

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «РАБОЧЕЕ КОЛЕСО»

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

Идентификационный код ВКР: 151

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 профессио-
нального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ТМС:

_____ Н.В. Бородина

«_____» _____ 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ
«РАБОЧЕЕ КОЛЕСО»

Исполнитель:

Студент группы ТО-402

(подпись)

Черников А. А.

Руководитель:

Зав. кафедрой ТМС

ст. преподаватель

(подпись)

Костина О. В.

Нормоконтролер:

Доцент, к.т.н.

(подпись)

Суриков В. П.

Екатеринбург 2017

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 90 листов машинописного текста, 17 рисунков, 40 таблиц, 23 использованных источника, 4 приложения на листах.

Графическая часть на 7 листах.

Ключевые слова: РАБОЧЕЕ КОЛЕСО, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР, ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА.

Цель дипломного проекта – совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Рабочее колесо».

В технологической части выполнен анализ исходных данных, произведены расчеты припусков на обработку, разработан технологический процесс обработки детали, разработана управляющая программа для проектируемого технологического процесса.

В экономической части выполнено экономическое обоснование проекта

Решены вопросы по переподготовке персонала для работы на обрабатывающих центрах.

					ДП 44.03.04.151 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Черников А.А.			Совершенствование технологического процесса обработки детали «Рабочее колесо»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Костина О.В.					3	90
Реценз.						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО ТО-402		
Н. Контр.		Суриков В.П.						
Утверд.		Бородин Н.В.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1. Исходная информация	8
1.1.1. Служебное назначение	8
1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали	9
1.2. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса	11
1.3. Разработка технологического процесса.....	24
1.3.1. Выбор заготовки и метода ее изготовления	24
1.3.2. Составление технологического маршрута обработки детали «Рабочее колесо »	27
1.3.3. Выбор средств технологического оснащения	28
1.3.3.2. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания.....	33
1.4. Технологические расчеты	40
1.4.1. Расчет припусков	40
1.4.2. Расчет технических норм времени	43
2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	46
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	49
3.1. Техническое описание	49
3.2. Расчет капитальных затрат.....	49
3.3. Расчет технологической себестоимости детали	53
3.4. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса	63
3.5. Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия	65
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	67
4.1. Анализ нормативной документации	68
4.1.1. Анализ профессионального стандарта.....	68
4.1.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением 3 разряда	73

4.2. Разработка методики и методического обеспечения занятия по теме: «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»»	75
4.2.1. План - конспект теоретического урока на тему «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»».....	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Перечень графических документов.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Комплект документации технологического процесса	92
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект слайдов.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Чертеж для создания циклов	102

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является одной из основ экономики - отраслью тяжелой промышленности, которая производит машины самой разнообразной конструкции и назначения, от предметов общего потребления для населения до оборонной техники. Развитие этой отрасли подразумевает внедрение новых технологий, возможность импорта оборудования, накопление опыта производства, развитие отечественных технологий. И от того, как будет развиваться общее машиностроение в немалой степени зависит и развитие экономики страны. Стихийный переход к рынку в конце прошлого века, безусловно, положительно повлиял на развитие добывающих отраслей – как наиболее доходных, но пагубно сказался на обрабатывающих отраслях промышленности. В первую очередь – машиностроительной.

Нынешняя доля машиностроения в общем объеме промышленного производства РФ составляет около 20 %, уступая по меньшей степени в 2 раза показателям промышленно развитых стран. Для снижения себестоимости и повышения конкурентной способности машиностроения необходимо внедрение новых энергоэкономичных технологий, использование более технологичных станков и механизмов.

В настоящее время все больше на машиностроительных предприятиях происходит замена устаревших универсальных станков на более производительные станки с ЧПУ и различные операционные обрабатывающие центры.

Целью дипломного проекта являлось совершенствование технологического процесса механической обработки «Рабочее колесо» и переход от единичного типа производства к серийному.

Задачи дипломного проекта:

1. Проанализировать исходные данные;
2. Разработать технологический процесс, учитывающий все предложенные решения по устранению недостатков базового технологического процесса;

3. Определить способ получения заготовки в новом технологическом процессе;

4. Разработать операцию механической обработки детали;

5. Разработать управляющую программу на операцию;

6. Экономически обосновать проектируемый технологический процесс;

7. Разработать методическую часть.

					ДП 44.03.04.151 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Исходная информация

1.1.1. Служебное назначение

Рабочее колесо - это центральная часть вращающейся детали с отверстием (маховика, шкива, зубчатого колеса и т. д.) для насадки на вал или ось. Отверстие рабочего колеса обычно имеет шпоночный паз или шлицевый профиль для передачи крутящего момента. Если же деталь свободно вращается на оси, то в отверстие рабочего колеса запрессовывают заглушки или подшипники качения.

Все инструменты в производстве данной детали являются стандартизированными и соответствуют требованиям.

Деталь «Рабочее колесо» в центробежном водяном насосе служит для постановки и закрепления на ней приводного шкива с целью передачи вращения крыльчатке насоса. В ходе работы рабочее колесо испытывает переменные радиальные нагрузки. В рабочем колесе имеются 2 зубчатых венца и резьбовые крепежные отверстия. Они предназначены для фиксации достигнутого положения присоединяемых сборочных единиц.

Материал, из которого изготовлена ступица - сталь 20Х2Н4А. Химический состав материала представлен на рисунке 1.

Марка: 20Х2Н4А (заменители: 20ХГНР, 15ХГН2ТА, 20ХГНТР). Вид поставки: сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 2879-2006. Калиброванный прут: ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шлифованный прут и серебрянка: ГОСТ 14955-77. Полоса: ГОСТ 103-2006. Поковки и кованые заготовки: ГОСТ 1133-71. Трубы: ОСТ 14-21-77.

Класс: Сталь конструкционная легированная.

Использование в промышленности: шестерни, вал - шестерни, пальцы

					ДП 44.03.04.151 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		8

и другие цементируемые особо ответственные высоконагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности, пластичности и вязкости сердцевины и высокой поверхностной твердости, работающие под действием ударных нагрузок или при отрицательных температурах.

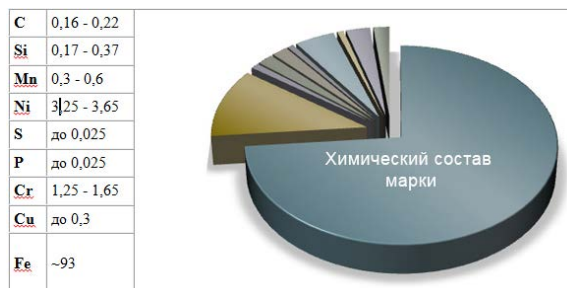


Рисунок 1 – Химический состав стали 20X2H4A

1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени правильным выбором варианта технологического процесса, его оснащения, механизации и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовке производства. На трудоемкость изготовления детали оказывает особое влияние ее конструкция и технологические требования на изготовление. Технологичность важнейшая техническая основа, обеспечивающая использование конструкторских технологических резервов. Правила отработки конструкции детали на технологичность приведены в ГОСТ 14.203-83.

Оценку технологичности конструкции детали производят по двум показателям: качественным и количественным.

Деталь – Рабочее колесо. Определенную сложность при изготовлении данной детали представляет собой обработка внутренних поверхностей ($\varnothing 3H14^{+0,25}$) эти отверстия должны быть выполнены в пределах указанных отклонений, отклонений допуска цилиндричности 0,02 мм и иметь радиальное и торцевое

биение в пределах 0,05 мм.

В данной детали принцип постоянства и совмещения технологических и конструкционных баз реализован полностью.

Заданные припуски соответствуют требованиям, предъявляемым к детали.

Поверхности, указанные в качестве технологических баз хорошо обеспечивают жесткость и устойчивость при установке.-

Количественная оценка технологичности конструкции детали производится по следующим показателям:

1. Коэффициент использования металла:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{м}}} = \frac{2,91}{17,2} = 0,17 \text{ –недостаточно высокий,} \quad (1)$$

где $M_{\text{д}}$ - масса детали по чертежу, кг;

$M_{\text{м}}$ - масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг;

2. Коэффициент точности обработки детали:

$$K_{\text{т}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{о}}} = 0,8, \quad (2)$$

где $T_{\text{н}}$ – число размеров необоснованной степени точности обработки;

$T_{\text{о}}$ – общее число размеров, подлежащих обработке;

3. Коэффициент шероховатости поверхностей детали:

$$K_{\text{ш}} = \frac{\text{Ш}_{\text{н}}}{\text{Ш}_{\text{о}}} = \frac{17}{72} = 0,23, \quad (3)$$

где $\text{Ш}_{\text{н}}$ - число поверхностей детали необоснованной шероховатости, шт.;

$\text{Ш}_{\text{о}}$ - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке шт.

Рекомендовать какие-либо изменения в данной детали очень сложно, т.к. ее конструкция продиктована служебным назначением. Предлагаю заменить способ получения заготовки на паковку, так как коэффициент использования металла не достаточно высокий, и большое количество металла уходит в стружку.

1.2. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

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

Анализ рабочего чертежа детали

Технические требования, предъявляемые к детали, соответствуют требованиям, предъявляемым к детали «ступица». На основе анализа технических требований сформулированы технологические задачи:

1. Обеспечить точность выполнения размеров:

по 6-му качеству: $\varnothing 35js6$, $M30 \times 1,5-6h$;

по 10-му качеству: $\varnothing 45h10$, $\varnothing 80h10$;

по 11-му качеству: $\varnothing 56H11$, $\varnothing 109h11$, $\varnothing 159H12$, $\varnothing 164H12$;

по 12-му качеству: $\varnothing 34,5h12$, $\varnothing 99,7H12$;

по 14-му качеству: оставшиеся размеры;

остальные – $7,5 \pm 0,5$, $28,5 \pm 0,2$, $53 \pm 0,3$, $155 \pm 0,2$, $10 \pm 0,43$, $95,5 \pm 0,2$, $78,5 \pm 0,2$, $2 \pm 0,5$, $15 \pm 0,5$

2. Обеспечить симметричность 2 отверстий $\varnothing 8$ относительно базы К не более 1 мм, допуск симметричности 5 отверстий $\varnothing 6$ относительно базы Л не более 1 мм, допуск соосности $M30 \times 1,5-h6$ относительно базы К не более 0,2 мм, допуск цилиндричности $\varnothing 45h10$ 0,008мм, допуск радиального биение относительно базы К и 3 не более 0,05 мм, допуск цилиндричности $\varnothing 80h10$ 0,01мм, допуск радиального биение относительно базы К и 3 не более 0,05 мм, позиционный допуск на 5отв. $\varnothing 6$ относительно базы К 1мм.

3. Обеспечить требования по качеству поверхностей. Базовые поверхности Ra 8-10, отверстия Ra 5, остальных поверхностей Rz 40-80

4. Обеспечить выполнение других технических требований, указанных

на чертеже:

1. 286...341 НВ.
2. Материал-заменитель сталь 20Х2Н4А-Ш ГОСТ 4543-71.
3. Взаимное расположение зубьев, отверстий У и пазов С произвольное.
4. Шлицы контролировать комплексным калибром.
5. *Размеры для справок.
6. Размеры и шероховатость обеспечить инструментом.
7. Размеры и шероховатость поверхностей после покрытия.
8. Покрытие Хим. Окс. прм. кроме поверхностей Р и Т.
9. Покрытие поверхностей Р и Т Х21.тв. Допускается Х60.тв. Допускается наличие покрытия на поверхностях Ф и Ц.
10. Клеймить.
11. Остальные требования по 520.ТУ1.

Выполнен технический контроль чертежа и в процессе анализа, были внесены некоторые изменения в чертёж детали, в соответствии с экономической точностью поверхностей при различных МОП.

Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. На данном этапе проектирования тип производства ориентировочно определим в зависимости от массы детали и объема выпуска.

Таблица 1 - Зависимость типа производства от объема годового выпуска (шт.) и массы детали

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

Исходные данные:

масса детали – 2,91 кг. ;

объём годового выпуска – 310 шт.

В соответствии с таблицей 3 сделаем вывод, что у нас мелкосерийное производство.

Определим тип производства по коэффициенту закрепления операций. (ГОСТ 3.1121-84):

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (4)$$

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

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

Располагая данными о штучно-калькуляционном времени, затраченном на каждую операцию, можно определить количество станков:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (5)$$

где N - годовая программа выпуска деталей, шт.;

$T_{шт-к}$ - штучно-калькуляционное время, мин.;

F_d - действительный годовой фонд времени, $F_d = 3946$ ч. (при двухсменной работе);

$\eta_{з.н.}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования, для мелкосерийного производства – $0,8 \div 0,9$.

После расчета для всех операций m_p устанавливаем принятое число рабочих мест P , округляя его до большего ближайшего целого числа полученное значение m_p .

005 Токарная с ЧПУ

$$m_{p_1} = \frac{310 \cdot 43,9}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,067; P_1 = 1; \eta_{з.ф.1} = \frac{0,067}{1} = 0,067; O_1 = \frac{0,85}{0,067} = 12,6.$$

010 Токарная с ЧПУ

$$m_{p_2} = \frac{310 \cdot 68,2}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,1; P_2 = 1; \eta_{з.ф.2} = \frac{0,1}{1} = 0,1; O_2 = \frac{0,85}{0,1} = 8,5.$$

015 Токарно - винторезная

$$m_{p_2} = \frac{310 \cdot 28,99}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,04; P_2 = 1; \eta_{з.ф.2} = \frac{0,04}{1} = 0,04; O_2 = \frac{0,85}{0,04} = 21,25.$$

020 Токарная с ЧПУ

$$m_{p_3} = \frac{310 \cdot 45,32}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,07; P_3 = 1; \eta_{з.ф.3} = \frac{0,07}{1} = 0,07; O_3 = \frac{0,85}{0,07} = 12,14.$$

025 Токарная с ЧПУ

$$m_{p_2} = \frac{310 \cdot 21,42}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,03; P_2 = 1; \eta_{з.ф.2} = \frac{0,03}{1} = 0,03; O_2 = \frac{0,85}{0,03} = 28,3.$$

030 Круглошлифовальная

$$m_{p_4} = \frac{310 \cdot 10,55}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,01; P_4 = 1; \eta_{з.ф.4} = \frac{0,01}{1} = 0,01; O_4 = \frac{0,85}{0,01} = 85.$$

035 Зубофрезерная

$$m_{p_5} = \frac{310 \cdot 55,98}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,08; P_5 = 1; \eta_{з.ф.5} = \frac{0,08}{1} = 0,08; O_5 = \frac{0,85}{0,08} = 10,62.$$

040 Зубодолбежная

$$m_{p_6} = \frac{310 \cdot 21,45}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,03; P_6 = 1; \eta_{з.ф.6} = \frac{0,03}{1} = 0,03; O_6 = \frac{0,85}{0,03} = 28,3.$$

045 Фрезерная с ЧПУ

$$m_{p_9} = \frac{310 \cdot 34,1}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,05; P_9 = 1; \eta_{з.ф.9} = \frac{0,05}{1} = 0,05; O_9 = \frac{0,85}{0,05} = 17.$$

050 Фрезерная с ЧПУ

$$m_{p_9} = \frac{310 \cdot 15,2}{60 \cdot 3946 \cdot 0,85} = 0,02; P_9 = 1; \eta_{з.ф.9} = \frac{0,02}{1} = 0,02; O_9 = \frac{0,85}{0,02} = 42,5.$$

Все данные расчета занесем в таблицу 2

Таблица 2 - Данные для расчета $K_{з.о.}$

Операция	$T_{шт-к}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
1	2	3	4	5	6
Программно - токарная	43,9	0,067	1	0,067	12.6
Программно - токарная	68,2	0,1	1	0,1	8,5.
Токарно - винторезная	28,995	0,04	1	0,04	21,25

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Программно - токарная	45,32	0,07	1	0,07	12,14
Программно - токарная	21,42	0,03	1	0,03	28,3
Круглошлифовальная	10,554	0,01	1	0,01	85
Зубофрезерная	55,984	0,08	1	0,08	10,62
Зубодолбежная	21,448	0,03	1	0,03	28,3
Программно - фрезерная	34,1	0,05	1	0,05	17
Программно - фрезерная	15,2	0,02	1	0,02	42,5.
	$\Sigma T_{шт-к}=355,671$		$\Sigma P = 10$		$\Sigma O = 266,2$

Для каждой операции вычислить значение фактического коэффициента загрузки рабочего места по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{p}, \quad (6)$$

Количество операций, выполняемых на одном рабочем месте (O), можно определить по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (7)$$

После установления типа производства необходимо определить его организационно-технологическую характеристику. При этом требуется:

- определить форму организации производственного процесса;
- рассчитать такт выпуска изделий или величины партий их запуска в производство.

Согласно ГОСТ 14.312-74, форма организации может быть поточной и групповой.

В нашем случае мы имеем дело с групповой организацией производства. Количество деталей в партии (n, шт.) для одновременного выпуска определяется упрощенным способом по формуле:

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

где a - периодичность запуска, в днях (3 дня);

254 – количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{310 \cdot 3}{254} = 4 \text{ шт.}$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{30} = 266,2 / 10 = 26,62$$

Коэффициент соответствует мелкосерийному производству, для которого $20 < K_{з.о.} \leq 40 = 20 < 26,62 < 40$

Таким образом, при групповой организации производства, количество деталей в партии (n , шт) для одновременного запуска, получилось 4 шт. Периодичность запуска деталей равно 3 дня.

Анализ заводского технологического процесса обработки детали

Тип производства по технологическому процессу - мелкосерийный. Для него данный технологический процесс оптимален, правильно выбраны методы обработки, построены технологические операции; черновые и чистовые базы выбраны оптимально.

1. Способ получения заготовки – прокат круглый необходимо заменить другим методом получения заготовки т.к. он давал коэффициент использования металла $K_{им} = 0,23$.

2. Используемое оборудование станок Masturn 550 CNC ток. с ЧПУ, 16K20П, 3A151, P-251, 5M150M, MCV 1000 5AX.

Чтобы выявить недостатки и достоинства заводского технологического процесса проведем анализ по следующим характеристикам:

1. Анализ технологического процесса механической обработки детали.
2. Анализ методов обработки поверхностей.
3. Анализ выбора технологических баз.

Таблица 3 - Анализ технологического процесса механической обработки детали

Классификация тех. процесса			Общее число опе- раций	ΣТш
По числу охватываемых изделий	По назначению	По документации		
Единичный	Рабочий	Маршрутно операционный	36	384,711

Таблица 4 - Анализ методов обработки поверхностей

Размер пов.	Вид пов.	Квали- тет точ- ности	Шерохова- тость конеч- ная Ra, мкм	МОП в МК	МОП экономич. точности	Примеча- ние
Ø45	Цилиндр	10	Ra 3,2	Точение	Обтачивание чистовое	Соответ- ствует
Ø35	Цилиндр	6	Ra 1,25	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
Ø109,2	Цилиндр	11	Ra 3,2	Долбле- ние	долбление чи- стовое	Не соот- ветствует
Ø75	Цилиндр	11	Ra 3,2	Точение	Обтачивание чистовое	Соответ- ствует
Ø80	Цилиндр	10	Ra 3,2	Точение	Обтачивание чистовое	Соответ- ствует
Ø34,5	Цилиндр	12	Ra 3,2	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
2	Плоская	14	Ra 3,2	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
28,5	Плоская	IT14/2	Ra 6,3	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
155,5	Плоская	IT14/2	Ra 6,3	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
95,5	Плоская	IT14/2	Ra 6,3	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
78,5	Плоская	IT14/2	Ra 6,3	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
15	Плоская	IT14/2	Ra 6,3	Точение	Обтачивание чистовое	Не соот- ветствует
1x45	Плоская	IT14/2	Ra 3,2	Точение	Обтачивание чистовое	Соответ- ствует
R56	Цилин- дрическая	11	Ra 3,2	Зубодол- бежная	Долбление чистовое	Соответ- ствует

При сравнении методы экономической точности по чертежу и справочным таб-
лицам не соответствуют, а именно поверхности с размерами: 28,5, 155,5, 95,5,
78,5, 15; Ø35, Ø109,2, Ø34,5.

Таблица 5 - Анализ выбора технологических баз

№ операции	Наименование и содержание операции	Технологические базы	
		Черновые	Чистовые
1	2	3	4
05	транспортная		
010	программно-токарная	Патрон с упором в торец Ø130 и пл.88	
015	программно-токарная	Патрон с упором в торец Ø120 и пл	
020	слесарная		
025	протирка		
030	маркирование		
035	пром. контроль		
040	токарно-винторезная		Центр. с упором по торцам
045	программно-токарная		Патрон с упором в торец Ø130 и пл.82
050	программно-токарная		Патрон с упором в торец Ø120
055	круглошлиф.		Центр. с упором по торцам
060	круглошлиф.		Центр. с упором по торцам
065	промывка		
070	пром. контроль		
075	зубофрезерная		Патрон с упором по торцам
080	слесарная		
085	зубодолбежная		Оправка с упором на Ø120
090	слесарная		
095	программно-комбинированная		Подставка с патроном с упором в торец

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
100	слесарная		
105	программно-фрезерная		Подставка с патроном с упором в торец
110	слесарная		
115	круглошлиф.		Подставка с патроном с упором в торец
120	токарно-винторезная		Подставка с патроном с упором в торец
125	токарно-винторезная		Подставка с патроном с упором в торец
130	промывка		
135	маркировать		
140	промеж. контроль		
145	токарно-винторезная		Подставка с патроном с упором в торец
150	токарно-винторезная		Подставка с патроном с упором в торец
155	Токарно-винторезная		Подставка с патроном с упором в торец
160	Токарно-винторезная		Подставка с патроном с упором в торец
165	промывка		
170	маркировать		
175	Выходной контроль		

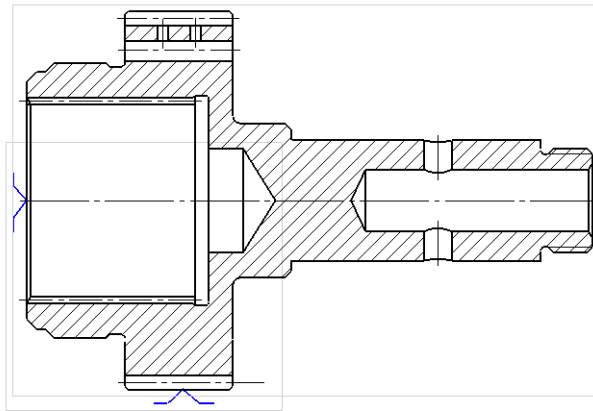


Рисунок 2 - Черновые и чистовые базы (Установ А)

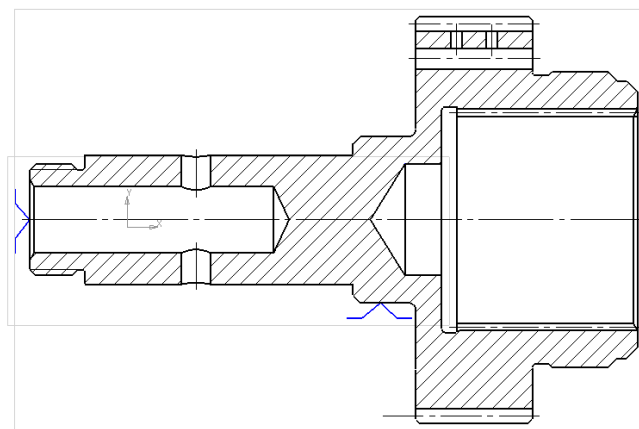


Рисунок 3 - Черновые и чистовые базы (Установ Б)

Анализ выбора технологических баз показал, что основные правила базирования (постоянство и совмещение баз) соблюдаются. Следовательно, базы изменению не подлежат.

Анализ маршрута обработки детали

Предложенный маршрут обработки детали можно считать оптимальным, так-так соблюдаются следующие условия:

Прежде всего, обрабатывают технологические базы, затем исполнительные поверхности, с помощью которых деталь выполняет своё служебное назначение. Обработка остальных поверхностей ведётся последовательно.

Технология изготовления подразделяют на этапы черновой, получистовой, чистовой и отделочной обработки.

Анализ станочных операций производится по критериям, представленным в таблице 6.

Таблица 6 - Анализ станочных операций

№ операции	Наименование операции и содержание по переходам	Структура операции			Технологическая база	Способ установки и закрепления	Наименование и модель станка	Схема построения операции
		Кол-во установок	Кол-во позиций	Кол-во переходов				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
05	заготовительная	1	1	1				
10	Программно-токарная	1	1	4	Торец Ø130, пов.88	патрон	Masturn 550 CNC ток. С ЧПУ	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
15	Программно-токарная	1	1	4	Торец Ø120, пов.80	патрон	Masturn 550 CNC ток. С ЧПУ	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
20	Слесарная	1	1	-	-	-	-	-
25	Притирка	1	1	-	-	-	-	-
30	Маркировка	1	1	-	-	-	-	-
35	промеж.	1	1	-	-	-	-	-
	контроль							
40	Токарно-винторезная	1	1	4		патрон	16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
45	Программно-токарная	1	1	3	Торец Ø130 и плос.8 2	патрон	16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
50	Программно-токарная	1	1	3	Торец Ø120	патрон	16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
55	Круглошлифовальная	1	1	1	По торцам		3A151	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
75	Зубофрезерная	1	1	1	Упор по торцам	патрон	P-251	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
80	Слесарная	1	1	-	-	-	-	-
85	Зубодолбежная	1	1	1	Упор на Ø45	приспособление	5M150M	
90	Слесарная	1	1	-	-	-	-	-
95	Программно-комбинированная	1	1	2		Подставка с 3-х кулачковым патроном	MCV 1000 5AX	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
100	Слесарная	1	1	-	-	-	-	-
105	Программно-фрезерная	1	1	2		Подставка с патроном	MCV 1000	
110	слесарная	1	1	-	-	-	-	-
115	Круглошлифовальная	1	1	1	Упор на Ø45	Подставка	3A151	
120	Токарно-винторезная	1	1	1	По торцам		16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
125	Токарно-винторезная	1	1	1	По торцам		16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
130	Промывка	1	1	-	-	-	-	-
145	Токарно-винторезная	1	1		По торцам		16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
150	Токарно-винторезная	1	1		По торцам		16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
155	Токарно-винторезная	1	1		По торцам		16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
160	Токарно-винторезная	1	1		По торцам		16K20П	одноместная многоинструментальная, с последовательной обработкой
165	Промывка	1	1	-	-	-	-	-
170	Маркировка	1	1	-	-	-	-	-
175	Выходной контроль	1	1	-	-	-	-	-

Анализ показал, что у нас 18 станочных операций, которые выполняется на Masturn 550 CNC ток. с ЧПУ, 16K20П, 3A151, P-251, 5M150M, MCV 1000 5AX.

Выводы

Технологический процесс обеспечивает точность линейных и диаметральных размеров; качество обработанных поверхностей, допуски отклонения формы и расположения поверхностей. В связи с увеличением производственной программы выпуска деталей «Рабочее колесо» с 310 до 1000 в год существующее оборудование не справится с предстоящей задачей. Предлагается заменить оборудование на обрабатывающий центр с ЧПУ, что будет соответствовать среднесерийному типу производства.

1.3. Разработка технологического процесса

1.3.1. Выбор заготовки и метода ее изготовления

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали.

На выбор заготовки влияют следующие факторы:

1. Материал-20Х2Н4А
2. Объем и тип производства - годовая программа выпуска-15000 штук; производство - среднесерийное.
3. Тип детали – ступица
4. Размеры детали и оборудования, на котором она изготавливается.
5. Экономичность изготовления заготовки.

В базовом технологическом процессе заготовкой является круглый прокат, но при анализе заводского технологического процесса этот способ признан нецелесообразным для среднесерийного производства. Поэтому в качестве ориентировочного способа выбираем штамповку с прошитыми отверстиями на горизонтально-ковочной машине (ГКМ)

Технология штамповки на ГКМ применяется для получения поковок высадкой и прошивкой

1. Поковки с одним утолщением на конце или на участке по длине стержня;
2. Поковки типа колец простой конфигурации;
3. Поковки типа втулок;
4. Поковки со сложным наружным контуром;
5. Поковки с глухой прошивкой;

Преимущества и недостатки штамповки на ГКМ

Штамповка на ГКМ имеет следующие преимущества:

1. Можно легко штамповать детали, которые на другом оборудовании рационально изготовить нельзя, например поковки типа стержня с фланцем и другие, следовательно, ГКМ имеет особую область штамповки.

2. Достигается экономия металла, так как штамповка производится преимущественно в закрытых штампах, а штамповочные уклоны в ряде случаев отсутствуют.

3. Макроструктура поковок получается благоприятной и обеспечивает высокое качество деталей.

4. Возможно применение вставок для ручьев, чем экономится штамповая сталь.

5. Работа на ГКМ безударная, спокойная и безопасная.

6. Работа легко автоматизируется - существуют автоматические ГКМ с горизонтальным разъемом матриц.

К недостаткам относятся:

1. Меньшая универсальность по сравнению с молотами и прессами. Номенклатура поковок резко ограничена. Масса поковок относительно небольшая - до 150 кг.

2. Низкая стойкость штампов, которая объясняется рядом причин. Штамп закрытый, поэтому возникают перегрузки в полости ручья. Избежать перегрузок не представляется возможным, так как требуется абсолютно точное дозирование высаживаемой части прутка, что невозможно ввиду недостаточной жесткости переднего упора, отклонений по размерам прутка (проката), отклонений высаживаемого объема при различной температуре прутка и т. д.

3. Необходимость очистки нагретого прутка от окалины, так как деформирование происходит за один ход и вся окалина будет заштампована.

4. Высокая стоимость ГКМ примерно в 1,5 раза выше, чем стоимость КГШП той же мощности.

В соответствии с принятым способом штамповки определяют конфигурацию поверхности разъема и положение линии разъема штампа.

В зависимости от марки материала заготовки делятся на три группы: М1 - углеродистая сталь, легированная сталь с содержанием углерода до 0,35 % и легирующих элементов до 2 %; М2 – с содержанием углерода от 0,35 до 0,65 % включительно и легирующих элементов от 2,4 % до 5 %; М3 – с содержанием углерода свыше 0,65 и легирующих элементов свыше 5 %.

По точности изготовления поковки подразделяют на пять классов – Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, в зависимости от технологического процесса, оборудования, требуемой точности размеров поковки. Степень сложности поковок (С1, С2, С3, С4) определяется отношением массы $G_{п}$ (объема $V_{п}$) поковки к массе $G_{фиг}$ (объему $V_{фиг}$) цилиндра или прямоугольного параллелепипеда, в который вписывается поковка.

Таблица 7- Конструктивные характеристики поковки

Конструктивная характеристика поковки	Обозначения
Класс точности	Т4
Масса штамповки	4,95
Группа стали	М2
Степень сложности	С2
Поверхность разъёма штампа	плоская
Исходный индекс	10

В соответствии с рекомендациями ГОСТа 7505 – 89 [3] назначают припуски на механическую обработку и допуски на размеры поковки;

Величина припусков, допусков и допускаемых отклонений назначается в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по исходному индексу. Допуски на все внешние и внутренние размеры поковки назначаются в зависимости от требуемой точности, массы, размеров, группы стали и степени сложности поковки. ГОСТ 7505 – 89 регламентирует также допускаемые отклонения на межцентровые расстояния, по не соосности

прошиваемых в поковках отверстий, по отношению к внешним контурам поковки, по изогнутости, не плоскостности, не прямолинейности (для плоских поверхностей, а также по радиальному биению (для цилиндрических поверхностей).

1.3.2. Составление технологического маршрута обработки детали «Рабочее колесо»

Технологический маршрут обработки детали «Рабочее колесо» представлен в таблице 8.

Поверхности обрабатываемые обозначены на рисунке 4.

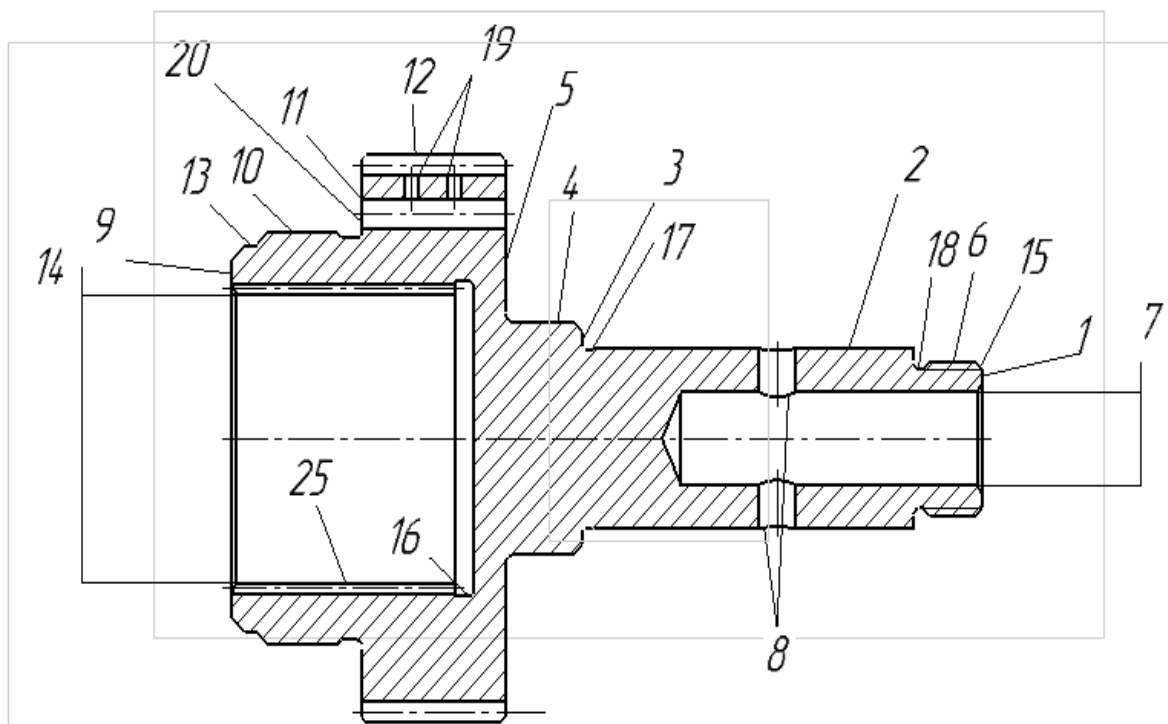


Рисунок 4 – Обрабатываемые поверхности

Таблица 8 – Технологический маршрут обработки детали «Рабочее колесо»

№ операции	Содержание операции Комплексная на токарно-фрезерном обрабатывающем центре	Оборудование
005	Нормализация и высокий отпуск	
010	<p>Установ А</p> <p>Точить торец 1, поверхности 6, 2, 4(начерно), точить торец зубчатого венца 5. Точить поверхности 6, 2, 4 (начисто), точить фаски. Точить канавки 17, 18. Расточить отв. 2 с Ø13 до Ø18. Сверлить 2 отв. Ø8. Нарезать резьбу М30х1,5</p> <p>Установ Б</p> <p>Точить торец 9, поверхности 10, 12(начерно), точить торец зубчатого венца 11. Точить поверхности 13,10 (начисто), точить фаски. Точить канавку 22. Расточить отверстие с Ø50 до Ø56. Долбить щлицу Нарезать зуб. Сверлить 5 отв. Ø6 Сверлить 10 отв. Ø3</p>	ОЦ 1728С
015	Промывка	
020	Контроль	

1.3.3. Выбор средств технологического оснащения

1.3.3.1. Выбор и описание оборудования

В связи с увеличением производственной программы выпуска деталей «Рабочее колесо» с 310 до 1000 в год существующее оборудование не справится с предстоящей задачей. Предлагается, заменить существующее на обрабатывающий центр с ЧПУ, что будет соответствовать серийному производству и позволит предприятию справиться с задачей годового увеличения выпускаемых изделий.

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

В дипломном проекте предлагается использовать обрабатывающий центр с ЧПУ модели 1728С (страна-производитель Россия).

На рисунке изображён ОЦ модели 1728С [18]

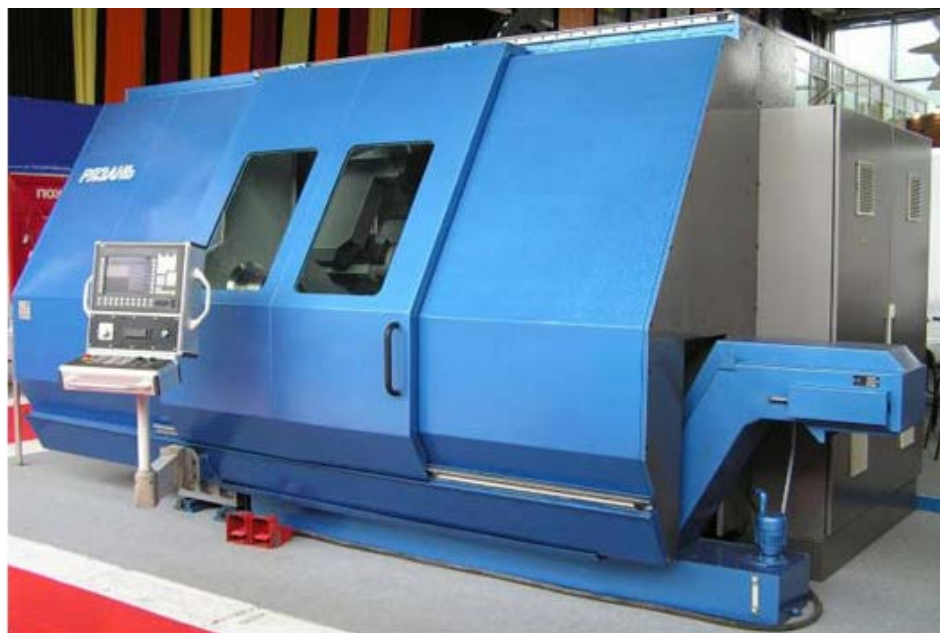


Рисунок 5 – Обрабатывающий центр модели 1728С

Токарно-фрезерный обрабатывающий центр модели 1728С предназначен для комплексной обработки деталей типа тел вращения в патроне и центрах.

Точность обработки обеспечивается конструкцией станка (высокоточные подшипники, линейные направляющие, активные измерительные системы контроля инструмента, жесткость и виброустойчивость базовых корпусных деталей, термосимметричные конструкции, исключаяющие влияние температурных деформаций и др.).

Полная обработка детали за один установ исключает погрешности базирования, имеющие место при традиционной технологии.

Концентрация операций на одном станке позволяет достичь ощутимой экономии за счет отказа от изготовления специальной оснастки для

базирования заготовок на смежных операциях.

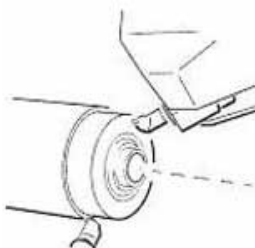
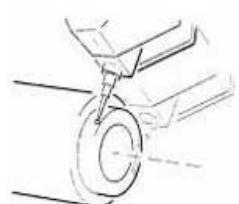
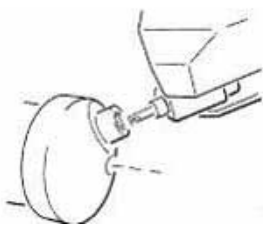
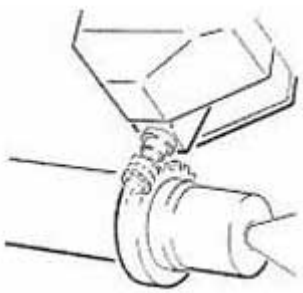
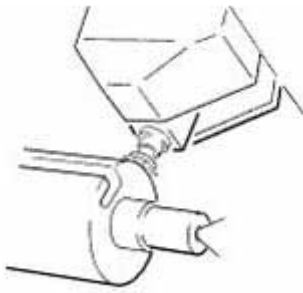
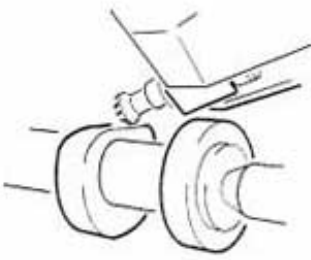

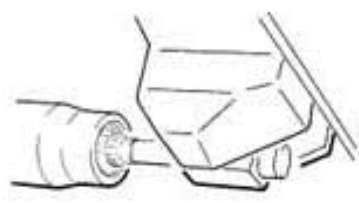

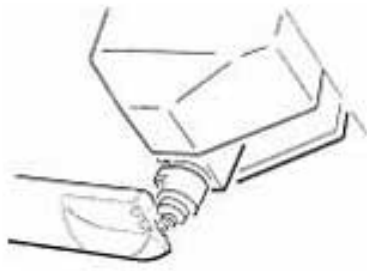
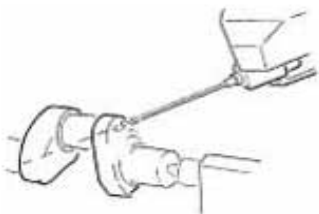
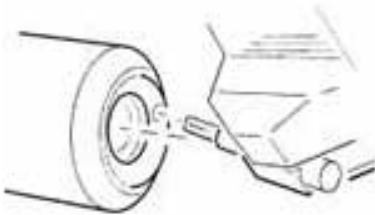
Технические характеристики обрабатывающего центра приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные технические характеристики ОЦ 1728С

Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной	550 мм.
Максимальный диаметр изделия обрабатываемого	точением, 400 мм.; фрезерованием, 400мм.;
Максимальная длина деталей, устанавливаемых и обрабатываемых в центрах	1000/2000/3000 мм.
Мощность привода главного движения (S1/S6 - 40%)	18/32 кВт
Диапазон частот вращения токарного шпинделя	10...4000 об/мин
Диапазон круговых подач шпинделя в режиме координаты «С»	0,014...10 об/мин
Размер конца шпинделя	A8
Диаметр патрона	200/400 мм
Диаметр отверстия в шпинделе	97 мм.
Максимальная скорость перемещения суппорта, м/мин	по координате Z 20/30 по координате X 15/25
Диаметр пиноли бабки задней	120 мм.
Ход пиноли бабки задней	120 мм.
Внутренний конус пиноли Морзе	6
Габаритные размеры станка	Высота 1900 мм. Ширина (без пульта управления) 2500 мм.; Длина 5500/6500/7500 мм.
Вес станка	8000/11000 кг.

Операции, выполняемые на токарно - фрезерном обрабатывающем центре 1728С приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Операции выполняемые на токарно-фрезерном обрабатывающем центре 1728С

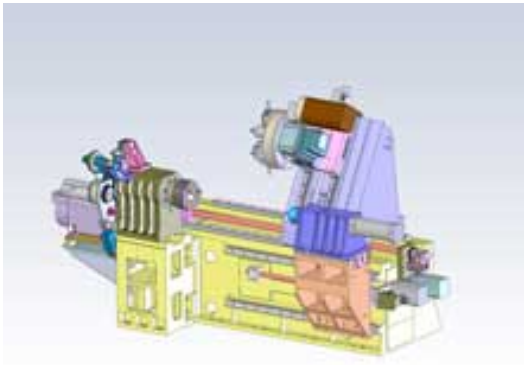
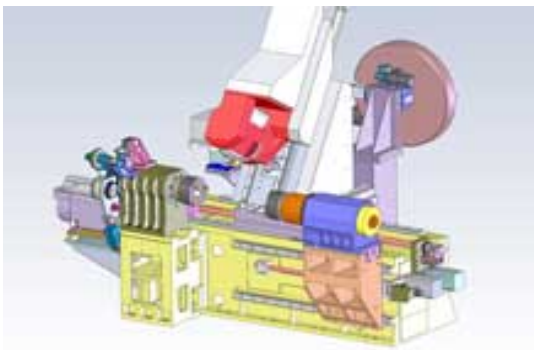
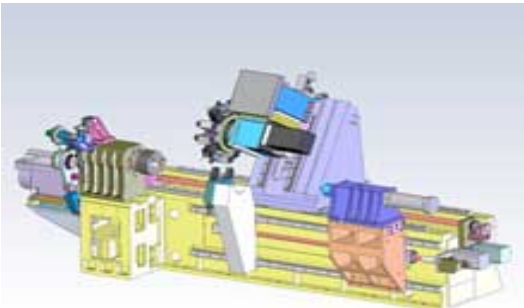
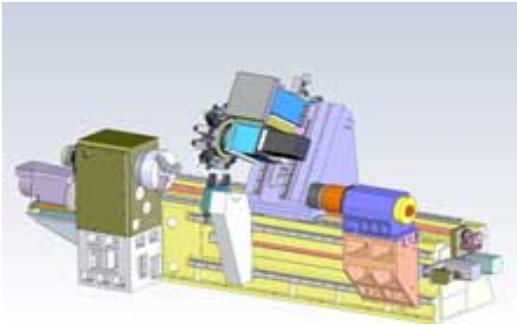
Точение 	Измерение детали 	Фрезерование 
Нарезание зубчатого колеса 	Фрезерное точение 	Контурное фрезерование 
Растачивание 	Долбление 	Фрезерование 
Фрезерование 	Сверление под углом к оси центров 	Фрезерование 

Примерный перечень типовых деталей, подлежащих обработке на токарно-фрезерном обрабатывающем центре:

- фланцы с отверстиями, лысками, пазами;
- корпуса гаек ШВП, токарных патронов;
- корпуса фасонных, торцовых фрез;
- зубчатые колеса до нарезки зуба (мелкомодульные – с полным циклом операций до термообработки);
- круглые и торцевые копиры и другие фасонные детали.

Варианты исполнения 1728С представлены в таблице 10

Таблица 11 - Варианты исполнения 1728С

<p>Обрабатывающий центр с револьверной головкой и задней бабкой</p> 	<p>Обрабатывающий центр с поворотной головкой и контршпинделем</p> 
<p>Обрабатывающий центр с револьверной головкой с осью «Y», задней бабкой и люнетом</p> 	<p>Обрабатывающий центр с силовой бабкой, револьверной головкой с осью «Y», с контршпинделем и люнетом</p> 

1.3.3.2. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания

Чтобы механическая обработка детали «Рабочее колесо» была наиболее эффективна, необходимо подобрать наиболее надежный, качественный инструмент, учитывая особенности обработки данной заготовки, ее материала, а также выбранного оборудования. При использовании современного оборудования с ЧПУ, необходимо использовать и современный режущий инструмент, оснастку. Предлагается использовать режущий инструмент фирмы «Mitsubishi», «Vargus» и «Iscar».

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

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А

Переход 1

Подрезать торец №1,точить поверхность №2,3,4,5

Токарный резец для наружной обработки

Державка PSSN 2020K16 [21],

Пластина SNMA 12048E RP, способ крепления СМП – рычагом.



Рисунок 6 – Токарный резец с пластинами

Рекомендуемые режимы резания:

V-180-295М/МИН, f-0.25-0.6 мм/об, t-1.5-6мм

Переход 2

Точить начисто поверхность 6,2,3,4, точить фаски.

Токарный резец для наружной обработки

Державка PSSN 2020K16 [21],

Пластина SNMA 12048E LP, способ крепления СМП – рычагом.

Рекомендуемые режимы резания:

V-200-310м/мин, f-0,1-0,4 мм/об, t-0,3-2мм

Переход 3

Точить канавки № 17,18

Токарный резец по точению канавок

Державка GHMPR/L 16 [23]

Пластина GIP-4.00-20UN

Рекомендованные режимы резания:

V-90-140м/мин, f-0.12мм/об, t-0.1-0.5мм

GIP-RX/LX

Прецизионные двухсторонние пластины для нарезания наружных канавок рядом с уступом

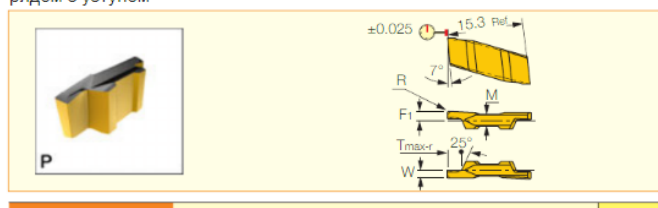


Рисунок 7 – Режущая пластина

Обозначение	W _{max}	T _{max-r}	T _{max-g}	h	b	l ₁	l ₂	f
GHMR/L 12	4.00	4.80	4.80	12.0	12.0	110.00	25.0	10.8
GHMR/L 16	4.80	4.80	4.80	16.0	16.0	115.00	25.0	14.5
GHMR/L 16-3 ST ⁽¹⁾	5.00	4.80	4.80	16.0	16.0	78.00	25.0	15.0
GHMR/L 20	6.40	4.80	4.80	20.0	20.0	125.00	25.0	18.5
GHMR/L 25	6.40	4.80	4.80	25.0	25.0	140.00	25.0	23.5
GHMR/L 32	6.40	4.80	4.80	32.0	32.0	150.00	25.0	30.2

Рисунок 8 –Канавочный резец с пластинами

Переход 4

Расточить отверстие №7.

Державка FSCL/P 1816R/L-09A [21]

Пластина NP-CHMB MC6025, крепление винтом.

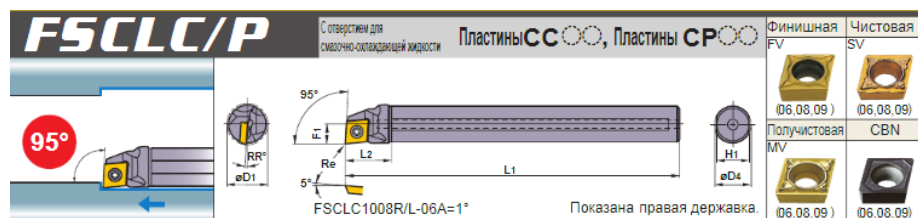


Рисунок 9 – Расточной резец с пластинами

Рекомендуемые режимы резания:

V-140м/мин, f-0.28об/мин, t-2,5мм

Переход 5

Сверлить 2 отверстия №8,

Сверло MPS1 0800L-Din [21]

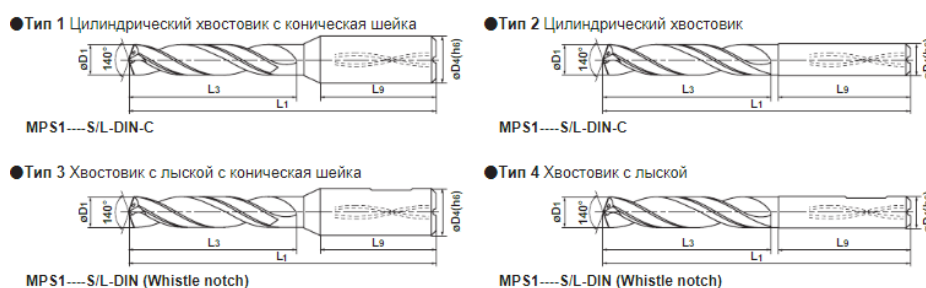


Рисунок 10 - Сверло

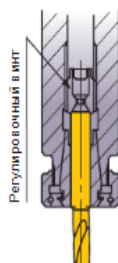


Рисунок 11 – Крепление сверла

Рекомендуемые режимы:

V—90м/мин, t-0.25мм/об

Переход 6

Нарезать резьбу №15

Державка MMTER1616H16-C [21]

Пластина MMT16ERA60-S, крепление с прижимом.

Рекомендуемые режимы резания:

V-100 м/мин (G012) 5 проходов

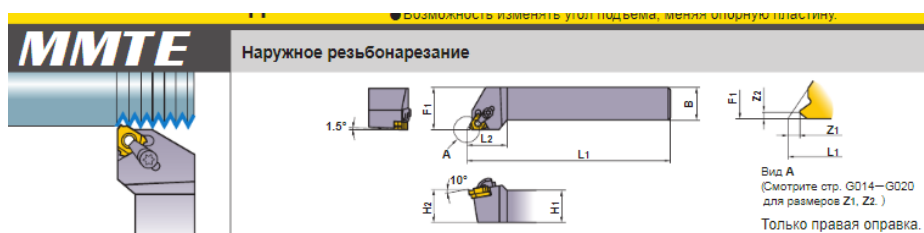


Рисунок 12 – Резьбонарезной резец

Установка Б

Переход 1

Подрезать торец №9, точить поверхность 10,11,12

Токарный резец для наружной обработки

Державка PSSN 2020K16 [21].

Пластина SNMA 12048E RP, способ крепления СМП – рычагом.

Рекомендуемые режимы резания:

V-200-310м/мин, f-0,1-0,4 мм/мин, t-0,3-2мм

Переход 2

Точить торец, поверхность 10,11,12,13, точить фаски - начисто

Токарный резец для наружной обработки

Державка PSSN 2020K16 [21].

Пластина SNMA 12048E LP, способ крепления СМП – рычагом.

Рекомендуемые режимы резания

V-200-310м/мин f-0,1-0,4 об/мин t-0,3-2мм.

Переход 3

Расточить канавку

Державка GHMPR/L 16 [23]

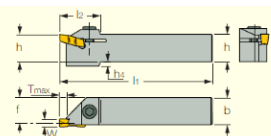
Пластина GIP-4.00-20UN

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.151 ПЗ

Лист

36



Обозначение	W _{max}	T _{max}	T _{max}	h	b	h	h _d	f
QHMR/L 12	4.00	4.80	4.80	12.0	12.0	110.00	25.0	10.8
QHMR/L 16	4.80	4.80	4.80	16.0	16.0	115.00	25.0	14.5
QHMR/L 16-3 ST ⁽¹⁾	5.00	4.80	4.80	16.0	16.0	78.00	25.0	15.0
QHMR/L 20	6.40	4.80	4.80	20.0	20.0	125.00	25.0	18.5
QHMR/L 25	6.40	4.80	4.80	25.0	25.0	140.00	25.0	23.5
QHMR/L 32	6.40	4.80	4.80	32.0	32.0	150.00	25.0	30.2

Рисунок 13 – Канавочный резец

Рекомендуемые режимы резания:

V-150м/мин, f-0.8мм/об, t-3,5мм

Переход 4

Расточить отверстие 14

Державка A325-DCLNL12 [21].

Пластина CNMA120408 RV

Крепление с двойным прижимом

Рекомендуемые режимы резания:

V-90м/мин f-0.25мм/об, t-5.0мм

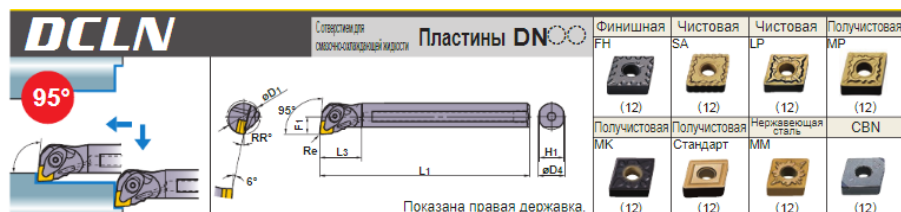


Рисунок 14 – Расточной резец с пластинами

Переход 5

Долбить шлицу 14

Методом обкатки

Долбяк 9372-0210 P6M5K5 m-2 z-12



Рисунок 15 - Долбяк

Рекомендуемые режимы резания

V- 24м/мин f-0.25мм/об

Переход 6

Нарезать зубья венца 12

Пластина 3UEM1.0Z35-54NSGM

Корпус GMD12ND90-22-3UM1-M3

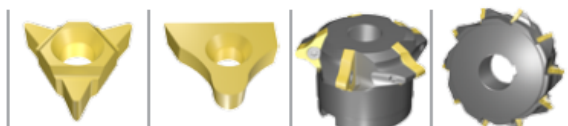
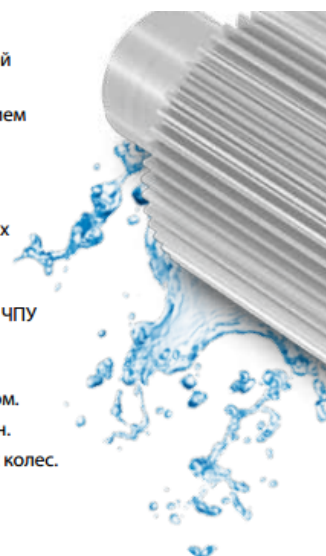
Крепление с помощью винта и торцевого упора

Рекомендуемые режимы резания

V-100м/мин f-0.20мм/об

Отличительные особенности

- Возможность использования одного корпуса инструмента совместно с широкой номенклатурой режущих пластин различного профиля.
- Доступность замены режущих пластин без снятия фрезы со станка, с сохранением при этом точности обработки и сокращением затрат времени на настройку.
- Высокая производительность обработки за счет высоких скоростей резания.
- Большой ресурс инструмента.
- Возможность обработки материалов всех типов, от самых мягких до закаленных сталей (твердостью до 60 HRC).
- Высокая точность обработки (до уровня группы 7 по DIN 3962).
- Возможность обработки зубчатых колес на обычных 4-координатных станках с ЧПУ или зубофрезерных станках с ЧПУ; простота программирования обработки.
- Широкий диапазон охвата модулей зубчатых колес (от 1 до 6 мм).
- Возможность выполнения черновой и чистовой обработки одним инструментом.
- Отсутствие необходимости переточки и многопозиционность режущих пластин.
- Возможность использования для обработки прямозубых и косозубых зубчатых колес.



Режимы резания

	Черновая обработка		Чистовая обработка	
	Скорость резания	Подача	Скорость резания	Подача
	м/мин	мм/зуб	м/мин	мм/зуб
Мягкие стали, до 28 HRC	180	0,35	240	0,12
Стали средней твердости, до 45 HRC	120	0,20	170	0,12
Закаленные стали, до 60 HRC	35	0,05	50	0,04

Рисунок 16 - Фреза

Переход 7

Сверлить 5 отверстий 20.

Сверло MPS1 0600L-Din [21].

Рекомендуемые режимы резания

V—80м/мин f-0.12мм/об

Переход 8

Сверлить отверстие 10шт

Сверло MPS1 0300L-Din [21].

Рекомендуемые режимы резания

$V=100\text{ м/мин}$ $f=0.22\text{ мм/об}$

Элементы режимов резания сведем в таблицу 12 .

Таблица 12 - Элементы режима резания по переходам

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	S _о , мм/об	S _м , мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
Операция 010 Комплексная на ОЦ с ЧПУ					
1	2	3	4	5	6
Установ А					
Переход 1	2	0,6	750	1250	200
Переход 2	1	0,4	566	1420	200
Переход 3	0,1	0,12	57	478	120
Переход 4	2,5	0,28	700	2500	140
Переход 5	4	0,25	900	3600	90
Переход 6	1,3	0,1	106,3	1063	100
Установ Б					
Переход 1	2	0,6	444	740	200
Переход 2	1	0,4	320	796	200
Переход 3	3,5	0,8	800	1000	150
Переход 4	5	0,25	145	573	90
Переход 5	4	0,25	38	153	24
Переход 6	10	0,20	58	292	100
Переход 7	3	0,2	1200	6000	80
Переход 8	1,5	0,25	1320	4700	90

1.4. Технологические расчеты

1.4.1. Расчет припусков

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей и экономию материальных ресурсов.

Есть два основных метода определения припусков на механическую обработки поверхности: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный).

Расчетно-аналитический метод определения припусков

Для проведения расчета припусков выбирается наиболее ответственный размер, в нашем случае это отверстие $\varnothing 35^{+0,008}$ изготовленное по 6 качеству точности.

Таблица 13 - Расчеты припусков

Технологические переходы обработки поверхности вала	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер D_p , мм	Допуск T , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	R_z	h	ρ	ϵ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min_{\text{пр}}}$	$2Z_{\max_{\text{пр}}}$
Заготовка	200	250	1410			49,454	0,25	49,45	49,7		
Черновое точение	50	50	84,6	1	2·1860	45,733	0,1	45,73	45,83	3,72	3,87
Чистовое точение	25	25	56,4	1	2·189,6	45,354	0,039	45,35	45,389	0,38	0,441
Шлифование	5	15	28,2	1	2·106,4	45,142	0,016	45,142	45,158	0,208	0,231

Остаточные пространственные отклонения на обработанную поверхность определяется с помощью коэффициентов уточнения формы:

$$\rho_i = \rho_z \cdot T_i, \quad (9)$$

Величины после коэффициентов уточнения пространственного отклонения следующие:

После чернового точения:

$$\rho_i = 1410 \cdot 0,06 = 84,6,$$

После чистового точения:

$$\rho_i = 1410 \cdot 0,04 = 56,4$$

После шлифования:

$$\rho_i = 1410 \cdot 0,02 = 28,2,$$

Расчетные минимальные значения припусков определяется по формуле:

$$2Z_{min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (10)$$

Минимальный припуск:

После чернового точения:

$$2Z_{min} = 2(200 + 250 + 1410) = 2 \cdot 1860 \text{ мкм}$$

После чистового точения:

$$2Z_{min} = 2(50 + 50 + 84,6) = 2 \cdot 189,6 \text{ мкм}$$

После шлифования:

$$2Z_{min} = 2(5 + 5 + 28,2) = 2 \cdot 106,4 \text{ мкм}$$

Расчетный диаметр:

$$D_{p3} = 45,142 \text{ мм}$$

$$D_{p2} = 45,142 + 2 \cdot 0,1064 = 45,354 \text{ мм}$$

$$D_{p1} = 45,354 + 2 \cdot 0,1896 = 45,733 \text{ мм}$$

$$D_{p3} = 45,733 + 2 \cdot 1,86 = 49,453 \text{ мм}$$

Минимальный диаметр заготовки:

$$D_{min3} = 49,45 \text{ мм}$$

$$D_{min2} = 45,73 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 45,35 \text{ мм}$$

$$D_{min3} = 45,142 \text{ мм}$$

Наибольшие предельные размеры получаются вычитанием припуска

к определенному наименьшему предельному размеру:

$$D_{max i} = D_{min i} + T_i, \quad (11)$$

$$D_{max3} = 45,142 + 0,016 = 45,158 \text{ мм}$$

$$D_{max2} = 45,35 + 0,039 = 45,389 \text{ мм}$$

$$D_{max1} = 45,73 + 0,1 = 45,83 \text{ мм}$$

$$D_{max3} = 49,45 + 0,25 = 49,7 \text{ мм}$$

Предельные отклонения припусков $2Z_{min}^{пр}$ определяются как разность наименьшего предельного размера предшествующего и выполнившего переход:

$$2Z_{min}^{пр} = D_{mini-1} - D_{mini}, \quad (12)$$

$$2Z_{min3}^{пр} = 45,35 - 45,142 = 0,208 \text{ мм}$$

$$2Z_{min2}^{пр} = 45,73 - 45,35 = 0,38 \text{ мм}$$

$$2Z_{min1}^{пр} = 49,45 - 45,73 = 3,72 \text{ мм}$$

$$2Z_{max}^{пр} = D_{maxi-1} - D_{maxi}, \quad (13)$$

$$2Z_{max3}^{пр} = 45,389 - 45,158 = 3,87 \text{ мм}$$

$$2Z_{max2}^{пр} = 45,83 - 45,389 = 0,441 \text{ мм}$$

$$2Z_{max1}^{пр} = 49,7 - 45,83 = 0,231 \text{ мм}$$

Общие припуски $2Z_{omin}$ и $2Z_{omax}$ определяются вычитанием промежуточных припусков:

$$2Z_{omin} = \Sigma Z_{imin}, \quad (14) \quad 2Z_{omax} = \Sigma 2Z_{imax}, \quad (14)$$

$$2Z_{omin} = 0,208 + 0,38 + 3,72 = 4,308 \text{ мм}$$

$$2Z_{omax} = 0,231 + 0,441 + 3,87 = 4,542 \text{ мм}$$

Проверка правильности выполненных расчетов:

$$2Z_{maxi}^{пр} - 2Z_{mini}^{пр} = \delta_{i-1} - \delta_i, \quad (15)$$

$$3,87 - 3,72 = 0,25 - 0,1 = 0,15 \text{ мм}$$

$$0,441 - 0,38 = 0,1 - 0,039 = 0,061 \text{ мм}$$

$$0,231 - 0,208 = 0,039 - 0,016 = 0,023 \text{ мм}$$

Опытно – статистический (табличный) метод расчет припусков.

На остальные обрабатываемые поверхности детали (т. е. на все, кроме одной, рассчитываемой аналитически) припуски, допуски и предельные отклонения на операционные размеры определяются по справочным данным [3].

Таблица 14 - Припуски и допуски на обрабатываемые поверхности

№	Размер детали	Припуск на сторону	Доп. припуск	допуск		размер
1	80	1,6	1,2	+0,9	-0,5	86
2	109	1,5	0,9	+1,1	-0,5	114
3	45	1,6	1,2	+0,9	-0,5	51
4	35	1,6	1,2	+0,8	-0,4	41
5	56	1,6	1,2	+0,8	-0,4	50
6	18	1,6	1,2	+0,8	-0,4	13
7	50	1,4	1,8	+0,9	-0,5	50,5
8	60	1,4	1,8	+0,9	-0,5	60,5
9	28	1,3	1,1	+0,8	-0,4	30,5
10	31	1,3	1,1	+0,8	-0,4	33,5
11	17	1,3	1,1	+0,8	-0,4	19,5
12	78	1,4	1,1	+0,8	-0,4	80,5

1.4.2. Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы (операции) при определенных организационно – технических условиях.

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях серийного и массового производств устанавливаются расчетно – аналитическим методом:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (16)$$

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{об} + t_{от}, \quad (17)$$

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

N – количество деталей в партии, шт;

t_o – основное время, мин;

t_b – вспомогательное время, мин.

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

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

Определим T_o - Установа А на переход 1

Подрезать торец 1, точить поверхность 2,3,4,5

$$\ell_o = 51 + 80,5 + 19,5 + 63 + 5 = 219 \text{ мм}$$

$$l_{вр} + l_{пер} = 6 + 5 + 5 + 6 + 3 = 25 \text{ мм}$$

$$L = 219 + 25 = 244 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{244}{750} = 0,33$$

Остальные переходы рассчитываются аналогично и данные заносим в таблицу 15.

Таблица 15 – Основное время

Операция		L мм	S_m	T_o мин
Комплексная с ЧПУ Установа А	Переход 1	244	750	0,33
	Переход 2	202,5	560	0,36
	Переход 3	143	700	0,20
	Переход 4	22	57	0,39
	Переход 5	37	900	0,04
	Переход 6	25,5	106	1,2
Комплексная с ЦПУ Установа Б	Переход 1	202	444	0,45
	Переход 2	107	320	0,33
	Переход 3	84	145	0,58
	Переход 4	8	800	0,01
	Переход 5	58	38	6,13
	Переход 6	62	58	23,35
	Переход 7	17	1200	0,14
	Переход 8	41,5	1320	0,16

Таблица 16 – Технические нормы времени

Номер и наименование операции	to	тв			тоб		tot	тшт	тп-3	n, шт.	тш-к
		tyc	туп	тиз	трех	топр					
010	33,06	0,9	7,12	5,08	2,76	3,69	1,54	54,15	62	12	59,32

2. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Проектируемый технологический процесс механической обработки детали «Рабочее колесо» предполагает использование токарного обрабатывающего центра 1728С. Данный центр оснащен системой ЧПУ SINUMERIK 840D.

Устройство Sinumerik 840D – это мощная высокопроизводительная система ЧПУ, позволяющая обеспечить выполнение практически любой технологической задачи с самыми высокими требованиями по быстродействию и точности.

Управляющая программа будет включать в себя главные G функции, вспомогательные M функции и CYCLE95.

Таблица 17 – Главные G функции

Команда	Значение
Определение способа задания размеров	
G90	Задание абсолютных размеров
G91	Задание инкрементных размеров
Установка смещения нуля детали	
G54	Активизация первого смещения нулевой точки (нуль детали)
G55, G56, G57	Второе, третье и четвертое смещение нулевой точки
G53	Ликвидация всех смещений нулевой точки (работает по блокам)
G500	Отключение всех смещений нулевой точки
Выбор рабочей плоскости	
G17	Рабочая плоскость в координатах XY
G18	Рабочая плоскость в координатах XZ
G19	Рабочая плоскость в координатах YZ

Окончание таблицы 17

Перемещение инструмента	
G0	Быстрый ход (подвод) инструмента
G1	Прямолинейная интерполяция (рабочее перемещение)
G2 G3	Круговая интерполяция по часовой стрелке Круговая интерполяция против часовой стрелки
Корректировка радиуса инструмента	
G40	Отмена коррекции на радиус инструмента
G41	Коррекция на радиус инструмента слева от контура
G42	Коррекция на радиус инструмента справа от контура
Установка скорости подачи	
G94	Скорость подачи (F) в мм/мин
G95	Скорость подачи (F) в мм/об
Установка скорости резания	
G96	Постоянная скорость резания при точении
G97	Постоянное число оборотов при сверлении и нарезке наружной резьбы
Другие функции	
G4	Активация времени выдержки (пауза)

Таблица 18 – Вспомогательные M функции

Функция	Назначение
M00	Программируемый останов
M01	Останов с подтверждением
M02	Конец управляющей программы с возвратом к началу программы
M03, M04	Вращение шпинделя по/против часовой стрелки

Окончание таблицы 18

M05	Останов шпинделя
M06	Смена инструмента
M08	Включение охлаждения
M09	Выключение охлаждения
M10, M11	Зажим/разжим инструмента
M17	Конец подпрограммы
M19	Останов шпинделя в заданной позиции
M30	Конец ленты
M38M41	Переключение диапазона вращения шпинделя
M60M63	Автоматическая смена палет
M68	Зажим заготовки
M78, M79	Зажим/разжим стола

Разработаем управляющую программу для первой операции 010 «Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ».

Фрагмент управляющей программы представлен в таблице 19

Таблица 19 – Фрагмент управляющей программы

wwp T1 D1 G0 G90 G54 G18 G96 S200 LIMS=2500 m3 CYCLE95("contur",2,1,1,0,100,100,100,9,2,2,5)	Токарная обработка торцов и поверхностей по контуру
wwp T3D1 G0 G90 G54 G18 G96 S250 LIMS=2000 m3 CYCLE93(30,-13,3.5,2,0,0,0,-2.5,0,0,0,0,1,0,5,0)	Точение канавки
wwp T3D1 G0 G90 G54 G18 g96 S250 LIMS=2000 m3 CYCLE93(35,-76.5,3,0.5,0,0,0,-2.5,0,0,0,0,1,0,5,0)	Точение канавки

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Техническое описание

В дипломном проекте разрабатывается совершенствование процесса изготовления детали «Рабочее колесо» на участке механической обработки среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых изделий 1000 шт. в год.

Разработанный тех. процесс обеспечивает - технико-экономические показатели, максимальное использование новейшего высокоточного оборудования.

При разработке были учтены:

- тип производства - серийный
- свойства и особенности обрабатываемого материала
- применение высокоточного прогрессивного инструмента
- разработана управляющая программ

В экономической части произведен расчет по определению эффективности разрабатываемого проекта.

3.2. Расчет капитальных затрат

Размер капитальных вложений определяется по формуле

$$K=K_{об} + K_{прс} + K_{прг}, \quad (18)$$

где $K_{об}$ -капитальные вложения в оборудование, р.;

$K_{прс}$ -капитальные вложения в программное обеспечение, р.;

$K_{прг}$ - капитальные вложения в программное обеспечение, р.

Определение количества технологического оборудования

Количество технологического оборудования определяем по формуле:

$$q=\frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{вн} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (19)$$

где t - штучно-калькуляционное время операции, мин.;

$N_{год}$ –годовая программа выполнения деталей;

$N_{\text{год}}$ - 310 шт. базовый вариант;

$N_{\text{год}}$ -1000 шт. проектируемый вариант;

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

$k_{\text{вн}}$ - коэффициент выполнения норм времени 1,02;

k_3 - нормативный коэффициент загрузки оборудования, для среднесерийного производства $k_3=0,75\div0,85$ и для мелкосерийного $k_3=0,8\div0,9$.

Рассчитаем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле:

$$F_{\text{об}}=F_{\text{н}}\left(1-\frac{K_p}{100}\right), \quad (20)$$

где $F_{\text{н}}$ - номинальный фонд времени работы единицы оборудования (ч);

K_p - потеря номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы %;

Номинальный фонд времени определяется по производственному календарю на текущий год:

365-календарное количество дней

118-количество выходных и праздничных дней

247- количество рабочих дней

3-сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 часов

244-количество рабочих дней продолжительностью 8 часов

Так как Обрабатывающие центры с ЧПУ имеют высокую стоимость и простаивание такого оборудования не экономично – рекомендуется 3-х сменная работа.

- при двухсменной работе (базовый вариант)

$$F_{\text{н}} = (244 \cdot 8 + 3 \cdot 7) \cdot 2 = 3946 \text{ ч}$$

- при трехсменной работе

$$F_{\text{н}} = (244 \cdot 8 + 3 \cdot 7) \cdot 3 = 5919 \text{ ч}$$

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

$$F_{06}=3946 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right)=3867\text{ч} - \text{базовый вариант.}$$

$$F_{06}=5919 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right)=5386\text{ч} - \text{проектируемый вариант}$$

Определяем количество станков для базового варианта по штучно-калькуляционному времени. Данные заносим в таблицу 20.

$$C_{\text{Masturn550}} = \frac{204,59 \cdot 310}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,26 \text{ шт.}$$

$$C_{16K20П} = \frac{70,995 \cdot 310}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,1 \text{ шт.}$$

$$C_{3A151} = \frac{22,554 \cdot 310}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,03 \text{ шт.}$$

$$C_{P251} = \frac{66,484 \cdot 310}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,08 \text{ шт.}$$

$$C_{5M150П} = \frac{30,823 \cdot 310}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,04 \text{ шт.}$$

$$C_{\text{MCV1000}} = \frac{63,55 \cdot 310}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,08 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков для проектируемого варианта по штучно-калькуляционному времени. Данные заносим в таблицу 21.

$$C_{1728C} = \frac{59,32 \cdot 1000}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 0,21 \text{ шт.}$$

После расчета всех операции значений ($T_{шт}$) и (C_p) устанавливаем принятое число рабочих мест (C_n), округляя до ближайшего целого числа (C_p)

Таблица 20 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по базовому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время	Расчетное количество станков	Принимаемое количество станков	$K_{зф}$
Masturn550	204,59	0,26	1	0,26
16K20П	70,995	0,09	1	0,09
3A151	22,554	0,03	1	0,03
P251	66,484	0,08	1	0,08
5M150П	30,823	0,04	1	0,04
MCV1000	63,55	0,08	1	0,08
	$\sum T_{шт-к} = 458,996$		$\sum c = 6$	Средний коэффициент загрузки оборудования 0,096

Таблица 21 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время	Расчетное количество станков	Принимаемое количество станков	$K_{зф}$
1728С	59,32	0,21	1	0,21
	$\sum T_{шт-к} = 59,32$		$\sum c = 1$	

Определение капитальных вложений в оборудование

Таблица 22 - Сводная ведомость по базовому варианту

Наименование оборудования	модель	Кол-во обор.	Мощность кВт		Стоимость одного станка тыс. р.		Стоимость оборудования
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	
1	2	3	4	5	6	7	9
Токарно-винторезный	16K20П	1	11	11	950	95	1045
Зубодолбежный	5M150П	1	10	10	3898,7	389,87	4288,57
Фрезерный с ЧПУ	MCV 1000 POWER 5AX	1	28	28	14762	1476,2	16238,2
Круглошлифовальный	3A151	1	7,5	7,5	500	50	550
Токарный с ЧПУ	Masturn 550CNC	1	17	17	14000	1400	154
Зубофрезерный	P251	1	5	5	500	50	550

Таблица 23 - Сводная ведомость по проектируемому варианту

Наименование оборудования	модель	Кол-во обор.	Мощность кВт		Стоимость одного станка тыс. руб		Стоимость оборудования
			Одного станка	всех станков	цена	монтаж	
1	2	3	4	5	6	7	9
Обработывающий центр	1728С	1	15	15	15000	1500	16500

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 0,21% составляют $0,21 \cdot 16500 = 3465$ тыс. р.

3.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

Технологическая себестоимость определяется по формуле:

$$C = Z_{зп} + Z_{э} + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и}, \quad (21)$$

где $Z_{зп}$ - затраты на заработную плату р.;

$Z_{э}$ - затраты на эл. энергию;

$Z_{об}$ - затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;

$Z_{осн}$ - затраты связанные с эксплуатацией оснастки;

$Z_{и}$ - затраты на малоценный инструмент;

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_{н} + Z_{к} + Z_{тр}, \quad (22)$$

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

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

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

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

Численность станочников определяем по формуле:

$$Ч_{ст} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{mn}}{F_p \cdot 60}, \quad (23)$$

где F_p - действительный годовой фонд времени одного рабочего - 1685ч;

K_{mn} -коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание - 1;

t - штучно-калькуляционное время, ч.;

$N_{год}$ - годовая программа выпуска деталей шт.

Базовый вариант:

$$Ч_{ст1} = \frac{70,995 \cdot 310 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0,22$$

$$Ч_{ст2} = \frac{30,823 \cdot 310 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0,09$$

$$Ч_{ст3} = \frac{63,55 \cdot 310 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0,19$$

$$Ч_{ст4} = \frac{22,554 \cdot 310 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0,07$$

$$Ч_{ст5} = \frac{204,59 \cdot 310 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0,63$$

$$Ч_{ст6} = \frac{66,484 \cdot 310 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0,20$$

Проектируемый вариант:

$$Ч_{ст1} = \frac{59,32 \cdot 1000 \cdot 1}{1685 \cdot 60} = 0.58$$

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

365-колендарное количество дней;

118-выходные и праздничные дни;

247-количество рабочих дней (3-сокращенные предпраздничные-7 часов);

244-продолжительностью 8 часов;

Потери: 28дней очередной отпуск;

2-больничный лист;

6-прочие;

Итого количество рабочих часов составит 1685ч.

Расчет заработной платы основных рабочих при сдельной оплате труда:

$$З_{пр} = C_T \cdot t \cdot k_{mn} \cdot k_{доп} \cdot k_{есн} \cdot k_p,$$

(24)

где C_T - часовая тарифная ставка

t - штучно калькуляционное время(ч);

					ДП 44.03.04.151 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$k_{\text{мн}}$ -коэффициент учитывающий многостаночное обслуживание -0,49;

$k_{\text{доп}}$ - коэффициент учитывающий дополнительную заработную плату-1,05;

$k_{\text{р}}$ -районный коэффициент-1,15;

$k_{\text{есн}}$ - коэффициент учитывающий страховые взносы -1,3;

Базовый вариант:

$$З_{\text{пр1}}=121,4 \cdot 1,17 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=109,24 \text{ р.}$$

$$З_{\text{пр2}}=121,4 \cdot 1,059 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=98,88 \text{ р.}$$

$$З_{\text{пр3}}=121,4 \cdot 0,376 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=35,11 \text{ р.}$$

$$З_{\text{пр4}}=121,4 \cdot 0,513 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=47,90 \text{ р.}$$

$$З_{\text{пр5}}=121,4 \cdot 3,41 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=318,37 \text{ р.}$$

$$З_{\text{пр6}}=121,4 \cdot 1,08 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=103,45 \text{ р.}$$

Проектируемый вариант:

$$З_{\text{пр1}}=121,4 \cdot 0,99 \cdot 0,49 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 1,3=92,43 \text{ р.}$$

Таблица 24 - Затраты на заработную плату основных рабочих

Станок		Наименование операции	Разряд	Штучно-калькуляционное время, мин.	Заработная плата, р.	Расчетная численность
Базовый вариант						
16K20П	1	Токарная	3	70,995	109,24	0,22
MCV 1000 POWER 5AX	2	Фрезерная ЧПУ	3	63,55	98,88	0,19
3A151	3	Шлифовальная	3	22,554	35,11	0,07
5M150П	4	Зубодолбежная	3	30,823	47,9	0,09
Masturn 550CNC	5	Токарная ЧПУ	3	204,59	318,37	0,63
P251	6	зубофрезерная	3	66,484	105,45	0,2
Итого:					714,95	1,4
Проектируемый вариант						
1728С	1	Токарно-фрезерная	3	59,32	92,43	0,58
Итого:					92,43	0,58

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{всп}} = \frac{(C_{\text{т}}^{\text{всп}} \cdot F_{\text{р}} \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{р}})}{N_{\text{год}}}, \quad (25)$$

где $F_{\text{р}}$ - действительный годовой фонд времени одного рабочего-1685ч;

$N_{\text{год}}$ - годовая программа выпуска деталей шт.;

K_p - районный коэффициент-0,15;

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

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

Численность вспомогательных рабочих определяем по формуле:

$$Ч_{\text{всп}} = \frac{q_n \cdot n}{H}, \quad (26)$$

где q_n - расчетное количество оборудования;

n - число смен работы оборудования;

H -число станков обслуживаемым одним наладчиком;

Численность транспортных рабочих составляет -5% от числа основных рабочих.

Численность контролеров составляет -7% от числа основных рабочих.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,58 \cdot 2}{8} = 0,145 \quad 3_{\text{нал}} \frac{96,85 \cdot 1685 \cdot 0,145 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{310} = 107,95$$

$$Ч_{\text{тран}} = \frac{1,4 \cdot 5}{100} = 0,07 \quad 3_{\text{тр}} \frac{70,20 \cdot 1685 \cdot 0,07 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{310} = 37,77$$

$$Ч_{\text{контр}} = \frac{1,4 \cdot 7}{100} = 0,1 \quad 3_{\text{конт}} \frac{85,30 \cdot 1685 \cdot 0,1 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{310} = 65,57$$

В проектируемом варианте наладчик не предусмотрен, наладкой станков занимаются станочники, работающие на них.

$$Ч_{\text{тран}} = \frac{0,58 \cdot 5}{100} = 0,03 \quad 3_{\text{тр}} \frac{70,20 \cdot 1685 \cdot 0,03 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{1000} = 5,01$$

$$Ч_{\text{контр}} = \frac{0,58 \cdot 7}{100} = 0,04 \quad 3_{\text{конт}} \frac{85,30 \cdot 1685 \cdot 0,04 \cdot 1,23 \cdot 1,15}{1000} = 8,13$$

Таблица 25 - Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

Специальность	Часовая тарифная ставка	Базовый вариант		Проектируемый вариант	
		численность	Затраты на изготовление одной детали	численность	Затраты на изготовление одной детали
Наладчик	96,85	0,145	107,95	-	
Транспортировщик	70,20	0,07	37,77	0,03	5,01

Контролер	85,30	0,1	65,57	0,04	8,13
			$\Sigma=211,29$		$\Sigma=13,14$

Определим затраты на заработную плату за год:

Базовый вариант:

$$714,95 + 211,29 = 926,24 \text{ р.}$$

$$926,24 \cdot 310 = 287134,4 \text{ р.}$$

Проектируемый вариант:

$$92,43 + 13,14 = 105,57 \text{ р.}$$

$$105,57 \cdot 1000 = 105570 \text{ р.}$$

Страховые взносы

Страховые взносы составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Базовый вариант } 287134,4 \cdot 0,3 = 86140,32 \text{ р.}$$

$$\text{Проектируемый вариант } 105570 \cdot 0,3 = 31671 \text{ р.}$$

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали-операции, рассчитываются по формуле:

$$З_{\text{э}} = \frac{N_{\text{у}} \cdot k_{\text{Н}} \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_{\text{в}} \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (27)$$

где $N_{\text{у}}$ - установленная мощность главного электродвигателя (паспортные данные) кВт;

$k_{\text{Н}}$ - средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности = 0,2-0,4;

$k_{\text{вр}}$ - средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени (для мелкосерийного производства = 0,4, для среднесерийного производства $k_{\text{вр}} = 0,7$);

$k_{\text{од}}$ - средний коэффициент одновременной работы всех двигателей (при одном двигателе $k_{\text{од}} = 1$, при двух двигателях $k_{\text{од}} = 0,75$);

$k_{\text{в}}$ - коэффициент учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия, $k_{\text{в}} = 1,04 \div 1,08$;

					ДП 44.03.04.151 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		57

k_{BH} - коэффициент выполнения норм, $k_{\text{BH}} = 1,02$;

$\text{Ц}_э$ - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $\text{Ц}_э = 6,38\text{р.}$

Произведем расчет по формулам для базового и проектируемого вариантов.

Для базового варианта станок 16K20П:

$$\text{З}_э = \frac{11 \cdot 0,2 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 70,995}{0,75 \cdot 1,02 \cdot 60} \cdot 6,38 = 9,12\text{р.}$$

Для проектируемого варианта станок 1728С:

$$\text{З}_э = \frac{15 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 59,32}{1 \cdot 1,02 \cdot 60} \cdot 6,38 = 5,69\text{р.}$$

Таблица 26 – Затраты на электроэнергию

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин.	Затраты на электроэнергию, р.
Базовый вариант			
16K20П	11	70,995	9,12
5M150	10	30,823	2,81
MCV 1000	28	63,55	11,68
3A151	7,5	22,554	1,85
Masturn 550	17	204,59	22,84
P251	5	66,484	4,47
Итого:			52,77
Проектируемый вариант			
1728C	15	59,32	20,45
Итого:			20,45

Определим затраты на электроэнергию за год для базового варианта:

$$\text{З}_э = 52,77 \cdot 310 = 16358,7\text{р.}$$

Определим затраты на электроэнергию за год для проектируемого варианта:

$$\text{З}_э = 20,45 \cdot 1000 = 20450\text{р.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем},$$

(28)

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

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

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot Н_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн} \cdot 60'} \quad (29)$$

где $Ц_{об}$ цена единицы оборудования;

$Н_{ам}$ -норма амортизационных отчислений, $Н_{ам}=12\%$ для базового, $Н_{ам}=6\%$ для нового оборудования;

t - штучно калькуляционное время;

$F_{об}$ -годовой действительный фонд работы оборудования, $F_{обБАЗ}=3867$ ч.
и $F_{обНОВ}=3867$ ч;

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

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

Рассчитаем варианты по формулам:

$$C_{ам}(16K20П) = \frac{1045000 \cdot 0,12 \cdot 70,995}{3867 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 44,25 \text{ р.};$$

$$C_{ам}(1728С) = \frac{16500000 \cdot 0,06 \cdot 59,32}{5386 \cdot 0,85 \cdot 1,02 \cdot 60} = 209,6 \text{ р.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 27 по проектируемому в таблицу 28.

Таблица 27 - Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно – калькуляционное время, мин.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
16K20П	1045	1	12	70,995	44,25	11,06
5M150П	4288,57	1	12	30,823	78,85	19,71
MCV 1000	16238,2	1	6	63,55	307,79	25,64

3A151	550	1	12	22,554	7,39	1,85
Masturn	15400	1	6	204,59	939,74	78,31
P251	550	1	12	66,484	21,81	5,45
Итого:					1399,83	142,02

Таблица 28 - Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемый вариант

Мо- дель станка	Стои- мость, тыс. руб.	Количе- ство, шт.	Норма аморти- зационных от- числений, %	Штучно – калькуляци- онное время, ч.	Амортиза- ционные отчисле- ния, руб.	Затраты на ре- монт, руб.
1728С	16500	1	6	59,32	209,6	17,46
Итого:					209,6	17,46

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (29):

$$З_6 = 1399,83 + 142,02 = 1541,85 \text{ р.}$$

$$З_п = 209,6 \text{ р.} + 17,46 = 227,06 \text{ р.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$З_{и} = \frac{Ц_{и} + \beta_{п} \cdot Ц_{п}}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_{п} + 1)} \cdot T_{м} \cdot \eta_{и}, \quad (30)$$

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

$\beta_{п}$ – число переточек;

$Ц_{п}$ – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента;

$T_{м}$ – машинное время;

$\eta_{и}$ – коэффициент случайной убыли инструмента;

$N_{год}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{годБАЗ} = 310$ и $N_{годПРОЕКТ} = 1000$.

В таблице 29 укажем инструмент, используемые в базовом тех. процессе и время работы инструмента.

В таблице 30 укажем инструмент, используемые в проектируемом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 29 - Инструмент используемый в базовом тех. процессе и время его работы

№ операции	Наименование	T _м , мин.	№ операции	Наименование	T _м , мин.
010 015 050	Пластина CNMG120408 Державка DCLNR2020K	29,28	010	Сверло Ø18 ГОСТ10903-77	6,00
015 045	Пластина DNMG150408-VF Державка POJNR2020R	33,08	010	Зенковка Ø20 ГОСТ14953-80	1,05
010	Пластина CCMT09T308-HMP Державка S20S-POUNE11	10,05	095	Сверло Ø6 ГОСТ12121-77	9,46
045	Пластина DNMG110404-GM NC3120 Державка POJNR2020R	35,13	095	Сверло Ø3 ГОСТ 10902-77	18,9
015	Пластина GPI 4.00E-040 IC908 Державка GHIR 25-25-4 6745	14,2	095	Сверло Ø8 ГОСТ10903-77	3,06
050	Пластина ER16-A60 PC3030T Державка ERH 20-16	18,88	085	Долбяк P6M5K5 9372-0210	15,9 6
060, 115	Круг шлифовальный 600х30х305 ГОСТ P52781-2007	1,16	075	Фреза P6M5K5	45,5 9

Таблица 30 - Инструмент используемый в проектируемом тех. процессе и время его работы

№ операции	Наименование	T _м , мин.	№ операции	Наименование	T _м , мин.
1	2	3	4	5	6
010	Пластина SNMA RP MC6025 Державка PSSN2020K12	1.0	010	Пластина MMT16ERA60-S Державка MMTER1616H16-C	0.2 4
010	Пластина SNMA LP MC6025 Державка PSSN2020K12	0.98	010	Фреза 3UEM1.0Z35-54NSGM Корпус GMD12ND90-22-3UM1-M1.5	23. 15
010	Пластина NP-CHMB MC6025 Державка FSCLP1816R/L-09A	0.10	010	Долбяк 9372-0210 P6M5K5	5.3 2

010	Сверло MPS1-0800S-DIN	0.12	010	Пластина GIPI 4.00E-040 IC908 Державка GHIR 25-25-4 6745	0.1 2
010	Сверло MPS1-0300L-DIN-C	0.24	010	Пластина CNMA 120408 RV Державка A325-DCLNR/L12	0.6 6

Окончание таблицы 30

1	2	3	4	5	6
010	Сверло MPS1-0600L-DIN-C	0.16		Пластина GHMPR/L 16 Державка GIP-4.00-20UN	0.2

Таблица 31 - Затраты на эксплуатацию инструмента

Вариант технологического процесса	Режущий инструмент		
	наименование	Цена единицы инструмента, р.	Затраты на эксплуатацию инструмента, р.
1	2	3	4
Базовый вариант	Пластина CNMG120408 Державка DCLNR2020K	4446	1,71
	Пластина DNMG150408-VF Державка POJNR2020R	6888	3,00
	Пластина CCMT09T308-HMP Державка S20S-POUNE11	1893	0,82
	Пластина DNMG110404-GM NC3120 Державка POJNR2020R	4950	2,19
	Пластина GIPI 4.00E-040 IC908 Державка GHIR 25-25-4 6745	6745	1,26
	Пластина ER16-A60 PC3030T Державка ERH 20-16	5300	1,26
	Круг шлифовальный 600x30x305ГОСТ P52781-2007	6000	2,2
	Фреза P6M5K5	2600	0,64
	Сверло Ø18 ГОСТ10903-77	300	0,03
	Зенковка Ø20ГОСТ14953-80	600	0,01
	Сверло Ø6 ГОСТ12121-77	42	0,01
	Сверло Ø3 ГОСТ 10902-77	22	0,02
	Сверло Ø8 ГОСТ10903-77	67	0,006
	Долбяк P6M5K5 9372-0210	5515	0,49
	Итого:		13,646
Проектируемый вариант	Пластина SNMA RP MC6025 Державка PSSN2020K12	7430	0,03
	Пластина SNMA LP MC6025 Державка PSSN2020K12	7430	0,03
	Пластина NP-CHMB MC6025 Державка FSCLP1816R/L-09A	7650	0,003
	Сверло MPS1-0800S-DIN	5000	0,002
	Сверло MPS1-0300L-DIN-C	4100	0,04
	Сверло MPS1-0600L-DIN-C	4500	0,003

	Пластина MMT16ERA60-S Державка MMTER1616H16-C	5975	0,06
	Фреза 3UEM1.0Z35-54NSGM Корпус GMD12ND90-22-3UM1-M1.5	17000	1,61

Окончание таблицы 31

1	2	3	4
	Долбяк 9372-0210 P6M5K5	5515	0,05
	Пластина GIPI 4.00E-040 IC908 Державка GHIR 25-25-4 6745	5650	0,003
	Пластина CNMA 120408 RV Державка A325-DCLNR/L12	6948	0,02
Итого:			1,851

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 32.

Таблица 32 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, р. Базовый вариант	Сумма, р. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	926,24	105,57
Затраты на технологическую электроэнергию	52,77	20,45
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	1541,85	227,06
Затраты на эксплуатацию инструмента	13,646	1,851
Итого:	2534,5	354,9

3.4. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (C_{\text{б}} - C_{\text{пр}}) \cdot N_{\text{год}}, \quad (31)$$

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (2534,5 - 354,9) \cdot 1000 = 2179600 \text{ р.}$$

Срок окупаемости

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (32)$$

$$T = \frac{3465000}{2179600} = 1,6$$

Анализ уровня технологии производства

Анализ уровня технологии производства является составляющей частью анализа организационно - технического уровня производства.

Удельный вес каждой операции может быть определен следующим образом:

$$T_{\text{уд}} = \frac{T^i}{T} \cdot 100\%, \quad (33)$$

где T^i - штучно-калькуляционное время на каждой операции, мин;

T - суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали, мин.

$$T_{\text{уд}}(16K20П) = \frac{70,995}{458,996} \cdot 100\% = 15,46,$$

Результаты будут представлены в таблице 33.

Таблица 33 - Анализ структуры технологического оборудования

Технологический процесс	Оборудование	Удельный вес по штучно - калькуляционному времени, %
Базовый	16K20П	15,46
	5M150П	6,71
	MCV1000	13,84
	3A151	4,91
	Masturn	44,6
	P251	14,48
Итого:		100

Проектируемый	1728С	100
Итого:		100

Доля прогрессивного оборудования может быть определена по его стоимости в общей стоимости используемого оборудования и по количеству. По количеству удельный вес прогрессивного оборудования определяется по формуле:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{пр}}}{q_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (34)$$

где $q_{\text{пр}}$ - количество единиц прогрессивного оборудования, шт;

q_{Σ} - общее количество единиц оборудования, шт.

В базовом: $Q_{\text{пр}} = \frac{2}{6} \cdot 100 = 33,3\%$;

В проектируемом: $Q_{\text{пр}} = 1 \cdot 100 = 100\%$ прогрессивного оборудования.

3.5. Определение экономических показателей разрабатываемого предприятия

К таким показателям относятся:

1) Производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (35)$$

где F_p - действительный фонд времени работы одного рабочего, ч;

$k_{\text{вн}}$ - коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

При базовом:

$$B_6 = \frac{1973 \cdot 1,02 \cdot 60}{458,996} = 263,06 \text{ шт/чел. год}$$

При проектируемом:

$$B_{\text{пр}} = \frac{1973 \cdot 1,02 \cdot 60}{59,32} = 2035,52 \text{ шт/чел. год}$$

2) Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_6}{B_6} \cdot 100\%, \quad (36)$$

где $B_{\text{пр}}, B_6$ – производительность труда соответственно проектируемого и

базового вариантов.

$$\Delta B = \frac{2035,52 - 263,06}{263,06} \cdot 100 = 673\%$$

В таблице 34 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 34 - технико-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменения показателей
		Базовый вариант	Проектируемый вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	310	1000	+690
Количество видов оборудования	шт.	6	1	-5
Капитальные вложения	тыс. руб.	-	3465	-
Трудоемкость детали	н/час.	7,65	0,98	-6,67
Технологическая себестоимость одной детали	руб.	2544,5	354,9	-2179,6
Годовой экономический эффект	руб.	-	2179600	-
Средний коэффициент загрузки оборудования	%	0,096	0,21	+0,114
Рост производительности труда	%	100	773	+673
Срок окупаемости	год		1,6	

Вывод: проведя технико-экономические расчеты для базового и базового технологического процесса механической обработки детали «Рабочее колесо», можно сделать вывод о том, что проектируемый технологический процесс является целесообразным, экономически выгодным по сравнению с базовым. Несмотря на то, что в проектируемом технологическом процессе были задействованы капиталовложения в размере 3465000 рублей, проект себя оправдывает, и окупается за 1,6 года, а также при выполнении полной партии деталей экономится порядка 2179600 рублей.

4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В дипломном проекте рассматриваются вопросы совершенствования технологического изготовления детали «Рабочее колесо». В процессе изготовления детали есть многоцелевые операции выполняемые на станках с числовым программным управлением.

В базовом варианте, для изготовления детали «Рабочее колесо» требовались рабочие не ниже 3 разряда: токарь, фрезеровщик, слесарь. В проектном варианте будет требоваться только оператор станков с ЧПУ 3 разряда.

В связи с внедрением в производство нового технологического процесса появляется необходимость переподготовки рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением» так как станки подобного типа применяются в технологическом процессе обработки деталей, разрабатываемом в настоящем проекте, то следует предусмотреть повышение квалификации и переподготовку рабочих, способных выполнять работы на станках с программным управлением – рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением».

Переподготовка производится на базе ТУ УГМК, который занимается подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации рабочих. На переподготовку отведено 96 часов.

4.1. Анализ нормативной документации

4.1.1. Анализ профессионального стандарта

В настоящее время в России действует профессиональный стандарт по профессии «Оператор - наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утверждённый приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н. Согласно ему основной вид профессиональной деятельности по данной профессии - Наладка обрабатывающих центров с программным управлением и обработка деталей.

Базовая цель деятельности рабочего по профессии «Оператор - наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» - наладка обрабатывающих центров с программным управлением, установка технологической последовательности обработки деталей, выявление неисправностей в работе оборудования, обработка деталей.

Профессиональный стандарт относится к группе профессий 7223 - Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования, вид экономической деятельности – 92 - Производство машин и оборудования.

Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным Управлением, согласно профессиональному стандарту 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 35 приведено описание трудовых функций оператора - наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 35 - Описание трудовых функций оператора - наладчика обрабатывающих центров

Обобщённые трудовые функции			Трудовые функции		
Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (под-уровень) квалификации
1	2	3	4	5	6
А	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8 - 14 квалитетам	А/01.2	2
			Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	А/02.2	2
			Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	А/03.2	2
			Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	А/04.2	2
			Подналадка обрабатывающего центра с	А/05.2	2

			ЧПУ в процессе работы		
--	--	--	-----------------------	--	--

Окончание таблицы 35

1	2	3	4	5	6
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8 - 14 квалитетам	A/06.2	2
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2
			Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам	B/01.3	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	B/02.3	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с проверкой их в различных плоскостях	B/03.3	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам	B/04.3	3
	С	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/01.4	4
			Обработка отверстий	C/02.4	4

	обработка сложных деталей		и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше изготовления		
--	---------------------------	--	--	--	--

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

Анализ праведен в таблице 36.

Таблица 36 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности»

Наименование	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	Код	В	уровень квалификации	3
Возможные наименования должностей, профессий	Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации				
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.				

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.151 ПЗ					

	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте
--	---

Окончание таблицы 36

Дополнительные характеристики		
Наименование документа	Код	Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности
ОКЗ	7223	Станочники и наладчики металлообрабатывающих станков
ЕТКС	§ 45	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-го разряд
ОКНПО	010703	Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением

В диплом проекте рассматривается деталь средней степени сложности, требующая высокого уровня сформированности умений программирования обработки, поэтому остановимся на второй трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на третьем уровне (подуровне) квалификации.

Анализ праведен в таблице 37.

Таблица 37 – Анализ трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	В/02.3	Уровень квалификации	3
Трудовые действия	Корректировка чертежа изготавливаемой детали				
	Выбор технологических операций и переходов обработки				
	Выбор инструмента				
	Расчет режимов резания				
	Определение координат опорных точек контура детали				
	Составление управляющей программы				
Необходимые умения	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)				
	Изменять параметры стойки ЧПУ станка				
	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей				

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.151 ПЗ					

Необходимые знания	Органы управления и стойки ЧПУ станка
	Режимы работы стойки ЧПУ
	Системы графического программирования
	Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами
Другие характеристики	-

В итоге анализа данной трудовой функции можно проанализировать учебный план переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в ТУ УГМК.

4.1.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением 3 разряда

Учебный план переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением в рамках учебного центра предприятия рассчитан на срок обучения = 96 часов и включает учебные занятия теоретического и практического обучения, а также квалификационный экзамен.

Базовые профессии – слесарь, фрезеровщик, токарь. Уровень квалификации оператора после переподготовки – 3 разряд. Учебный план приведен в таблице 38.

Таблица 38 – Учебный план переподготовки по профессии оператор станков с ЧПУ 3 разряда

№	Название учебного предмета	Кол-во часов
1	Станки с программным управлением	22
2	Основы программирования процесса обработки деталей	26
3	Наладка станков с программным управлением	16
4	Производственное обучение	26
5	Квалификационный экзамен	6
ИТОГО		96

Переподготовка производится на базе ТУ УГМК.

ТУ УГМК имеет право ведения образовательной деятельности по профессиональной подготовке рабочих и дополнительном профессиональном образовании (повышение квалификации) в соответствии с лицензией Министерства общего и профессионального образования рег.№1727 от 28.10.15 г.

Для обеспечения качественного процесса обучения – ТУ УГМК имеет учебно-материальную базу в составе:

- учебные кабинеты, лаборатории, компьютерные классы;
- учебно-методический кабинет;
- электронная библиотека;
- столовую;

В рамках учебного плана предусмотрен учебный предмет «Основы программирования процесса обработки деталей». Рабочая программа этого предмета приведена в таблице 39.

Таблица 39 – Тематический план предмета «Основы программирования процесса обработки деталей»

Название темы	Общее количество часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение
Введение	2	2	
Общие сведения о программах и программном коде	2	2	
Построение и принцип функционирования Управляющих программ.	4	2	2
Типы систем ЧПУ. Схема построения систем ЧПУ	6	6	
Программирование токарной обработки детали на станках с ЧПУ	4	2	2
Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ.	4	2	2
Программирование фрезерной обработки детали на станках с ЧПУ	4	2	2

Итого:	26	18	8
--------	----	----	---

Из программы выбираю тему теоретического занятия «Программирование токарной обработки детали на станках с ЧПУ». Далее проведём анализ темы «Программирование токарной обработки детали на станках с ЧПУ».

Данная тема рассчитана на 1 урок теоретического обучения и 1 практического (1 занятие- 2 часа).

Тема направлена на изучение особенностей построения управляющих программ в системах ЧПУ. Основные вопросы, которые будут рассматриваться в теме «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ»:

- 1) Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik».
- 2) Циклы снятия припуска, точения канавки, резьбовой выточки, нарезания резьбы, центрованы, сверления.

4.2. Разработка методики и методического обеспечения занятия по теме: «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»»

Тема занятия: «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»».

Цели занятия:

Обучающая: сформировать у учащихся знания циклов программирования токарной обработки деталей.

Развивающая: развить целеустремлённость и волю при выполнении запланированной работы.

Воспитательная: воспитать бережное отношение к используемому оборудованию и инструменту.

Тип урока: комбинированный

Методы обучения - рассказ, беседа, демонстрация презентации, самостоятельная работа по изучению презентации, самостоятельная работа по заполнению рабочей тетради.

Средства обучения - презентация, персональные компьютеры, обеспечение для самостоятельной работы обучающихся.

В рамках дипломного проекта разработаем первый урок – урок теоретического обучения по теме «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»».

Таблица 40 – Модель деятельности преподавателя и обучающихся на уроке теоретического обучения по «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»»

Этап урока	Деятельность преподавателя	Деятельность учащихся
Организационный этап (5 мин.)	Приветствие. Проверка присутствующих. Использование 1-го слайда презентации, на котором сформулирована тема урока.	Приветствуют преподавателя. участвуют в переключке. Переписывают в тетради с 1-го слайда тему урока
Мотивация (5 мин.)	Рассказывает о важности темы	Слушают преподавателя
Актуализация опорных знаний (5 мин.)	Задаёт вопросы, анализирует ответы.	Отвечают на вопросы
Объяснение нового материала (40 мин.)	Объясняет новый материал, демонстрирует слайды в ходе объяснения. Рассказывает об основных циклах точения. Поясняет параметры каждого из них и правильность их заполнения.	Переписывают со слайдов в тетрадь название циклов, параметры обработки.
Закрепление полученных знаний (30 мин.)	Выдает задания для работы на тренажёрах.	Выполняют задания на тренажёрах: - заполняют параметры цикла; - строят контур; - пишут программу токарной обработки, используя циклы.
Заключительная часть (5 мин.)	Подводит итоги занятия, задаёт вопросы, объявляет тему следующего занятия.	Слушают, отвечают на вопросы, прощаются.

4.2.1. План - конспект теоретического урока на тему «Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»».

Организационная часть

Здравствуйте, уважаемые учащиеся. Давайте проверим посещаемость нашего занятия. Тема сегодняшнего занятия «Программирование токарной

обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»». Данная тема рассчитана на 2 урока теоретического обучения, а также на 2 практических занятия. Сегодня, на занятии, мы с вами рассмотрим основные циклы токарной обработки их параметры: цикл снятия припуска Cycle 95, цикл точения канавки Cycle 93, Cycle 94.

Мотивация студентов

Оператор станков с ЧПУ на сегодняшний день должен хорошо разбираться в области управляющих программ. Для системы ЧПУ «Siemens Sinumerik» разработан ряд стандартных циклов, облегчающих процесс разработки управляющей программы. Сегодня мы изучим с вами программирование токарной обработки с использованием стандартных циклов.

Актуализация знаний

На предыдущих занятиях мы рассмотрели общие сведения о программах и программном управлении. На сегодняшнем занятии мы переходим к изучению особенностей программирования токарной обработки, но перед тем вспомним основные моменты из пройденного материала на предыдущем занятии.

Вопросы для актуализации опорных знаний:

Что такое управляющая программа?

Что в нее входит?

Что такое программный код?

План-конспект учебного материала

Циклы – это технологические подпрограммы, с помощью которых можно реализовывать определённые процессы обработки.

Цикл снятия припуска – CYCLE 95

С помощью CYCLE 95 обрабатывают контур наружный и внутренний, ранее запрограммированный в подпрограмме, токарными проходным или расточным резцами. Данным циклом программируется черновое и чистовое точение.

В управляющей программе CYCLE 95 записывается отдельным кадром: CYCLE 95 (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, VRT).

Для создания CYCLE 95 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Stock removal» («V3»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 95 с набором параметров.

Описание параметров CYCLE 95

NPP – в этом параметре задается подпрограмма контура, для которого создается цикл.

Operation – в этом параметре выбирается вид обработки: черновая, чистовая, комбинированная.

Selection (1) – в этом параметре выбирается направление обработки: вдоль оси X (Face) или вдоль оси Z (Long).

Selection (2) – в этом параметре выбирается обрабатываемая поверхность: наружная (Outside) или внутренняя (Inside).

Selection (3) – в этом параметре определяется, необходима ли подтяжка инструмента в конце рабочего хода.

MID – этим параметром определяется максимально возможная глубина резания при черновой обработке. Цикл самостоятельно рассчитывает действи-

тельную величину глубины резания в данный момент, лежащую в пределах между запрограммированной глубиной резания и половиной от ее значения.

FALZ, FALX, FAL – припуск на чистовое точение. Значения присваиваются соответственно по осям Z, X и параллельно контуру (для наклонных поверхностей). Черновая обработка проводится до указанного чистового припуска. Нецелесообразно программировать все три параметра в этом случае значения будут складываться. Программируются либо значения для FALZ, FALX и 0 для FAL, либо наоборот. Если припуск на чистовую обработку не запрограммирован, то черновая обработка будет выполняться до окончательного контура.

FF1, FF2, FF3 – в этих параметрах задают значение подачи. FF1 – подача на черновую обработку; FF2 – подача на врезание; FF3 – подача на чистовую обработку.

DT и DAM – время выдержки и длина пути обработки соответственно. В параметре DAM задается значение длины пути, через которое необходимо останавливать инструмент на величину DT (в секундах) с целью облома стружки при черновой обработке.

VRT – путь отвода. В этом параметре программируется расстояние, на которое будет происходить отвод инструмента по обеим осям при черновой обработке.

Программирование контура детали для CYCLE 95

Контур создается как отдельная подпрограмма в той же папке, что и главная программа, содержащая CYCLE 95. Файл подпрограммы с контуром должен иметь расширение .SPF и название аналогичное тому, которое записано в CYCLE 95 в параметре NPP. Например, если в CYCLE 95 в параметре NPP записано «CONTUR», то файл подпрограммы будет иметь название CONTUR.SPF.

Для создания контура необходимо сделать следующее:

- создать файл с расширением .SPF в папке с той деталью, для которой пишется программа (после создания файл автоматически откроется);
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Contour» («H2»);

- нажать в вертикальном ряду кнопку «Generate contour» («V2»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно Editor Contour entry, в котором необходимо задать стартовую точку контура. В зависимости от вида обработки необходимо выполнить следующее:

- выбрать рабочую плоскость (по умолчанию стоит G18 – плоскость для токарной обработки);
- определить по чертежу детали, в каких параметрах даны диаметральные размеры (по умолчанию стоит в диаметрах – DIAMON); если в радиусах, то включить DIAMOFF;
- определить координаты начала контура относительно нуля детали (по умолчанию – координаты стартовой точки X0 Z0);
- определить вариант подвода инструмента к заготовке (по умолчанию – подвод к стартовой точке на быстром ходу, G0).

После установки параметров для стартовой точки в вертикальном ряду нажать кнопку «Accept element» («V8»), после чего откроется окно для создания контура, где параметры стартовой точки зафиксируются, и в вертикальном ряду будут предложены виды линий (вертикальная, горизонтальная, диагональ и дуга) для прорисовки контура детали.

При нажатии кнопки с изображением вертикальной линии («V2») откроется окно (рис. 38), где необходимо указать координату X в диаметральном размере или в радиусах, в зависимости от параметров стартовой точки. При необходимости указать размер фаски или радиус.

При нажатии кнопки с изображением горизонтальной линии («V3») откроется окно, где необходимо указать координату Z (с учётом знака). При нажатии кнопки с изображением диагональной линии («V4») откроется окно, где необходимо указать или координаты X и Z, или одну из координат и угол α_1 .

При нажатии кнопки с изображением дуги («V5») откроется окно, где необходимо указать параметры дуги: радиус R, координаты конечной точки X и Z или параметры дуги I и K.

Введенные параметры каждой линии необходимо подтверждать нажатием в вертикальном ряду кнопки «Accept element» («V8»). После создания всего контура следует нажать в вертикальном ряду кнопку «Accept contour» («V8»), после чего рабочее окно создания контура закроется, и система преобразует графическую информацию в код ISO 7bit.

Цикл точения канавки – CYCLE 93

В CYCLE 93 программируется обработка прямоугольных, трапециевидных и радиусных канавок канавочными резцами. Цикл используется после черновой или чистовой обработки поверхности.

В управляющей программе CYCLE 93 записывается отдельным кадром: CYCLE 93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, RCO1, RCO2, RC11, RC12, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VARI).

Для создания цикла CYCLE 93 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Groove» («V5»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 93 с набором параметров.

Описание параметров CYCLE 93

Selection (1) – в этом параметре выбирается местоположение канавки: на радиальной или торцевой поверхности.

Selection (2) – в этом параметре определяется поверхность для обработки канавки: наружная (Outside) или внутренняя (Inside)).

Start. point – в этом параметре определяется сторона канавки: правая (right) или левая (left), относительно которой будут заданы координаты стартовой точки.

SPD – начальная точка по оси X. Диаметр поверхности, на которой находится канавка (задается без знака).

SPL – начальная точка по оси Z. Расстояние до выбранной стороны канавки.

WIDG – ширина канавки на дне (задается без знака). Она должна быть больше или равна ширине режущей кромки резца. Если ширина канавки на дне превышает размер режущей кромки инструмента, то канавка обрабатывается за несколько шагов с равномерным перекрыванием.

DIAG – глубина выточки относительно стартовой точки.

STA1 – угол между контуром поверхности, на которой находится канавка, и осью вращения (ось Z). Диапазон: 0° STA1 180° .

ANG1, ANG2 – угол профиля на боковых сторонах канавки. Диапазон: 0° ANG $89,999^{\circ}$.

RO1/CO1, RO2/CO2 – радиус/фаска на наружных углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.

RI1/CI1, RI2/CI2 – радиус/фаска на внутренних углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.

FAL1 – припуск на чистовую обработку на дне канавки.

FAL2 – припуск на чистовую обработку на профиле канавки.

IDEP – глубина врезания. После каждого врезания производится отвод инструмента назад на 1 мм для облома стружки. Величина врезания программируется в любом случае.

DTB – выдержка времени на дне канавки (в секундах). Инструмент поднимается из выточки после запрограммированной остановки. Выдержка времени на дне канавки выбирается так, чтобы произошёл минимум один оборот шпинделя.

Selection (3) – способ расчёта фаски.

VRT – переменное расстояние отвода от контура.

Цикл точения канавки – CYCLE 94

CYCLE 94 применяется для программирования канавок, используемых для выхода металлорежущего инструмента. Данный цикл выполняет обработку

выточки для диаметров обработанных деталей более 3 мм. Для обработки используются инструменты только с позицией резца 1, 2, 3, 4.

В управляющей программе CYCLE 94 записывается отдельным кадром:

CYCLE 94 (SPD, SPL, FORM).

Для создания цикла CYCLE 94 необходимо сделать следующее:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Undercut» («V6»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Form» E, F («V3»).

В результате произведённых действий откроется рабочее окно CYCLE 94 с набором параметров.

Описание параметров CYCLE 94

SPD – начальная точка по оси X (без знака). Данный параметр определяет диаметр выточки на обработанной детали.

SPL – начальная точка по оси Z. Этот параметр определяет чистовой размер (плечо) по оси Z.

FORM – в данном параметре определяется форма выточки. Форма E устанавливается, если в дальнейшем обрабатывается только цилиндрическая поверхность, форма F – если далее обрабатываются две поверхности: цилиндрическая совместно с торцевой.

VARI – определение позиции выточки.

Закрепление нового материала

Итак, на сегодняшнем занятии мы рассмотрели основные циклы программирования токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik». Я вас прошу занять места за компьютерами и запустить программу «SinuTrain», которая в свою очередь является симулятором стойки с ЧПУ «Siemens Sinumerik», чтобы выполнить задание на закрепление изученного материала.

Сейчас я вам раздам каждому задание. Ваша задача заполнить графы циклов, в соответствии с заданием. Будьте внимательны при выполнении данной работы.

На рис. 17 представлено окно симулятора «SinuTrain», а именно, окно с открытым CYLCE 95, где обучающиеся должны заполнить параметры цикла.

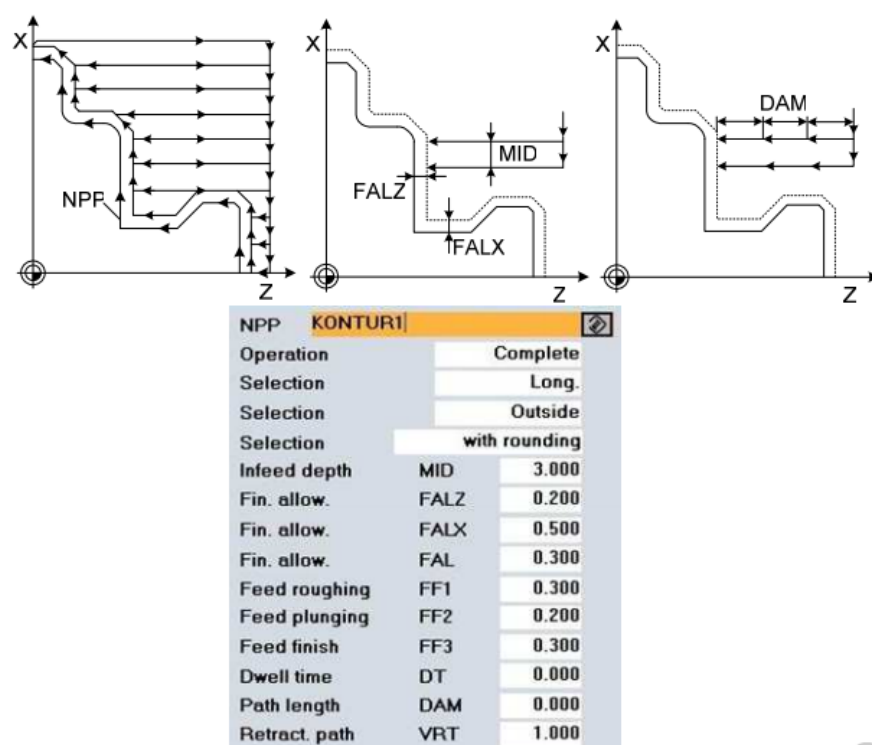


Рисунок 17 - Окно симулятора «SinuTrain»

Далее преподаватель проверяет правильность заполнения графа цикла, отвечает на вопросы, корректирует обучающихся, формируя правильность полученных знаний.

Заключительная часть

На сегодняшнем занятии мы рассмотрели циклы токарной обработки: CYCLE 95, CYCLE 93, CYCLE 94. В заключении, я предлагаю вам ответить на несколько вопросов:

Что такое цикл?

Для чего он служит?

Назовите область применения каждого цикла?

Для чего служит каждый цикл?

Какими параметрами обладает CYCLE 95?

Как создать контур?

Где необходимо применять контур, в каком цикле?

Назовите отличия CYCLE 93 от CYCLE 94.

Во время опроса преподаватель при неправильных ответах помогает обучающимся, направляет их на правильные ответы. В заключении дает домашнее задание: повторить пройденный материал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время наибольшее число оборудования на предприятиях является устаревшим, а это означает, что и технологии механической обработки деталей являются устаревшими. На данный момент предприятия стараются переходить на современное оборудование, а именно: универсальные станки заменяют на обрабатывающие центры с ЧПУ.

Задачи, которые были поставлены при выполнении выпускной квалификационной работы, были выполнены:

- Проанализирован базовый технологический процесс, выявлены его недостатки;

- При проектировании совершенно нового технологического процесса механической обработки детали «Рабочее колесо», удалось добиться:

- 1) Сокращения времени обработки детали.

- 2) Сокращения количества операций механической обработки: было- 11, стало- 1.

- 3) Экономии средств предприятия на обработку детали «Рабочее колесо» за счет изменения способа получения исходной заготовки, применении современного обрабатывающего центра с ЧПУ 1728С, за счет прогрессивного, стойкого инструмента.

- Разработана методика на переобучения станочников универсальных станков на обрабатывающие центры с ЧПУ SINUMERIK.

Задачи, которые были выполнены в выпускной квалификационной работе, позволили добиться главной цели: усовершенствовать технологический процесс механической обработки детали «Рабочее колесо»

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя В 3-х т. Т. 2. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 559 с.
2. Безъязычный, В.Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник для вузов [Гриф УМО] / В. Ф. Безъязычный. – М.: Машиностроение, 2013. – 566 с. – (Режим доступа:<http://e.lanbook.com/view/book/6747>)
3. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные.
4. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н.В. Бородина, Г.Ф. Бушков. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-т, 2011. 90 с.
5. Допуски и посадки: Справочник[Текст] Ч. 1 / Под ред. В.Д. Мягкова. В 2-х ч. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 – 544 с.
6. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения[Текст]: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.
7. Аверченков В.И. Технология машиностроения. Сборник задач и упражнений / Под общ. ред. Е.А. Польского.- 2-е изд., перераб. и доп.– М.: ИНФРА-М, 2005.- 288 с.
8. Марков Н.Н. и др. Нормирование точности в машиностроении: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Высш. шк., Издат. Центр «Академия», 2001. 335с.
9. Мирошин Д.Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ [Текст]: Учеб. пособие. / Д.Г. Мирошин, Т.В. Шестакова, О.В. Костина, Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2009. 96 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительного для техни-

ческого нормирования станочных работ: Сер. Пр-во М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.

11. Локтев А.Д., Гущин И.Ф., Батуев В.А. и др. «Общемашиностроительные нормативы режимов резания». Справочник: В 2-х т.: Т. 1, Т. 2 / – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.: ил.

12. Технология конструкционных материалов [Текст : Электронный ресурс] : учебник для вузов [Гриф УМО] / [Ю. М. Барон и др.] ; под ред. Ю. М. Барона. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2015. - 511 с. - Режим доступа:<http://ibooks.ru/reading.php?productid=28490>

13. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] / П.А Руденко. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985.-255с.

14. Серебrenицкий, П.П. Программирование автоматизированного оборудования [Текст] / П.П. Серебrenицкий, А.Г. Схиртладзе - М.: Дрофа, 2008. – Ч1. 576 с.

15. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003 г. 914 с., ил.

16. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003 г. 944 с., ил.

17. Справочник технолога машиностроителя [Текст]. Т. 1 / Под ред. А.Н. Малова. В 2т. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972 – 568 с.

18. Техническое описание станка [Электронный ресурс] 1728С.

19. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах) [Текст]: учеб. пособие /Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 66 с.

20. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения: Учебное пособие. – 4-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2005. 155 с.

21. Электронный каталог «Mitsubishi», 2015.

22. Электронный каталог «Vargus», 2013.

23. Электронный каталог «Iscar», 2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Перечень графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Количество листов	Примечания
Рабочее колесо (поковка)	ДП 44.03.04.151.01	A2	1	
Рабочее колесо	ДП 44.03.04.151.02	A2	1	
Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.151	A1	5	
Фрагмент управляющей программы	ДП 44.03.04.151	A1	1	
Технико-экономические расчеты	ДП 44.03.04.151	A1	1	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Комплект документации технологического процесса

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Комплект слайдов

Программирование токарной обработки на станках с ЧПУ «Siemens Sinumerik»

Токарная обработка — это механическая обработка резанием наружных и внутренних поверхностей вращения.

Циклы- это технологические подпрограммы, с помощью которых можно реализовывать определённые процессы обработки.

План занятия:

1. Цикл снятия припуска - CYCLE 95. Параметры. Программирование контура детали.
2. Цикл точения канавки -CYCLE 93, CYCLE 94. Параметры.

Цикл снятия припуска – CYCLE 95

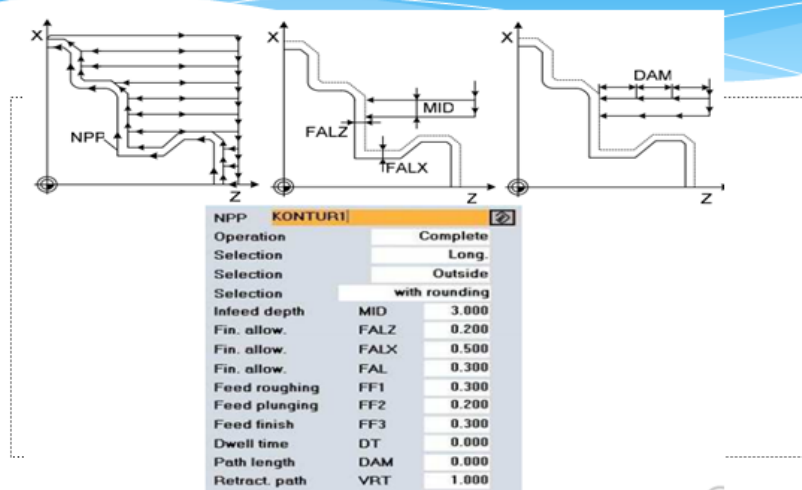
С помощью CYCLE 95 обрабатывают контур наружный и внутренний, ранее запрограммированный в подпрограмме, токарными проходным или расточным резцами. Данным циклом программируется черновое и чистовое точение.

Создание CYCLE 95

Для создания CYCLE 95 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Stock removal» («V3»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 95 с набором параметров.



Параметры CYCLE 95

- * NPP – в этом параметре задается подпрограмма контура, для которого создается цикл.
- * Operation – в этом параметре выбирается вид обработки: черновая, чистовая, комбинированная.
- * Selection (1) – в этом параметре выбирается направление обработки: вдоль оси X (Face) или вдоль оси Z (Long).
- * Selection (2) – в этом параметре выбирается обрабатываемая поверхность: наружная (Outside) или внутренняя (Inside).
- * Selection (3) – в этом параметре определяется, необходима ли подтяжка инструмента в конце рабочего хода.
- * MID – этим параметром определяется максимально возможная глубина резания при черновой обработке.

Программирование контура детали для CYCLE 95

Для создания контура необходимо сделать следующее:

- создать файл с расширением .SPF в папке с той деталью, для которой пишется программа (после создания файл автоматически откроется);
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Contour» («H2»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Generate contour» («V2»).

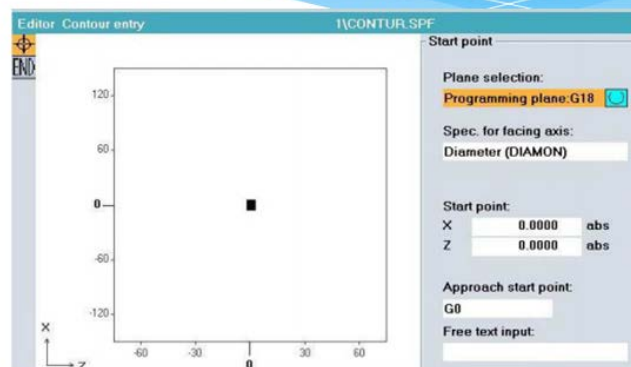
- * FALZ, FALX, FAL – припуск на чистовое точение.
- * FF1, FF2, FF3 – в этих параметрах задают значение подачи. FF1 – подача на черновую обработку; FF2 – подача на врезание; FF3 – подача на чистовую обработку.
- * DT и DAM – время выдержки и длина пути обработки соответственно.
- * VRT – путь отвода.

В результате проделанных действий откроется рабочее окно Editor Contour entry, в котором необходимо задать стартовую точку контура. В зависимости от вида обработки необходимо выполнить следующее:

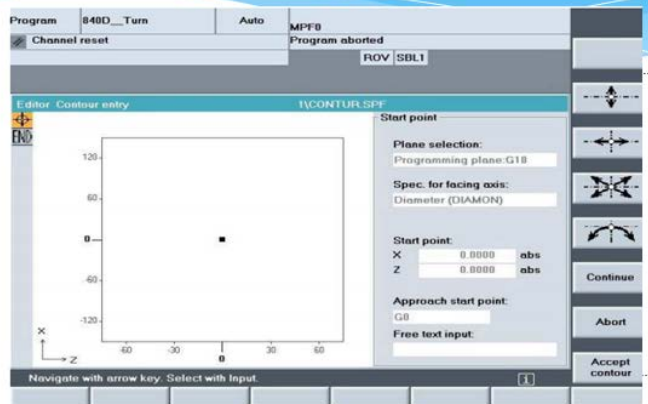
- выбрать рабочую плоскость (по умолчанию стоит G18 – плоскость для токарной обработки);
- определить по чертежу детали, в каких параметрах даны диаметральные размеры (по умолчанию стоит в диаметрах – DIAMON); если в радиусах, то включить DIAMOFF;

- определить координаты начала контура относительно нуля детали (по умолчанию – координаты стартовой точки X0 Z0);
- определить вариант подвода инструмента к заготовке (по умолчанию – подвод к стартовой точке на быстром ходу, G0).

Окно ввода параметров стартовой точки контура



Окно ввода видов линий для создания контура детали



Создание CYCLE 93

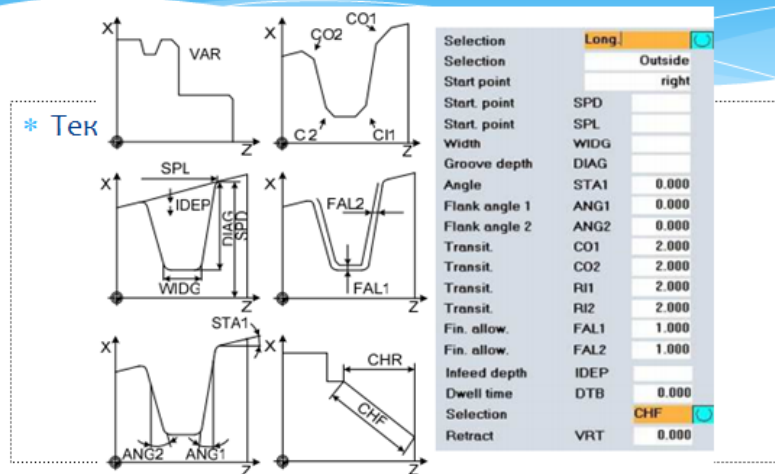
Для создания цикла CYCLE 93 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Groove» («V5»).

Цикл точения канавки – CYCLE 93

В CYCLE 93 программируется обработка прямоугольных, трапециевидных и радиусных канавок канавочными резцами. Цикл используется после черновой или чистовой обработки поверхности.

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 93 с набором параметров.



Параметры CYCLE 93

- * Selection (1) – в этом параметре выбирается местоположение канавки: на радиальной или торцевой поверхности.
- * Selection (2) – в этом параметре определяется поверхность для обработки канавки: наружная (Outside) или внутренняя (Inside)).
- * Start. point – в этом параметре определяется сторона канавки: правая (right) или левая (left), относительно которой будут заданы координаты стартовой точки.
- * SPD – начальная точка по оси X. Диаметр поверхности, на которой находится канавка (задается без знака).

- * SPL – начальная точка по оси Z. Расстояние до выбранной стороны канавки.
- * WIDG – ширина канавки на дне (задается без знака).
- * DIAG – глубина выточки относительно стартовой точки.
- * STA1 – угол между контуром поверхности, на которой находится канавка, и осью вращения (ось Z). Диапазон: 0° STA1 180° .
- * ANG1, ANG2 – угол профиля на боковых сторонах канавки. Диапазон: 0° ANG $89,999^{\circ}$.

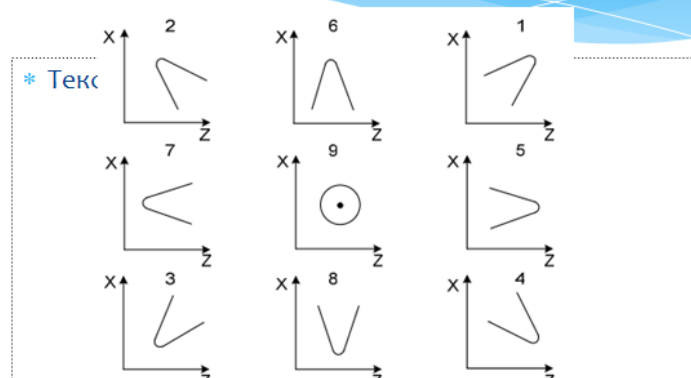
- * RO1/CO1, RO2/CO2 – радиус/фаска на наружных углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.
- * RI1/CI1, RI2/CI2 – радиус/фаска на внутренних углах канавки. Если радиус – знак положительный; если фаска – отрицательный.
- * FAL1 – припуск на чистовую обработку на дне канавки.
- * FAL2 – припуск на чистовую обработку на профиле канавки.
- * IDEP – глубина врезания.

- * DTB – выдержка времени на дне канавки (в секундах).
- * Selection (3) – способ расчёта фаски.
- * VRT – переменное расстояние отвода от контура.

Цикл точения канавки – CYCLE 94

CYCLE 94 применяется для программирования канавок, используемых для выхода металлорежущего инструмента.

Данный цикл выполняет обработку выточки для диаметров обработанных деталей более 3 мм. Для обработки используются инструменты только с позицией резца 1, 2, 3, 4.

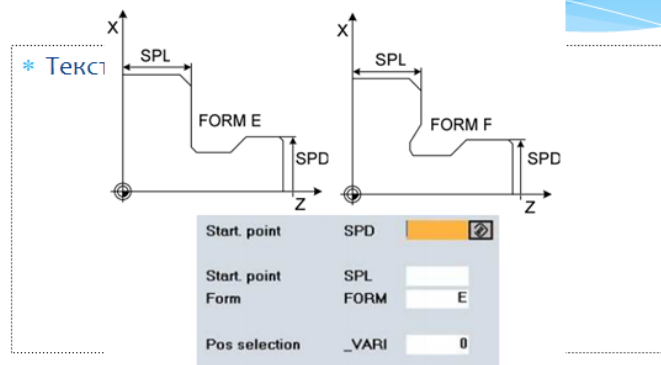


Создание CYCLE 94

Для создания цикла CYCLE 94 необходимо выполнить следующие действия:

- установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- нажать в горизонтальном ряду кнопку «Turning» («H5»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Undercut» («V6»);
- нажать в вертикальном ряду кнопку «Form» E, F («V3»).

В результате проделанных действий откроется рабочее окно CYCLE 94 с набором параметров.



Параметры CYCLE 94

- * SPD – начальная точка по оси X (без знака).
- * SPL – начальная точка по оси Z.
- * FORM – в данном параметре определяется форма выточки.
- * VARI – определение позиции выточки.

Вопросы для закрепления

1. Что такое цикл?
2. Для чего он служит?
3. Назовите область применения каждого цикла?
4. Для чего служит каждый цикл?
5. Какими параметрами обладает CYCLE 95?
6. Как создать контур?
7. Где необходимо применять контур, в каком цикле?
8. Назовите отличия CYCLE 93 от CYCLE 94.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Чертеж для создания циклов

