - d;$$

действительное отклонение — алгебраическая разность между действительным размером и номинальным размером.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Отклонения могут быть положительными, если предельный или действительный размер больше номинального, и отрицательными, если предельный или действительный размер меньше номинального. На конструкторских и технологических чертежах номинальные и предельные размеры, а также их отклонения указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения (ГОСТ 2.307—68), например $81_{-0,01}^{+0,01}$; $42_{-0,024}^{-0,013}$; $50^{+0,025}$; $50_{-0,022}$.

Угловые размеры и их предельные отклонения указываются в градусах, минутах и секундах с указанием единицы измерения, например, $30^{\circ}15'40''$.

При равенстве абсолютных значений отклонений они указываются один раз со знаком рядом с номинальным размером, например $85 \pm 0,02^{\circ}$; $90 \pm 12^{\circ}$.

Отклонение, равное нулю, на чертежах не проставляется. Наносят только одно отклонение — или положительное на месте верхнего отклонения, или отрицательное — на месте нижнего предельного отклонения, например $60_{-0,02}$; $89^{+0,02}$.

Одним из основных понятий, определяющих точность изготовления деталей, является допуск. Допуском T называют разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями параметра. Если говорят о допуске размера, то под этим понимается разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним предельными отклонениями:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = |ES - EI|;$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = |es - ei|.$$

Отрицательного допуска не бывает, допуск всегда положительная величина. Он определяет допустимое поле рассеяния действительных размеров годных деталей в изготовленной партии. От допуска во многом зависит качество деталей и стоимость их изготовления. С увеличением

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

допуска, как правило, качество деталей ухудшается, зато стоимость изготовления становится меньше.

Графическое изображение допусков позволяет наглядно представить соотношение предельных размеров отдельных деталей и деталей в соединении. При графическом изображении допуск изображается в виде поля допуска.

На рис. 24 представлено изображение деталей: отверстия и вала. Заштрихованная зона между наибольшим и наименьшим предельными размерами является допуском. Однако такая схема хотя и достаточно наглядна, но трудно выполнима в масштабе, так как разница между значениями номинального размера, отклонений и допусков очень большая.

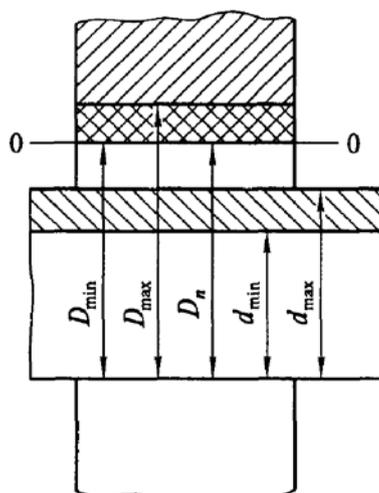


Рисунок 24 – Соединение деталей

Поле допуска — это поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями относительно номинального размера — нулевой линии. Нулевая линия — это линия, соответствующая номинальному размеру. От нее откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Как правило, нулевая линия располагается горизонтально и отклонения относительно нее откладываются: положительные — вверх, а отрицательные — вниз (рис. 25).

Две или несколько подвижно или неподвижно соединяемых деталей называют сопрягаемыми. Поверхности, по которым происходит соединение

деталей, также называют сопрягаемыми. Остальные поверхности называют свободными, или несопрягаемыми. В соответствии с этим различают размеры сопрягаемых и несопрягаемых, или свободных, поверхностей.

В соединении деталей различают охватываемые и охватывающие поверхности. Для обозначения этих поверхностей введены специальные термины — вал и отверстие. Термин «вал» применяется для обозначения наружных (охватываемых) поверхностей деталей (совокупности охватываемых поверхностей);

Термин «отверстие» используется для обозначения внутренних (охватывающих) поверхностей деталей (совокупности охватывающих поверхностей). Эти термины относятся не только к цилиндрическим деталям, но и к элементам деталей другой формы: резьбовых, шлицевых, плоских и т.д. (рис. 3).

Введены также понятия основной вал и основное отверстие.

Основной вал — это вал, верхнее предельное отклонение которого равно нулю ($es = 0$).

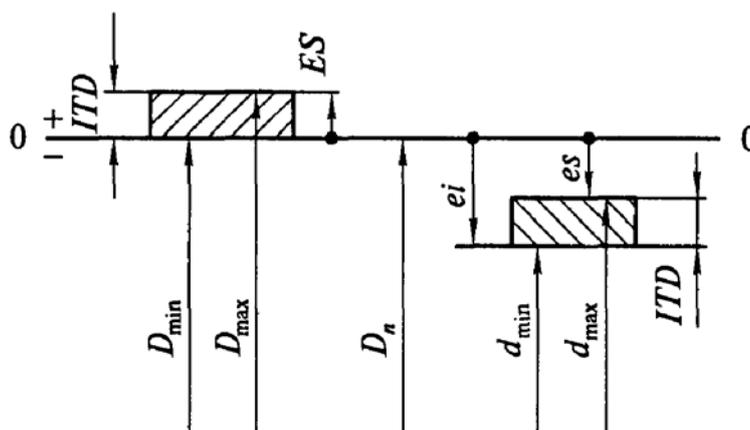


Рисунок 25 – Схема расположения отклонений

Основное отверстие — это отверстие, нижнее предельное отклонение которого равно нулю ($EI = 0$). Допуски размеров охватывающих и охватываемых поверхностей принято сокращенно называть соответственно допуском отверстия и обозначать TD и допуском вала и обозначать Td .

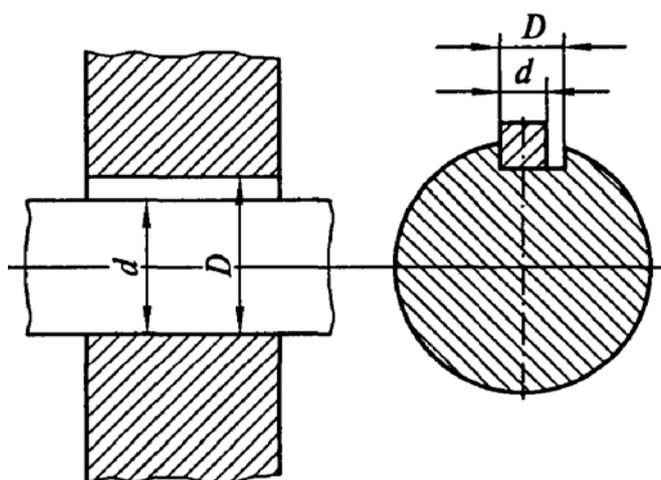


Рисунок 26 – Примеры охватываемой и охватывающей поверхностей

3.2. Посадки

Если говорят о деталях, находящихся в соединении, то применяют термин « посадка ». Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый получающимися в нем зазорами или натягами. Посадка характеризует свободу перемещения деталей в соединении или степень сопротивления их взаимному перемещению.

Различают посадки с зазором (рис. 4, а), с натягом (рис. 4, б) и переходные, в которых возможен как зазор, так и натяг (рис. 4, в).

Зазор S — разность размеров отверстия и вала, если размеры вала меньше размеров отверстия. Собранный с зазором соединительный узел допускает перемещение деталей друг относительно друга. В соединении с зазором определяются следующие основные параметры:

$$\text{наибольший зазор } S_{\max} = D_{\max} - d_{\min};$$

$$\text{наименьший зазор } S_{\min} = D_{\min} - d_{\max};$$

$$\text{средний зазор } S_m = (S_{\max} + S_{\min}) / 2.$$

Натяг N — разность размеров вала и отверстия до сборки соединения, если размер вала больше размера отверстия. Собранный с натягом соединительный узел обеспечивает неподвижность деталей после их сборки. Основные параметры соединений с натягом:

наибольший натяг $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$;

наименьший натяг $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max}$;

средний натяг $N_m = (N_{\max} + N_{\min})/2$.

Рассмотрим виды посадок.

Посадка с зазором — посадка, при которой зазор в соединении обеспечивается благодаря разности размеров отверстия и вала. При посадке с зазором (см. рис. 27, а) поле допуска отверстия 1 располагается над полем допуска вала 2 и в любом случае размеры вала будут меньше размеров отверстия. К посадкам с зазором относятся и такие посадки, у которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала, т. е. $D_{\min} = d_{\max}$. В этом случае $S_{\min} = 0$.

Посадка с натягом — посадка, при которой натяг в соединении обеспечивается благодаря разности размеров вала и отверстия. При посадке с натягом (см. рис. 27, б) поле допуска отверстия 1 располагается под полем допуска вала 2 и в любом случае размеры вала будут больше размеров отверстия. К посадкам с натягом относятся и такие посадки, у которых нижняя граница поля допуска вала совпадает с верхней границей поля допуска отверстия, т. е. $D_{\max} = d_{\min}$. В этом случае $N_{\min} = 0$.

Переходная посадка (см. рис. 27, в) — посадка, при которой возможен как зазор, так и натяг (поля допусков вала и отверстия перекрываются полностью или частично).

Кроме зазора и натяга посадки существует понятие допуск посадки. допуском посадки принято называть разность между наибольшим и наименьшим предельными зазорами для посадок с зазором:

$$TS = S_{\max} - S_{\min}$$

или натягами для посадок с натягом

$$TN = N_{\max} - N_{\min}$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

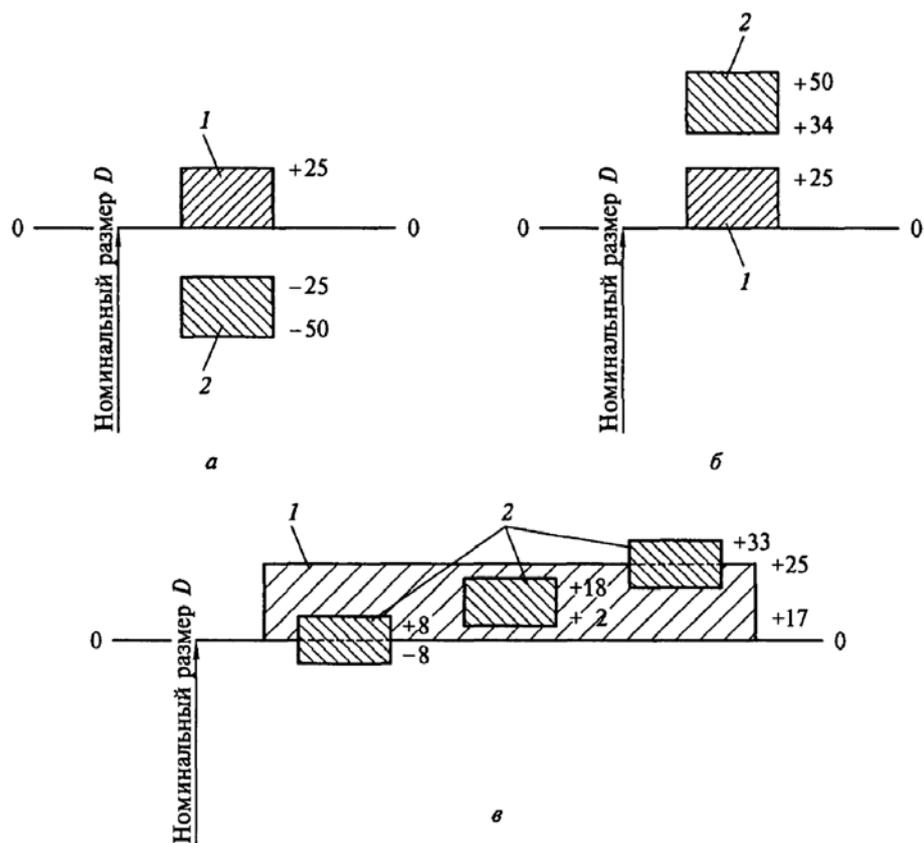


Рисунок 27 – Виды посадок

В переходных посадках допуском посадки считают сумму наибольшего натяга и наибольшего зазора, взятых по абсолютному значению:

$$TS (TN) = S_{\max} + N_{\max}$$

Если провести несложные преобразования, выразив максимальные зазор и натяг через разность диаметров ($S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ и $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min}$), то можно получить допуск посадки, численно равный сумме полей допусков вала и отверстия:

$$TS (TN) = TD + Td$$

Рассмотрим три соединения деталей, имеющие различные виды посадок. При расчете необходимо определить предельные размеры, допуски, зазоры и натяги в соединениях. Предельные отклонения следует взять из ГОСТ 25346—82.

Пример. Для посадки с зазором определить предельные размеры отверстия и вала, допуски отверстия и вала, максимальный и минимальный зазоры, допуск посадки. Посадка с зазором $\varnothing 50$ H7/ f7. Отверстие: номинальный размер $\varnothing 50$ мм, верхнее предельное отклонение $ES = +25$ мкм, нижнее предельное отклонение $EI=0$.

Предельные размеры отверстия, мм:

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0,025 = 50,025;$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0 = 50,000.$$

Допуск отверстия, мм:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 50,025 - 50,000 = 0,025.$$

Вал: номинальный размер $\varnothing 50$ мм, верхнее предельное отклонение $es = -25$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = -50$ мкм.

Предельные размеры вала, мм:

$$d_{\max} = d + es = 50 + (-0,025) = 49,975;$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + (-0,050) = 49,950;$$

допуск вала, мм:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 49,975 - 49,950 = 0,025$$

Зазоры в посадке этих деталей, мм:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 49,950 = 0,075;$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 50,000 - 49,975 = 0,025.$$

допуск посадки с зазором, мм:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,075 - 0,025 = 0,05$$

или

$$TS = TD + Td = 0,025 + 0,025 = 0,05$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

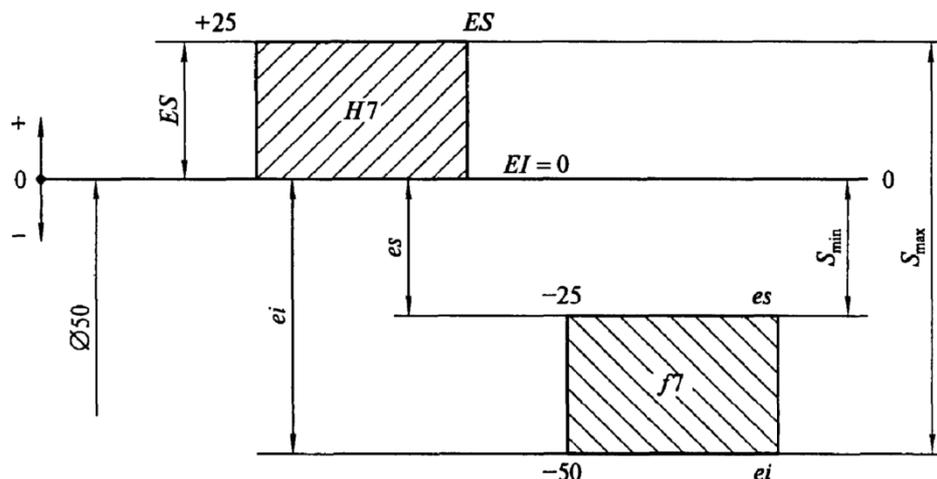


Рисунок 28 – Схема посадки с зазором

Схема расположения полей допусков для этой посадки представлена на рис. 28.

Линейные размеры и предельные отклонения, а также посадки на чертежах указываются в миллиметрах. Их сокращенное обозначение (мм) не ставится.

Правила нанесения предельных отклонений установлены ЕСКД, в частности входящим в нее ГОСТ 2.307—68.

Предельные отклонения указываются непосредственно после номинальных размеров со своим знаком: верхнее отклонение (ES , es) вверху, нижнее (EI , ei) внизу. Предельные отклонения, равные нулю, не указываются (ноль не ставится), а место для отклонения остается свободным. Если поле допуска располагается симметрично относительно нулевой линии, абсолютное значение предельных отклонений указывается один раз со знаками. Причем высота шрифта, которым они записываются, должна быть равна высоте шрифта, которым указывается номинальный размер.

При написании предельных отклонений справа от значащей цифры нули не ставятся, например $\varnothing 100 \pm 0,1$. Если же число значащих цифр у верхнего и нижнего предельных отклонений разное, то дописываются нули справа, чтобы число цифр у верхнего и нижнего отклонений было одинаковым, например $\varnothing 12,5 \begin{matrix} +0,010 \\ -0,015 \end{matrix}$, Предельные отклонения размеров деталей,

										Лист
										113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.561.ПЗ					

находящихся в сопряжении, записываются в виде дроби. В числителе дроби указываются числовые значения предельных отклонений отверстия, а в знаменателе — числовые значения предельных отклонений вала, например,

$$\begin{array}{c} \text{Ø}40 \frac{+0,02}{-0,01} \\ -0,02 \end{array}$$

При нанесении числовых значений отклонений на сборочных чертежах в некоторых случаях допускаются надписи, поясняющие, к какой из деталей относятся эти отклонения (рис. 30).

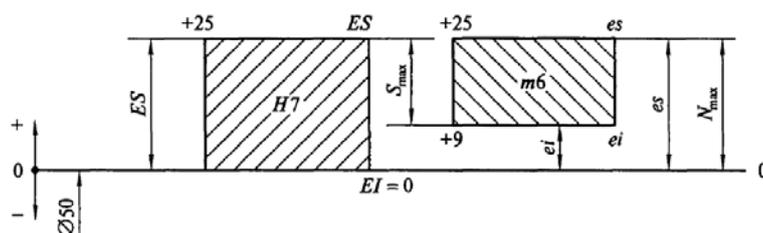


Рисунок 29 – Схема переходной посадки

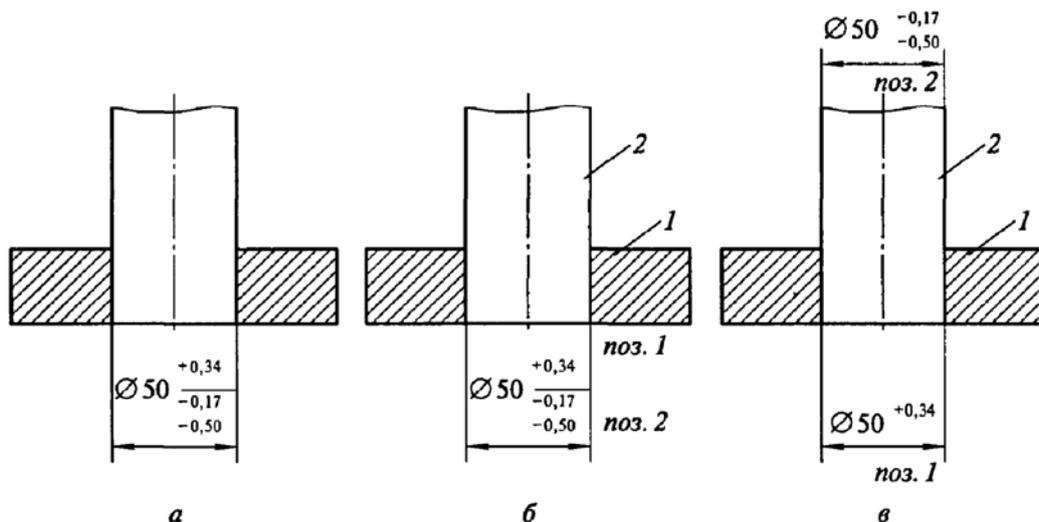


Рисунок 30 – Примеры обозначения числовых значений предельных отклонений на чертежах

3.3. Единые принципы построения системы допусков и посадок для типовых соединений деталей машин

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов допусков и посадок, построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

Согласно ГОСТ 25346—82, ГОСТ 25347—82 и ГОСТ 25348—82 в ЕСДП и ИСО установлены допуски и посадки для размеров менее 1 мм и до 500 мм, более 500 мм и до 3150 мм, а в ЕСДП, кроме того, для размеров более 3150 мм до 10000 мм. Поля допусков для размеров менее 1 мм приводятся в отдельных таблицах.

Система допусков и посадок предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики допусков и посадок типовых соединений деталей. Она дает возможность стандартизации режущего инструмента и калибров, облегчает конструирование и производство изделий, обеспечивает взаимозаменяемость изделий и их частей, обуславливает их качество.

В большинстве стран мира применяется система допусков и посадок ИСО, созданная для унификации национальных систем допусков и посадок в целях обеспечения международной технической связи в различных отраслях промышленности. Включение международных рекомендаций в национальные стандарты (в частности, в ЕСДП) создает условия для обеспечения взаимозаменяемости однотипных деталей, составных частей и изделий, изготовленных в разных странах.

Действие ЕСДП распространяется на допуски размеров гладких элементов деталей и на посадки, которые образуются при их соединении. Принятые нормы взаимозаменяемости включают в себя также системы допусков и посадок резьбовых деталей, конусов и т. д.

Системы допусков ИСО и ЕСДП построены по единому принципу и характеризуются следующими признаками.

Основание системы. Стандарты предусматривают две равноправные системы посадок: систему посадок отверстия и систему посадок вала.

Посадки в системе отверстия (рис. 31, а) — это посадки с различными зазорами и натягами, получающимися в результате соединения различных

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

целесообразно выполнять в системе вала (рис. 32, б), а не в системе отверстия (рис. 32, в). Система вала применяется также в тех случаях, если детали типа валиков или осей изготавливаются из калиброванных холоднотянутых прутков, дополнительная механическая обработка которых не предусматривается.

При выборе системы посадок предполагается, что детали и их составные части изготовлены по стандарту. Например, соединение внутреннего кольца подшипника качения с валом осуществляется по системе отверстия, а наружное кольцо с корпусом — по системе вала.

Для учета специфики конструирования и технологии изготовления деталей, их измерения и контроля, удобства практического использования стандартных предельных отклонений и допусков все размеры разбиваются на диапазоны и интервалы.

Наиболее распространенными являются следующие диапазоны размеров:

- свыше 0 до 1 мм;
- свыше 1 до 500 мм;
- свыше 500 до 3150 мм;
- свыше 3150 до 10 000 мм.

Детали, размеры которых входят в каждый из этих диапазонов, имеют свои особенности и при проектировании, и при обработке, и при контроле. Так, размеры диапазона более 0 до 1 мм наиболее часто реализуются в микроэлектронике, размеры более 1 до 500 мм — в машиностроении, а размеры более 500 мм — в станкостроении и тяжелом машиностроении.

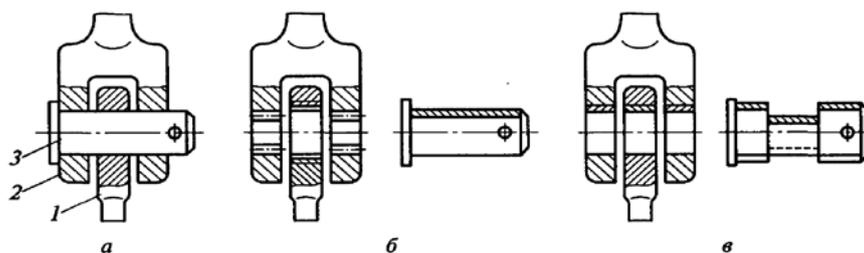


Рисунок 32 – Примеры соединений

Каждый диапазон размеров разбивается на интервалы — основные и промежуточные. Основные интервалы используются для определения всех допусков системы. В ЕСДП для номинальных размеров от 1 до 500 мм предусмотрено 13 основных интервалов. Для полей допусков, образующих посадки с большими зазорами или натягами, введены дополнительные промежуточные интервалы, что позволяет уменьшить колебание зазоров и натягов и делает посадки более определенными.

Единица допуска. Применяется в системе допусков для отражения влияния технологических, конструктивных и метрологических факторов на точность размера и выражает зависимость допуска от номинального размера. На основании исследований точности механической обработки установлены следующие единицы допуска:

для размеров до 500 мм

$$i = 0,45\sqrt[3]{D} + 0,001D;$$

для размеров более 500 мм до 10 000 мм

$$i = 0,004D + 2,1,$$

где D — среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала размеров, мм; i — единица допуска, мкм.

Единицы допуска для основных интервалов размеров приведены ниже.

Единица допуска i , мкм, для интервалов размеров

Интервал размеров, мм:

от 1 до 3	0,63
» 3 » 6	0,83
» 6 » 10	1,00
» 10 » 18	1,21
» 18 » 30	1,44
» 30 » 50	1,71
» 50 » 80	1,90
» 80 » 120	2,20
» 120 » 180	2,50
» 180 » 250	2,90
» 250 » 315	3,38
» 315 » 400	3,60
» 400 » 500	4,00

Интервалы диаметров. Так как зависимость между допуском и диаметром установлена, можно было бы определить допуск для любого

диаметра в диапазоне от 1 до 500 мм. Однако в этом нет необходимости, так как при небольших отличиях номинальных размеров допуски на них будут отличаться незначительно. Технологическая трудность изготовления деталей в определенном диапазоне размеров будет одинаковой, причем этот диапазон тем меньше, чем меньше сами размеры. С увеличением размеров расширяется и диапазон.

3.4. Квалитет.

Детали разного назначения в различных изделиях изготавливают с различной точностью. Нормирование требуемых уровней точности осуществляется с помощью квалитетов. Под квалитетом понимается совокупность допусков, изменяющихся в зависимости от номинального размера так, что уровень точности для всех номинальных размеров остается одинаковым.

В ЕСДП установлено 20 квалитетов: IT01, IT0, IT1, IT2, IT3, ... , IT17, IT18. допуск в каждом квалитете характеризуется постоянным коэффициентом k , который называется числом единиц допуска. Это число зависит от квалитета и не зависит от номинального размера.

Допуск для любого квалитета определяется по формуле

$$T = ki.$$

Число единиц допуска для квалитетов IT5...IT18

Квалитет:

<i>IT5</i>	7
<i>IT6</i>	10
<i>IT7</i>	16
<i>IT8</i>	25
<i>IT9</i>	40
<i>IT10</i>	64
<i>IT11</i>	100
<i>IT12</i>	160
<i>IT13</i>	250
<i>IT14</i>	400
<i>IT15</i>	640
<i>IT16</i>	1000
<i>IT17</i>	1600
<i>IT18</i>	2500

Из приведенных данных видно, что число единиц допуска, а следовательно, и допуски размеров увеличиваются при переходе от одного качества к другому по геометрической прогрессии со знаменателем 1,6. Через каждые пять качеств начиная с 6-го допуски увеличиваются в 10 раз.

Строгое разграничение областей применения различных качеств не предусмотрено, используют качества:

- для концевых мер длины — IT01 ... IT0;
- калибров и особо точных изделий — IT2... IT5;
- сопряжений — IT6 ... IT12;
- наиболее распространенных свободных размеров — IT13 ... IT18.

Такая система построения рядов допусков позволяет по известным номинальному размеру и допуску определить качество, а следовательно, и сложность получения размера в заданном допуске.

Например, шейка коленчатого вала шлифуется под размер $85 \begin{smallmatrix} -0,012 \\ -0,034 \end{smallmatrix}$ мм. допуск составляет 22 мкм, единица допуска для диаметра 85 мм равна 2,2. Определим число единиц допуска: $a = IT/i = 22/2,2 = 10$, что соответствует качеству IT6.

В машиностроении для окончательной обработки наиболее часто применяются качества IT6 и IT7.

Нормальная температура. допуски и отклонения, установленные стандартами, относятся к деталям, размеры которых определены при нормальной температуре. В большинстве странах мира за нормальную принята температура +20°C. Такая температура принята как близкая к температуре рабочих помещений машиностроительных и приборостроительных заводов. Градуировка и аттестация всех линейных и угловых мер, измерительных приборов, а также точные измерения должны выполняться при нормальной температуре. Температура детали и измерительного средства в момент контроля должна быть одинаковой.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		120

Отклонения от нормальной температуры не должны превышать допустимых значений, установленных гост 8.050—73.

IV. Обобщение и систематизация знаний по усвоению нового материала (22 минуты).

4.1. Дайте определения понятиям: «Номинальный размер», «Действительный размер», «Предельные размеры», «Проходной предел», «Непроходной предел», «Верхнее отклонение», «Нижнее отклонение», «Действительное отклонение»?

Номинальный размер — размер, служащий началом отсчета отклонений. Относительно номинального размера определяются предельные размеры. Номинальный размер обозначается D для отверстий, d для валов, l — линейные размеры. Для деталей, входящих в соединение, номинальный размер является общим.

Действительный размер — размер, установленный при измерении с допустимой погрешностью. Как уже отмечалось, изготовить деталь с абсолютно точными размерами и измерить ее без внесения погрешностей практически невозможно, поэтому и введен этот термин.

Предельные размеры — два предельно допустимых размера, которым может быть равен или между которыми должен находиться действительный размер годной детали. Большой из них называется наибольшим предельным размером, меньший — наименьшим предельным размером. Эти размеры принято обозначать D_{\max} и D_{\min} , для отверстий, d_{\max} и d_{\min} для валов. Если сравнить действительный размер с его предельными значениями, то можно сделать заключение о годности детали.

Проходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, т. е. верхнему пределу для вала или нижнему пределу для отверстия.

Непроходной предел — термин, применяемый к одному из предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, т. е.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		121

нижнему пределу для вала или верхнему пределу для отверстия. В ГОСТ 25346—89 введены понятия предельных отклонений от номинального размера:

- верхнее предельное отклонение (ES, es) — алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером:

- нижнее предельное отклонение (EI, ei) — алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером:

- действительное отклонение — алгебраическая разность между действительным размером и номинальным размером.

4.2. Напишите формулы: верхнее предельное отклонение для вала и отверстия, нижнее предельное отклонение для вала и отверстия.

верхнее предельное отклонение (ES, es) — алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным размером:

$$ES = D_{\max} - D;$$

$$es = d_{\max} - d;$$

нижнее предельное отклонение (EI, ei) — алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером:

$$EI = D_{\min} - D;$$

$$ei = d_{\min} - d;$$

4.3. Дайте определение понятию «Допуск». Напишите формулы расчета допуска вала и отверстия.

Допуском T называют разность между наибольшим и наименьшим допустимыми значениями параметра. Если говорят о допуске размера, то под этим понимается разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютное значение алгебраической разности между верхним и нижним предельными отклонениями:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = |ES - EI|;$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = |es - ei|.$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		122

4.4. Дайте определение понятиям: «Поле допуска», «Нулевая линия»?

Поле допуска — это поле, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями относительно номинального размера — нулевой линии. Нулевая линия — это линия, соответствующая номинальному размеру. От нее откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок. Как правило, нулевая линия располагается горизонтально и отклонения относительно нее откладываются: положительные — вверх, а отрицательные — вниз.

4.5. Дайте определение понятиям: «Основное отверстие», «Основной вал»?

Основной вал — это вал, верхнее предельное отклонение которого равно нулю ($e_s = 0$).

Основное отверстие — это отверстие, нижнее предельное отклонение которого равно нулю ($E_I = 0$). Допуски размеров охватывающих и охватываемых поверхностей принято сокращенно называть соответственно допуском отверстия и обозначать T_D и допуском вала и обозначать T_d .

4.6. Решите следующие примеры.

Пример 1. Для посадки с натягом определить предельные размеры отверстия и вала, допуски отверстия и вала, максимальный и минимальный натяги, допуск посадки. Посадка с натягом $\varnothing 50$ H7/p6. Для отверстия предельные размеры и допуск остаются такими же, как в примере 1.

Вал: номинальный размер $\varnothing 50$ мм, верхнее предельное отклонение $e_s = +42$ мкм, нижнее предельное отклонение $e_i = +26$ мкм.

Предельные размеры вала, мм:

$$d_{\max} = d + e_s = 50 + 0,042 = 50,042;$$

$$d_{\min} = d + e_i = 50 + 0,026 = 50,026.$$

допуск вала, мм:

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = 50,042 - 50,026 = 0,016.$$

Натяги в посадке, мм:

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 50,042 - 50,000 = 0,042;$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 50,026 - 50,025 = 0,001.$$

допуск посадки с натягом, мм:

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,042 - 0,001 = 0,041$$

Или

$$TN = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041.$$

Схема расположения полей допусков для этой посадки представлена на рис. 33.

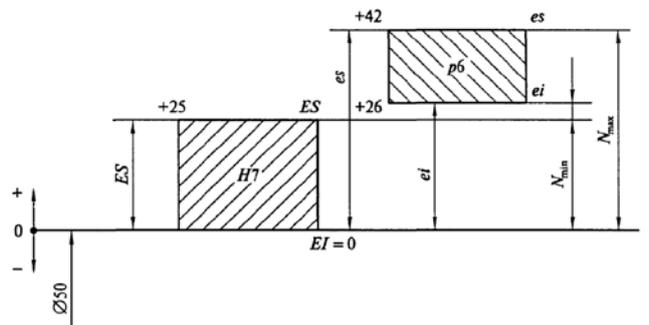


Рисунок 33 – Схема посадки с натягом

Пример 2. для переходной посадки определить предельные размеры отверстия и вала, допуски отверстия и вала, зазор и натяг допуска посадки. Переходная посадка $\varnothing 50$ H7/m6. для отверстия предельные размеры и допуск остаются такими же, как в примерах 1 и 2.

Вал: номинальный размер $\varnothing 50$ мм, верхнее предельное отклонение $es = +25$ мкм, нижнее предельное отклонение $ei = +9$ мкм.

Предельные размеры вала, мм:

$$d_{\max} = d + es = 50 + 0,042 = 50,025;$$

$$d_{\min} = d + ei = 50 + 0,009 = 50,009.$$

допуск вала, мм:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 50,009 = 0,016.$$

Натяги и зазор в посадке, мм:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 50,025 - 50,009 = 0,016;$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 50,025 - 50,000 = 0,025.$$

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

допуск посадки, мм:

$$TS(N) = S_{\max} + N_{\max} = 0,016 + 0,025 = 0,041;$$

Или

$$TS(N) = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041$$

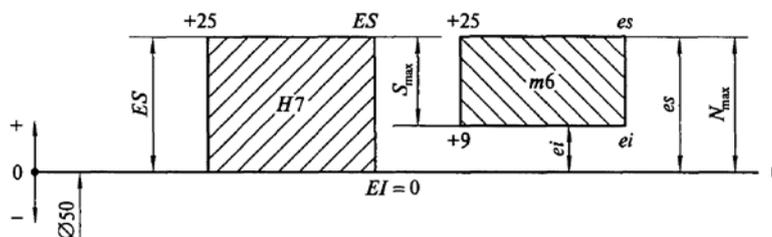


Рисунок 34 – Схема переходной посадки

V. Подведение итогов занятия (2 минуты).

Учащийся должен знать: Линейные размеры. Отклонения и допуски линейных размеров. Понятие сопрягаемой и несопрягаемой поверхности. Что такое зазор. Что такое натяг. Как осуществляется процесс сборки с натягом. Что такое наибольший и наименьший зазор и натяг. Чему равен наименьший зазор и наименьший натяг (формула). Как построить схему посадки. Понятие переходная посадка. Понятие посадка с гарантированным зазором. Три группы посадок. Понятие система отверстия. Основная деталь системы. Система вала. Посадки системе отверстия и посадка в системе вала.

Учащийся должен уметь: Определять годность действительных размеров вала. Определять годность действительных размеров отверстия. Подсчитывать наибольший и наименьший зазоры и натяги. Строить графическое изображение посадки с зазором и посадки с натягом. Определять группы посадок по чертежам сопрягаемых размеров. Определять характер соединения (группы посадок) по графическому изображению посадок.

VI. Домашнее задание (2 минуты)

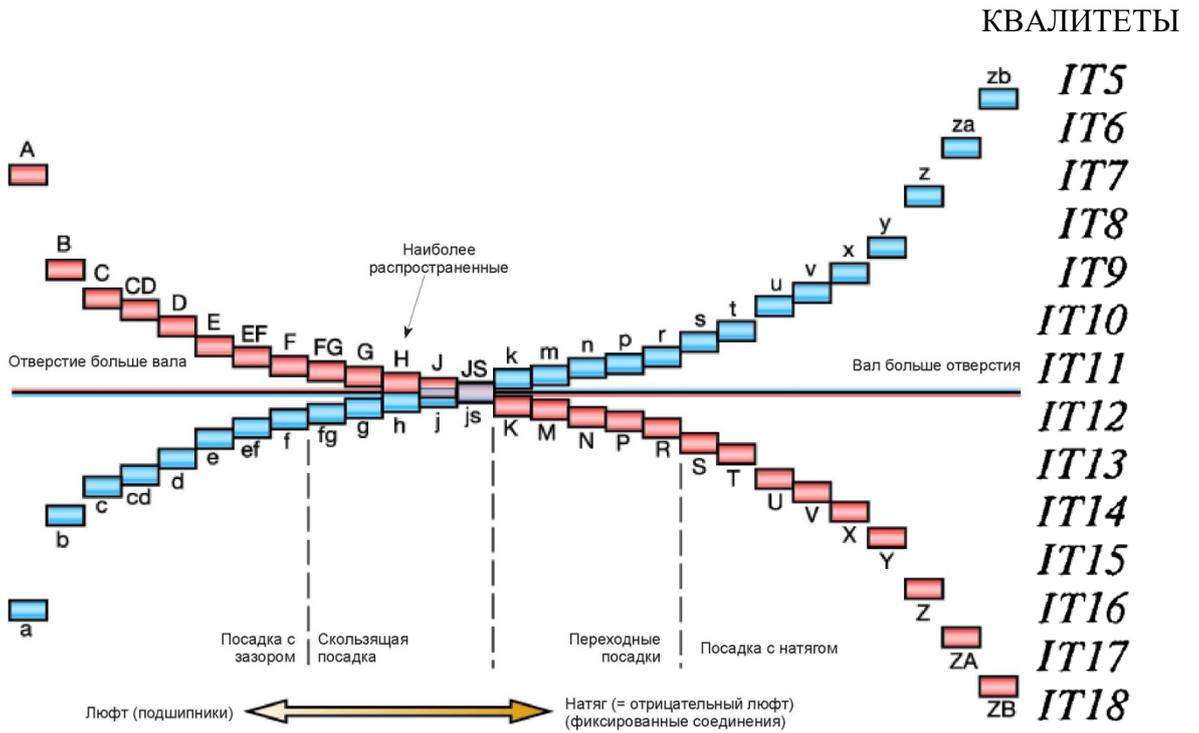
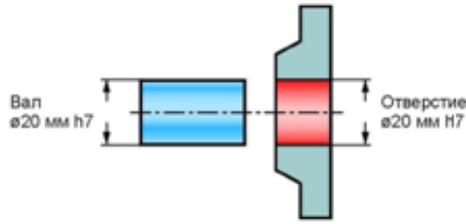
Изучить (повторить) пройденный материал по учебнику, классному конспекту.

4.7. Разработка методического обеспечения для урока

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

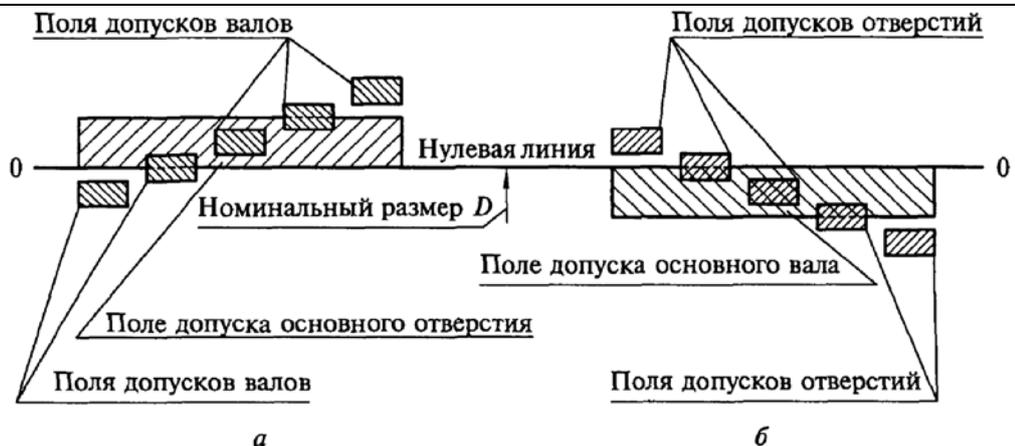
Плакат «Допуски»

ПОЛОЖЕНИЕ ДОПУСКА ВАЛА И ОТВЕРСТИЯ



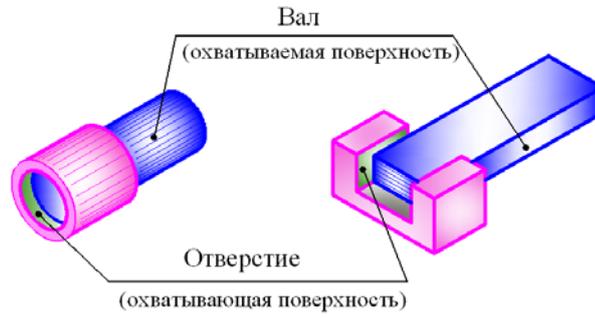
Положение допуска вала обозначается маленькими буквами, соответствующими допускам отверстий.

ПРИМЕРЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ДЛЯ ПОСАДОК В СИСТЕМЕ ОТВЕРСТИЯ (а) И ВАЛА (б)

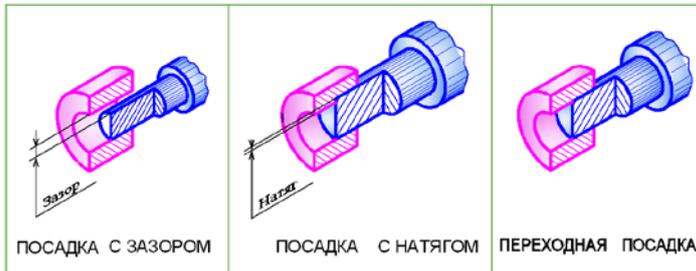


Плакат «Посадки»

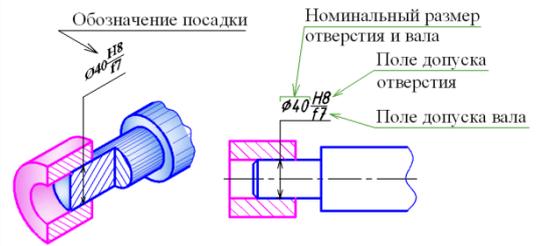
ПОНЯТИЕ «ВАЛ» И «ОТВЕРСТИЕ»



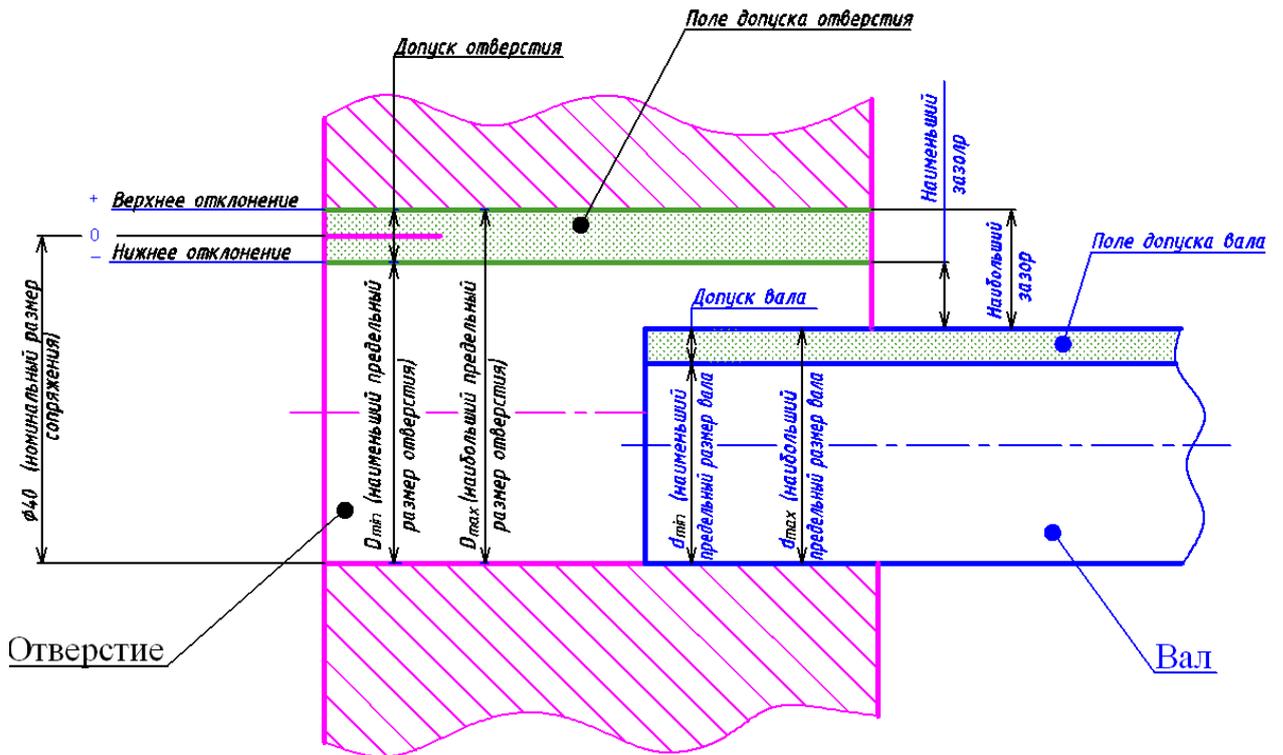
ПОСАДКИ



ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК



ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

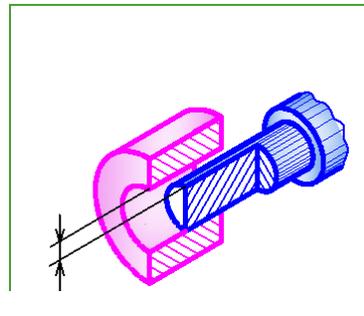


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

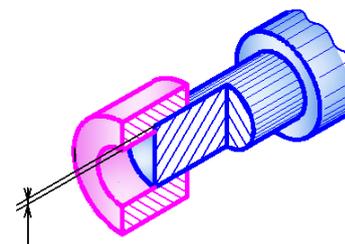
Обзорно-повторительная таблица по результатам урока. Применяется для текущего контроля уровня усвоения знаний в ходе урока (в заключительной части урока).

Задание 1. Укажите виды посадок:

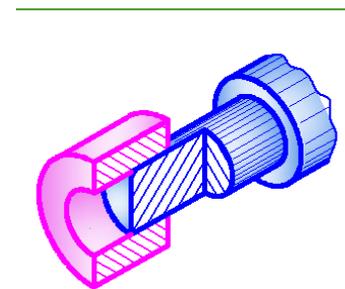
Посадка



Посадка



Посадка



Задание 2. Определите величину допуска:

Допуск Td =

$\varnothing 20 \pm 0,05$

Допуск Td =

$\varnothing 20 \begin{matrix} +0,05 \\ -0,1 \end{matrix}$

Допуск Td =

$\varnothing 20 \begin{matrix} +0,1 \\ +0,05 \end{matrix}$

Допуск Td =

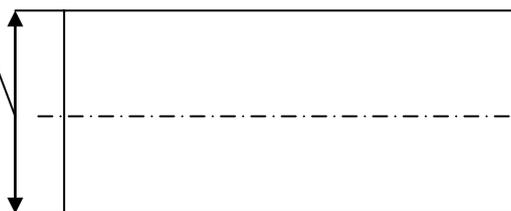
$\varnothing 20 \begin{matrix} -0,05 \\ -0,15 \end{matrix}$

Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата

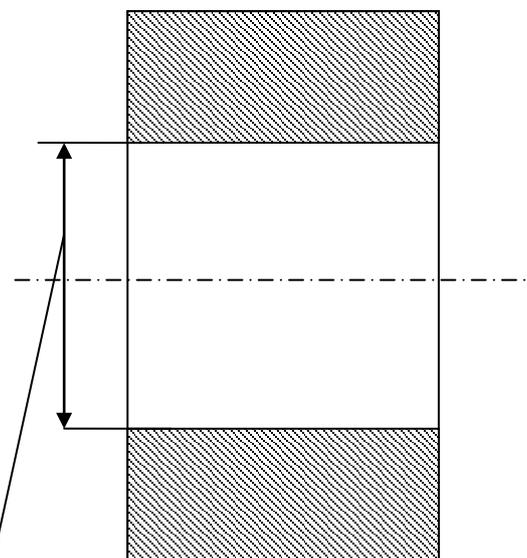
Задание 3. Определите годность детали:



$\varnothing 10^{+0,05}_{-0,1}$



Деталь годная/негодная (ненужное вычеркнуть)



$\varnothing 15^{+0,45}_{+0,35}$

Деталь годная/негодная (ненужное вычеркнуть)

4.8. Заключение по результатам выполнения метод части

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 ОЦ Haas EC-400.

Решены следующие задачи:

- Приведено описание условий обучения рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» в центре УПК;
- Проведен анализ Профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработан учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»;
- Разработано содержание и плана проведения учебных занятий по теме «Допуски, посадки и технические измерения»;
- Разработан план и план-конспект учебного занятия по теме «Качество продукции. Допуски и посадки»;
- Разработано методическое обеспечение учебного занятия по теме «Качество продукции. Допуски и посадки» в форме плаката «Допуски и посадки».

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		131

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной работы являлось совершенствование технологии механической обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы».

Предлагаемый проектный вариант обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы» наиболее технологичен по сравнению с технологическим процессом, который основан на применении универсального оборудования. Применение оборудования с ЧПУ позволяет уменьшить вспомогательное время на операциях за счет сокращения времени на установку и снятие детали, а также улучшить условия труда станочников, сокращением времени ручного труда.

Использование высокопроизводительного режущего инструмента позволяет сократить производственный цикл, при этом обеспечив требуемое качество механической обработки.

Обеспечение заданной точности размеров было достигнуто за счет постоянства баз на большинстве операций и переходов.

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
						132
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким образом, был усовершенствован процесс механической обработки детали «Корпус редуктора водяной помпы», что является достижением поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьев В. М. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 67 с.
2. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
3. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
4. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.: Учеб. пособие-Екатеринбург: Издательство Урал. Гос. проф.- пед. университета 2012.- 169 с.
5. Могильников В. А. Технология производства. Технологический анализ чертежа детали: методические указания к практическим занятиям, контрольно-курсовым и контрольным работам для студентов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1. Корпус редуктора водяной помпы Отливка	ДП 44.03.04.561.01	A1	1	
2. Корпус редуктора водяной помпы	ДП 44.03.04.561.02	A1	1	
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.561.Д01	A1	1	
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.561.Д02	A1	1	
5. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.561.Д03	A1	1	
6. Управляющая программа на опер. 005 (фрагмент)	ДП 44.03.04.561.Д04	A1	1	

					ДП 44.03.04.561.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		136