

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ»

Дипломный проект  
по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 662

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

Институт инженерного-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики  
профессионального обучения

Заведующий кафедрой ТМС  
Бородина

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ

\_\_\_\_\_ Н.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ»

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по направлению подготовки 44.03.04  
Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
профилизации «Технологии и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР:662

Исполнитель:  
Студент группы ЗТО-501

А.В. Селиванов

Руководитель:  
доцент, к.т.н.

В.П.Суриков

Екатеринбург 2016

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: содержит 135 листов, 8 рис, 34 таблиц, 31 источника, 7 листов чертежей и плакатов.

ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

В проекте предлагается новый вариант технологического процесса обработки детали «Фланец» с применением современного высокотехнологичного оборудования, инструмента и технологической оснастки.

Разработана управляющая программа для комбинированного обрабатывающего центра с ЧПУ.

Выполнено технико-экономическое обоснование проекта и представлены необходимые расчеты.

Так же произведена методическая разработка по повышению квалификации станочников с ЧПУ

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 3    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 5   |
| 1.АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ О ДЕТАЛИ.....                                  | 7   |
| 1.1. Анализ исходных данных .....                                       | 7   |
| 1.2. Анализ технических требований к детали.....                        | 7   |
| 1.3. Анализ технологичности детали.....                                 | 8   |
| 1.4.Анализ базового технологического процесса.....                      | 12  |
| 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....   | 15  |
| 2.1. Расчет по объему выпуска и определение типа производства.....      | 15  |
| 2.2. Выбор заготовки.....   | 17  |
| 2.3. Выбор технологических баз и последовательности обработки . . . . . | 21  |
| 2.4.Выбор методов обработки поверхностей заготовки.....                 | 24  |
| 2.5. Выбор оборудования.....  | 26  |
| 2.6.Выбор технологического оснащения.....                               | 29  |
| 2.7. Расчет припусков на механическую обработку.....                    | 31  |
| 2.8.Расчет точности обработки.....                                      | 35  |
| 2.9. Расчет режимов резания.....  | 38  |
| 2.10.Расчет технических норм времени.....                               | 39  |
| 3.РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....                                 | 42  |
| 3.1.Программирование в системе ЧПУ FANUC 0 iMate-MB .....               | 42  |
| 3.2. Разработка управляющей программы обработки отверстий.....          | 46  |
| 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....   | 50  |
| 5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....  | 73  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 92  |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....                                   | 93  |
| Приложение А – Лист задания на дипломное проектирование.....            | 96  |
| Приложение Б – Перечень графического материала.....                     | 96  |
| Приложение В – Деятельность обучаемых по слайдам презентации .....      | 97  |
| Приложение Г – Комплект технологической документации.....               | 117 |

## ВВЕДЕНИЕ

Ускорение выпуска изделий, необходимость сокращения материальных затрат на их изготовление предъявляют жесткие требования к качеству и гибкости производства. Как показывает мировой опыт, осуществить эти требования возможно, если широко использовать вычислительную технику на всех этапах производства: конструкторского проектирования, где создается геометрическая модель будущего изделия; технологического проектирования, где эта модель дополняется технологическими данными; проектирования организации и управления производством с формированием данных о его материальных и информационных потоках; в процессе изготовления нового изделия и при оценке его качества путем сравнения полученных характеристик с требуемыми.

Для изготовления того или иного изделия необходимо наличие конструкторской и технологической документации. Чертежи деталей, сборочные чертежи, спецификации, перечень материалов, технологические операционные карты, инструкции, схемы наладки станков, схемы контроля, технологические карты сборки, расчетная документация и т.д. - все это документы, необходимые для производства изделия.

В настоящее время предприятие ООО «УДМЗ» занимается производством различной номенклатуры изделий. В таких условиях огромное количество времени тратится на разработку технологических процессов, а сроки выполнения заказчик ставит жесткие, поэтому для ускорения выполнения заказов необходимо внедрять на производство автоматизированные системы проектирования технологических процессов.

Целью дипломного проекта является совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Фланец», повышение технологического уровня изготовления детали по сравнению с существующим на производстве.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 5    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Основные задачи дипломного проекта:

- проанализировать исходные данные о детали «Фланец»;
- разработать новый вариант технологического процесса механической обработки детали;
- выбрать и обосновать необходимое современное технологическое оснащение (оборудование, инструмент, оснастка);
- разработать технологические операции;
- разработать управляющую программу для обработки одной из поверхностей детали;
- рассчитать экономическую эффективность предлагаемого варианта технологического процесса по сравнению с базовым (заводским) вариантом;
- выполнить методическую разработку.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 6    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## 1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ О ДЕТАЛИ

### 1.1. Анализ исходных данных

В данном проекте рассмотрена деталь «Фланец», которая является корпусной деталью.

Деталь «Фланец» используется для крепления приборов на изделие.

Деталь изготовлена из стали 35ХГСЛ ГОСТ 977-88. Данная сталь широко применяется в машиностроении для изготовления зубчатых колес, корпусов, колес. Данная сталь относится к легированным сталям, оптимально подходит для условий работы в узле.

Химический состав и механические свойства данной стали приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав стали 35ХГСЛ ГОСТ 977-88

| C        | Si      | Mn    | S      | P        | Cr      | Cu     |
|----------|---------|-------|--------|----------|---------|--------|
| 0,32-0,4 | 0,8-1.1 | 0,7-1 | до 0,3 | до 0,045 | 0.8-1.1 | до 0,3 |

Таблица 2 - Механические свойства стали 35ХГСЛ ГОСТ 977-88

| $\sigma_T$ , МПа | $\sigma_{вр}$ , МПа | $\sigma_5$ , % | $\Psi$ , % | $\alpha_H$ , Дж/см <sup>2</sup> | HRC     |
|------------------|---------------------|----------------|------------|---------------------------------|---------|
| 500              | 280                 | 15             | 25         | 350                             | 137-229 |

### 1.2. Анализ технических требований к детали

Для разработки технологического процесса имеются: рабочий чертёж детали с техническими требованиями, определяющими конструктивные формы и размеры детали, точность и качество обработки, твёрдость, материал и т.п.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 7    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Основные технологические задачи включают требования по обеспечению:

1. Точности диаметральных размеров 14 отв. М6, 4 отв. М4х1, 8 отв. М12, 4 отв. по 7 качеству; 2 отв. Ø 16 мм по 8 качеству;
2. Качество поверхностей: 2 отв. Ø 16 Ra 1,6 мкм; Ø 130, 150 по Ra 3,2; 150, 6 отв. М12-7Н, 3 отв. М20-7Н, 16 отв. М10-7Н, 3 отв. М10х1-7Н, 332, 273, по Ra 6,3 мкм; Ø170, 12 отв. Ø22, 20, Ø461, 10 фаски 1,6х45°, 2 отв. Ø8,4 по Ra 25 мкм;
3. Твердость поверхностей по 137...186 НВ;
4. Точность взаимного расположения допуск позиционирования 6 отверстий М6-Н7 и отверстия М12-Н7 относительно базы П не более 0,5; допуск позиционного расположения 8 отверстий М10-Н7, 12 отверстий Ø22, 2 отверстий Ø8,4 не более 0,5; допуск позиционного расположения 4 отверстий М10-Н7, 2 отверстия М20-Н7 относительно базы Л не более 0,5; допуск позиционного расположения 4 отверстий М10-Н7 относительно базы З не более 0,5; допуск соосности Ø190 Н7 относительно базы М не более 0,05; допуск параллельности поверхности относительно Ø320 относительно базы Н не более 0,05; допуск перпендикулярности поверхности относительно Ø170 относительно базы М не более 0,025; допуск соосности Ø110 относительно базы М не более 0,015; допуск перпендикулярности размера 332 относительно базы Л не более 0,025; допуск соосности Ø130 относительно базы Л не более 0,015.

### 1.3. Анализ технологичности детали

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный. Деталь «Фланец» имеет форму корпуса, изготовлена из стали 35ХГСЛ. Заготовка детали – литье в песчаные формы, имеет простую в изготовлении форму. Деталь имеет средние габариты, что делает деталь достаточно трудоемкой.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 8    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



### 1.3.1. Качественный анализ технологичности детали

Деталь – Фланец, изготавливается методом литья в песчаные формы, что предполагает увеличенные припуски на обработку для устранения погрешностей обработки и коробления.

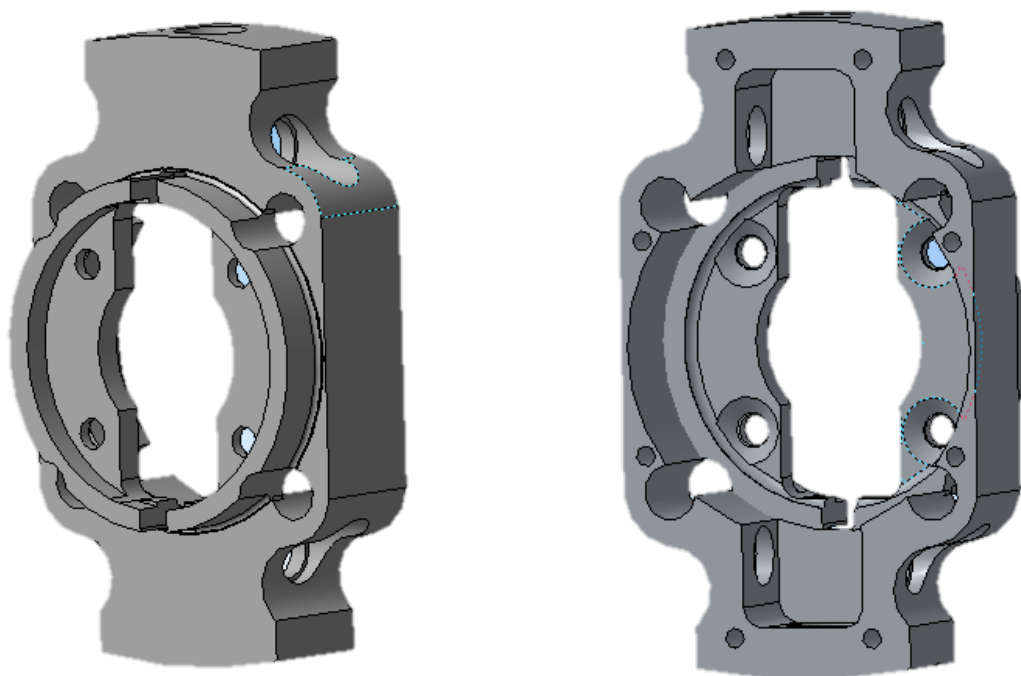


Рисунок 1– 3D-модель детали «Фланец»

Определенную сложность представляет собой обработка внутренних поверхностей ( $\varnothing 36H12$  и  $\varnothing 67$ ) эти отверстия должны быть выполнены в пределах указанных отклонений, и иметь радиальное и торцевое биение в пределах 0,1 мм.

Так же затруднение может вызвать наличие отверстий малого диаметра с конической цековкой диаметром 11 мм. Сложность состоит в невозможности отвода стружки и, в результате, поломка режущего инструмента (метчика).

В остальном деталь технологична, допускает применение высокопроизводительных режимов обработки, имеет приемлемые базовые поверхности для первоначальных операций и довольно проста по конструкции. Расположение крепежных отверстий,

допускает многоинструментальную обработку, а так же обработку на станках с ЧПУ.

### 1.3.2. Количественная оценка технологичности детали

Таблица 3 - Анализ поверхностей детали

| № п/п | Размер мм                | Квалитет | Шероховатость, мкм |
|-------|--------------------------|----------|--------------------|
| 1     | 76                       | H14      | Rz80               |
| 2     | $\varnothing 36^{+0,25}$ | H12      | Rz10               |
| 3     | $\varnothing 67^{0,5}$   | H12      | Rz10               |
| 4     | $\varnothing 66^{+0,12}$ | H12      | Rz10               |
| 5     | $\varnothing 73^{-0,46}$ | h13      | Rz80               |
| 6     | $\varnothing 15^{+0,18}$ | H12      | Rz80               |
| 7     | $\varnothing 14$         | H15      | Rz80               |

Остальные поверхности имеют 14 квалитет и шероховатость Rz80

Определим коэффициент точности по [2, с. 229], а результаты занесём в таблицу 4.

Количественная оценка технологичности детали [18, с.32].

Таблица 4 - Определение коэффициента точности

| $T_i$ | $n_i$ | $T_i \times n_i$ |
|-------|-------|------------------|
| 7     | 28    | 196              |
| 8     | 1     | 8                |

$$\sum n_i = 29; \sum T_i n_i = 204;$$

Определим среднюю точность обработки детали

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{ini}}{\sum ni}, \quad (1)$$

где  $T_i$  – класса точности обработки;

$ni$  – число размеров соответствия класса точности.

$$T_{cp} = \frac{204}{29} = 7,03.$$

Определим базовый и достигнутый коэффициент точности.

$$R_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{7,03} = 0,86. \quad (2)$$

Таблица 5 - Определение коэффициента шероховатости

| Ші  | ni | Шіxni |
|-----|----|-------|
| 1,6 | 1  | 1,6   |
| 3,2 | 2  | 6,4   |
| 6,3 | 31 | 195,3 |
| 25  | 37 | 925   |

$$\sum ni = 71; \sum Ш_{ini} = 1128,3;$$

Определим среднюю шероховатость

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_{ini}}{\sum ni}, \quad (3)$$

где  $Ш_i$  – класс шероховатости;

$ni$  – число поверхностей соответствующего класса

$$Ш_{cp} = \frac{1128,3}{71} = 15,89$$

Определим коэффициент шероховатости

$$R_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{15,89} = 0,06.$$

Произведем количественную оценку технологичности конструкции детали по коэффициенту использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_3}, \quad (4)$$

где  $M_d$  – масса детали по чертежу, кг;

$M_3$  – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

$M_d = 0.65$  кг;  $M_3 = 1.1$  кг;

$$K_{им} = \frac{0.65}{1.1} = 0,59.$$

В результате проведенного анализа можно сделать вывод: невысокий коэффициент использования материала говорит о том, что базовый вариант получения заготовки не достаточно оптимален и можно предложить метод с более высоким коэффициентом использования материала.

#### 1.4. Анализ базового технологического процесса

##### *- Характеристика базового технологического процесса*

По признакам технологического процесса относят:

по числу охватываемых изделий – среднесерийный;

по назначению – рабочий;

по документации – маршрутный.

Базовый технологический процесс относится к среднесерийному, рабочему и маршрутному процессу.

Общее число станочных операций в базовом технологическом процессе равно 9.

Трудоемкость технологического процесса  $\sum T_{ш} = 68.9$  мин.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 12   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Заводской техпроцесс состоит из следующих операций:

Операция 010 Фрезерная. Оборудование – Вертикально-фрезерный  
ВМ-127;

Операция 020 Токарно-винторезная. Оборудование – Токарно-  
Винторезный 1К62;

Операция 030 Токарно-Винторезная. Оборудование – Токарно-  
Винторезный 1К62;

Операция 040 Фрезерная. Оборудование – Вертикально-фрезерный  
ВМ-127;

Операция 045 Сверлильная. Оборудование – Радиально-сверлильный  
2М55;

Операция 055 Фрезерная. Оборудование – Вертикально-фрезерный  
ВМ-127;

Операция 060 Сверлильная. Оборудование – Радиально-сверлильный  
2М55;

Операция 065 Координатно-расточная. Оборудование – расточной  
станок 2Д450;

Операция 070 Сверлильная. Оборудование – Радиально-сверлильный  
2М55.

*- Анализ маршрута обработки детали*

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

Выводы: в целом технологический процесс обеспечивает точность линейных и диаметральных размеров; качество обработанных поверхностей, допуски отклонения формы и расположения поверхностей. Тип производства по данному технологическому процессу

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 13   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

среднесерийный. Предлагается заменить универсальное оборудование на станки с ЧПУ, что также соответствует среднесерийному типу производства.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 14   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Расчеты по объёму выпуска и определение типа производства

В дипломном проекте принимаем пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями при двухсменной работе длительностью 41 час.

Годовой фонд времени работы оборудования определяется исходя из следующих данных:

- а) календарных дней в году - 365;
- б) продолжительность рабочего дня -  $41/5=8.2$  часа;
- в) рабочих дней в году -  $365-(52*2)-8=253$  дня.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования сведен в таблицу 6

Таблица 6 – Действительный годовой фонд времени работы

| Наименование                                 | Показатель  |
|--|-------------|
| Металлорежущих станков                       | 4015 ч.     |
| Рабочих мест без оборудования                | 4075 ч.     |
| Действительный годовой фонд времени рабочего | Рдр=1860 ч. |
| Продолжительность отпуска                    | 15 дней.    |
| Программа выпуска в год задается             | 1950 шт.    |

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций  $K_{з.о.}$  определяемого по формуле (5) [2, с. 19]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (5)$$

где  $\sum O$  - суммарное число различных операций;

$\sum P$  - суммарное число рабочих мест.

Располагая данными о штучном времени определим количество станков по формуле 6 [2, с. 20]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт(шт-к)}}{60 \cdot F_d \eta_{зн}}, \quad (6)$$

где  $F_d=4029$  - действительный годовой фонд времени;

$\eta_{з.н.} = 0,75$ - нормативный коэффициент загрузки;

$T_{шт(шт-к)}$  – штучное или штучно-калькуляционное время, мин.

Тип производства по ГОСТ 3.1121-84 характеризуется коэффициентом закрепления операций ( $K_{з.о.}$ ):

$1 < K_{з.о.} < 10$  – массовое и крупносерийное производство;

$10 < K_{з.о.} < 20$  – среднесерийное производство;

$20 < K_{з.о.} < 40$  – мелкосерийное производство;

$40 < K_{з.о.}$  – единичное производство.

Таблица 7 – Зависимость типа производства от объема годового выпуска и массы детали

| масса детали,<br>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    |



Задается годовая программа выпуска детали «Фланец», равная  $N=1950$  шт., что соответствует среднесерийному типу производства.

Установим число рабочих мест  $P$  округляя в большую сторону  $\text{тр.}$

Фактический коэффициент загрузки,  $\eta_{з.ф.}$  по формуле 7 [2, с. 20]:

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

Определим количество операций по формуле 8 [2, с. 20]:

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

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 3}{254} = 23 \text{шт/день}$$

## 2.2. Выбор заготовки

Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, типом производства, а также экономичностью изготовления.

В данном случае определяющим фактором являются свойства материала. Деталь «Фланец» сделана из стали 35ХГСЛ, а она, как известно, не поддается обработке давлением. При этом она обладает хорошими литейными свойствами.

В первую очередь рассматривают технологические возможности материала, приведенные конструктором на чертеже детали, влияния степени легирования на обрабатываемость.

Если материал детали обладает литейными свойствами и в то же время хорошо обрабатывается давлением, то выбор процесса и метода

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 17   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

изготовления заготовки связывают с обеспечением заданного качества детали, т.е. с техническим условием на изготовление.

В результате анализа исключают многие процессы и методы, устанавливают степень технического совершенства принятых решений, выбирают возможные варианты, уточняют их.

Структура материала, из которого изготовлена деталь, состоит из перлита с включениями графита.

Способ изготовления отливки должен обеспечить высокие эксплуатационные свойства литого изделия, высокие технико-экономические показатели производства. При выборе способа изготовления отливки учитываются: вид сплава и его литейные свойства, служебное назначение и конструкция детали, технические требования, серийность выпуска.

Исходной заготовкой для детали «фланец» служит отливка в песчаные формы. Однако изготовление формы требует больших затрат времени, возникает необходимость очистки заготовки от песка.

Для нового технологического процесса предлагается литье в кокиль.

Кокиль - металлическая форма, которая заполняется расплавом под действием гравитационных сил. В отличие от разовой песчаной формы кокиль может быть использован многократно. Таким образом, сущность литья в кокиль состоит в применении металлических материалов для изготовления многократно используемых литейных форм, металлические части которых составляют их основу и формируют конфигурацию и свойства отливки.

Кокиль обычно состоит из двух полуформ, плиты, вставок. Полуформы взаимно центрируются штырями, и перед заливкой их соединяют замками.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 18   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Размеры рабочей полости кокиля больше размеров отливки на величину усадки сплава. Полости и отверстия в отливке могут быть выполнены металлическими или песчаными стержнями, извлекаемыми из отливки после ее затвердевания и охлаждения до заданной температуры. Расплав заливают в кокиль через литниковую систему, выполненную в его стенках, а питание массивных узлов отливки осуществляется из прибылей (питающих выпоров).

При заполнении кокиля расплавом, воздух и газы удаляются из его рабочей полости через вентиляционную систему кокиля.

Основные элементы кокиля - полуформы, плиты, вставки, стержни т. д.- обычно изготавливают из жаропрочной стали.

Линия разъема кокиля вертикальная.

Для выплавки используется кокильная машина 4992Т.

Основные операции технологического процесса изготовления отливки. Перед заливкой расплава новый кокиль готовят к работе: поверхность рабочей полости и разъем тщательно очищают от следов загрязнений, ржавчины, масла; проверяют легкость перемещения подвижных частей, точность их центрирования, надежность крепления.

Затем на поверхность рабочей полости и металлических стержней наносят слой огнеупорного покрытия облицовки и краски. Состав облицовок и красок зависит в основном от заливаемого сплава, а их толщина - от требуемой скорости охлаждения отливки: чем толще слой огнеупорного покрытия, тем медленнее охлаждается отливка. Вместе с тем слой огнеупорного покрытия предохраняет рабочую поверхность формы от резкого повышения ее температуры при заливке, расплавлении и схватывании с металлом отливки. Таким образом, облицовки и краски выполняют две функции: защищают поверхность кокиля от резкого нагрева и схватывания с отливкой и позволяют регулировать скорость охлаждения отливки, а значит, и процессы ее затвердевания, влияющие на

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 19   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

свойства металла отливки. Перед нанесением огнеупорного покрытия кокиль нагревают газовыми горелками или электрическими нагревателями до температуры 423 - 453 К.

Эффективность производства и область применения. Эффективность производства отливок в кокиль, как, впрочем, и других способов литья, зависит от того, насколько полно и правильно инженер-литейщик использует преимущества этого процесса, учитывает его особенности и недостатки в условиях конкретного производства. Ниже приведены преимущества литья в кокиль на основе производственного опыта.

1. Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций смесеприготовления, формовки, очистки отливок от пригара. Поэтому использование литья в кокиль, по данным различных предприятий, позволяет в 2 - 3 раза повысить производительность труда в литейном цехе, снизить капитальные затраты при строительстве новых цехов и реконструкции существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование, очистные сооружения, увеличить съем отливок с 1 м<sup>2</sup> площади цеха.

2. Повышение качества отливки, обусловленное использованием металлической формы, повышение стабильности показателей качества: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

3. Устранение или уменьшение объема вредных для здоровья операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки, общее оздоровление и улучшение условий труда, меньшее загрязнение окружающей среды.

4. Механизация и автоматизация процесса изготовления отливки, обусловленная многократностью использования кокиля. Для получения отливок заданного качества легче осуществить автоматическое регулирование технологических параметров процесса. Автоматизация

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 20   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

процесса позволяет улучшить качество отливок, повысить эффективность производства, изменить характер труда литейщика-оператора, управляющего работой таких комплексов.

Недостатки литья в кокиль:

1. Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления.

2. Ограниченная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. От стойкости кокиля зависит экономическая эффективность процесса.

3. Сложность получения отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы - делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

4. Неподалбливаемый кокиль приводит к появлению в отливках напряжений, а иногда к трещинам.

Этот способ литья применяют, как правило, в серийных и массовых производствах.

Чертеж заготовки оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1125-85.

Технические требования к отливке:

1. Отливка класса точности 9-0-0-7 по ГОСТ 26645-85.

2. Допустимое смещение не более 0,5 мм.

3. Минимальная величина радиусов закруглений  $R3^{+2}$ .

2.3. Выбор технологических баз и последовательности обработки

Опишем предварительный маршрут обработки детали.

Первая операция 010– Комплексная. Фрезеровать плоскость. Расточить отверстие 67 мм, рассверлить отверстие 36 мм, Сверлить 4 отверстия  $\varnothing 11$ .

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 21   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Вторая операция 015 - Комплексная. Фрезеровать плоскость сверлить и нарезать резьбу в 8 отв М4, сверлить 4 отв.5.5 мм, сверлить 4 отв.5.5 мм.

Третья операция 020 – Комплексная. Сверлить отверстие 15 мм с двух сторон, сверлить отверстие 10 мм с четырех сторон цековать отверстия М12 и нарезать в них резьбу

Произведем выбор базовых поверхностей для каждой операции.

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

Исходными данными для выбора баз являются: чертеж детали со всеми необходимыми техническими требованиями; вид и точность заготовки; условия расположения и работы детали в машине.

Основные принципы, при выборе технологических баз следующие:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т.е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. В случае несовпадения технологических и конструкторских баз возникает необходимость пересчета допусков, заданных конструктором, в сторону их уменьшения;
- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы. Для соблюдения этого принципа часто создают базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда у валов и т.п.);
- базы должны обеспечивать хорошую устойчивость и надежность установки заготовки.

К основным технологическим базам относят поверхность основание.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 22   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, обеспечивается правильность расположения обработанных поверхностей деталей относительно необработанных. Деталь имеет корпусную форму и в качестве «черновой базы» примем основание 130 мм.

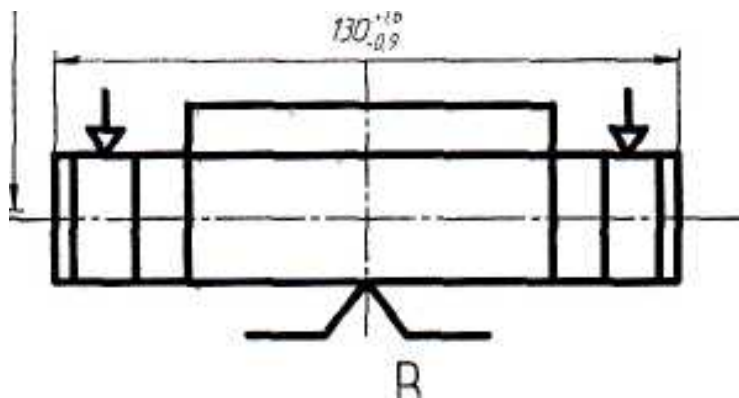


Рисунок 2 – Схема базирования 010 Операция

Деталь устанавливается на торцевую плоскость и зажимается прихватами.

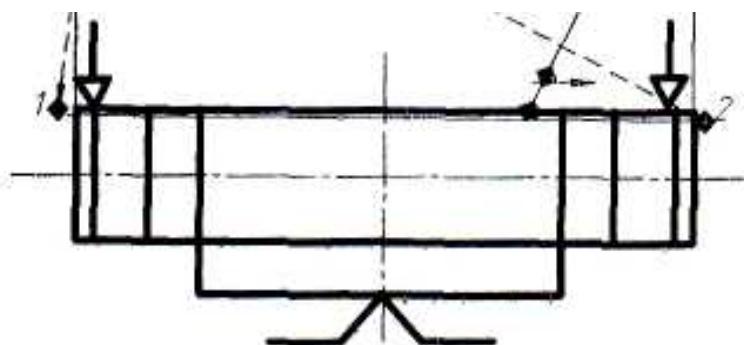


Рисунок 3 – Схема базирования 015 Операция

Деталь устанавливается на торцевую плоскость и палец диаметром 36 мм и зажимается прихватами.

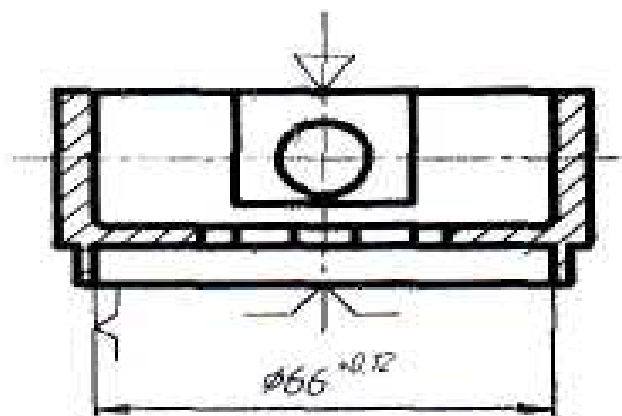


Рисунок 4 – Схема базирования 020 Операция

Деталь устанавливается на торцевую плоскость и палец диаметром 36 мм и зажимается прихватами.

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. К чистой базе относятся поверхности плоскости основания и отверстия диаметром 36 мм.

#### 2.4. Выбор методов обработки поверхностей заготовок

Методы обработки будем выбирать по таблице точности [2, с. 150 табл. 3].

- Анализ методов обработки поверхностей

Методы обработки поверхностей (МОП) зависят от требований к рабочим поверхностям детали. Проанализируем методы обработки поверхностей с точки зрения точности поверхностей а результаты занесем в таблицу 8.



Таблица 8 - Методы обработки поверхностей, сравнение

| №           | Вид поверхности                | Квалитет | Шероховатость Ra | МОП в М.К                 | МОП точности |            | Примечание |
|-------------|--------------------------------|----------|------------------|---------------------------|--------------|------------|------------|
|             |                                |          |                  |                           | Квалитет     | Шерохов.   |            |
| 1<br>2<br>3 | Отверстия диаметром 66 и 67 мм | 12       | 2.5              | Растачивание              | 7...6        | 0,4        | Соответ.   |
| 4           | Плоскость торца                | 14       | 20               | Фрезерование              | 14...11      | 12,5...3,2 | Соответ.   |
| 5           | Отверстие 36 мм                | 12       | 20               | Расверливание             | 14...11      | 12,5...3,2 | Соответ.   |
| 6           | Отверстие диаметром 14 мм      | 15       | 20               | Сверление                 | 14...11      | 12,5...3,2 | Соответ.   |
| 7           | Отверстие диаметром 5.5 мм     | 14       | 20               | Сверление                 | 14...11      | 12,5...3,2 | Соответ.   |
| 8           | Отверстие диаметром 11 мм      | 13       | 20               | Сверление                 | 14...11      | 12,5...3,2 | Соответ.   |
| 9           | Резьбовые отверстия М4         | 7<br>Н   | 5                | Нарезание резьбы метчиком | 6Н           | 6,3...3,2  | Соответ.   |

## 2.5. Выбор оборудования

В предлагаемом технологическом процессе используется фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG M700/5.

Фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG M700/5 предназначен для выполнения большого диапазона фрезерных, сверлильных и расточных операций на деталях средних размеров в одиночном и небольшом серийном производстве.

Станок оборудован бесступенчатым главным приводом, системой непосредственного измерения движений стола и многопозиционным инструментальным магазином. Он создан из неподвижной основы, на которой установлены крестовидные салазки (каретка), движущиеся поперек, и стол, движущийся вдоль по крестовидным салазкам.

Перемещение шпиндельной головки по оси Z осуществляется по линейным роликовым направляющим фирмы Bosh Rexroth, сконструированные таким образом, чтобы сохранять стабильность работы даже под влиянием чрезвычайно высоких нагрузок. Использование четырех рядов шариков и двухточечной схемы контакта позволяет стабилизировать неравно распределенные нагрузки в различных направлениях и обеспечивает плавное перемещение на протяжении всего срока службы.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФРЕЗЕРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА DMG M700/5

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| Характеристика              | M700         |
| Размеры рабочего стола mm   | 1400x600     |
| Макс. ход по оси X, Y, Z mm | 1300x700x710 |
| T-образный канал mm         | 3x18/100     |
| Максимальный вес детали kg  | 1000         |
| Просвет mm                  | 375...1085   |

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 26   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| Двигатель kW                     | 11/15          |
| Быстрый ход по оси X, Y, Z m/min | 20, 20, 15     |
| Инструментальный магазин CNC     |                |
| Необходимое питание КВА          | 20             |
| Габариты станка mm               | 3250x2800x2600 |
| Вес kg                           | 7500           |



Рисунок 5 – Фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ DMG M700/5

Высокая жёсткость и виброустойчивость станка обеспечивается за счёт рациональной конструкции станины, что гарантирует стабильную точность и чистоту обработки. Высокоточный шарико-винтовой привод Rexroth установленный в центральной части станины на двух опорах SEC осуществляет перемещение от синхронных двигателей через безззорные шариковинтовые передачи по замкнутым, с предварительным натягом направляющим линейного перемещения, сочетающими в себе высокую несущую способность, легкость и точность хода. Применение направляющих фирмы Rexroth (Германия) с интегрированными системами прямого измерения обеспечивает наивысшую точность линейных перемещений.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 27   |

Шпиндель и шпиндельная головка, устанавливаются на колонне как единый узел. Все усилия резания равномерно передаются колонне на протяжении всего рабочего хода по оси Z. Узел сбалансирован с помощью противовеса расположенного в колонне. Шпиндель установлен на 4-х прецизионных подшипниках 4-го класса точности с угловым контактом, обеспечивающие высокую жесткость и точность даже при самых тяжелых режимах резания.

Стабильная чугунная станина центра принимает большие нагрузки и максимально гасит вибрации.

Высокоточная шарико-винтовая пара оси Y, диаметр 40 мм, закреплена на центре оси и установлена на двух подшипниках. Электродвигатель подачи установлен сзади под колонной с целью предохранения от загрязнения и повреждения. Массивные крестовые салазки поддерживают рабочий стол по всей длине продольного хода, чтобы предотвратить его провисание. Шарико-винтовая пара оси X закреплена в центре салазок.

Электродвигатель подачи оси X целиком закрывается телескопической защитой от загрязнения и повреждения.

Рабочий стол установлен на прецизионных интегрированных направляющих.

Шпиндель и шпиндельная головка, устанавливаются на колонне как единый узел.

Все усилия резания равномерно передаются колонне на протяжении всего рабочего хода по оси Z.

Узел сбалансирован с помощью противовеса расположенного в колонне. Шпиндель установлен на 4-х прецизионных подшипниках 4-го класса точности с угловым контактом, обеспечивающие высокую жесткость и точность даже при самых тяжелых режимах резания. Главный электродвигатель обрабатывающего центра DMG M700/5-

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 28   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

асинхронный, передает вращение шпинделю с помощью ременной передачи.

Конус шпинделя ISO/ВТ 40. Автоматический продув обеспечивает очищение конуса шпинделя и хвостовика инструмента перед зажимом нового инструмента.

Минимальное расстояние между торцом шпинделя и поверхностью стола 125 мм, максимальное - 635 мм. Это позволяет устанавливать детали прямо на рабочий стол без дополнительных приспособлений и облегчает наладку и проверку деталей.

Обрабатывающий центр стандартно оснащаются системой ЧПУ FANUC 0 iMate - MB, но пожеланию клиента можно установить и системы FANUC 0i-MB, FANUC 18i-MB, Heidenhain TNC410M, TNC425M или Siemens 802D. В качестве исполнительных приводов используются цифровые привода серии FANUC Power Mate i-MODEL D с электродвигателями серии iS series / iF series. Связь между устройством управления и приводами осуществляется посредством шины PROFIBUS. Система подготовки управляющих программ реализована на базе персонального компьютера, представляет собой WINDOWS- приложение и работает независимо от центра.

## 2.6. Выбор технологического оснащения

Первая операция 010– Комплексная. Фрезерование плоскость. Расточить отверстие 67 мм, рассверлить отверстие 36 мм, Сверлить 4 отверстия  $\varnothing 11$ .

### Режущий инструмент

Фреза торцевая пластина CNMM 1204 12-PR GC4025(Сплав)

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 11 мм

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 36 мм

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 29   |

Патрон A1B05-40 27 035 (SANDVIK Coromant);

Расточная оправка Пластина CNMM 1204 12-PR GC4025(Сплав);

Опорная пластина 171.31-850M.

Мерительный инструмент:

Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05,калибр-пробка.

Пробка  $\varnothing 11^{+0,2}$  ПР 8140-5139, НЕ 8140-5140

Вторая операция 015- Комбинированная. Фрезеровать плоскость, сверлить и нарезать резьбу 8 отв М4, сверлить 4 отв.5.5 мм.

Режущий инструмент

Фреза торцевая пластина CNMM 1204 12-PR GC4025(Сплав)

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 11 мм

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 5.5 мм

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 3 мм

Патрон A1B05-40 27 035 (SANDVIK Coromant);

Метчик М4 ГОСТ 4556-90

Цанга 393.14-20 100 (SANDVIK Coromant);

Мерительный инструмент

Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05

Пробка  $\varnothing 4^{+0,2}$  ПР 8140-5139, НЕ 8140-5140

Третья операция 020– Комплексная. Сверлить отверстие 15 мм с двух сторон, нарезать резьбу и цековать отверстия М12.

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 15 мм

Сверло R 84/1-0685-30-A1A диаметром 10 мм

Патрон A1B05-40 27 035 (SANDVIK Coromant);

Метчик М12 ГОСТ 4556-90

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 30   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Цанга 393.14-20 100 (SANDVIK Coromant);

Цековка 11 мм ГОСТ 2390-80

Мерительный инструмент:

Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05

Пробка  $\varnothing 12^{+0,2}$  ПР 8140-5139, НЕ 8140-5140

## 2.7. Расчет припусков на механическую обработку

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

### 2.7.1. Расчет припусков аналитическим методом

Определим припуск на размер  $\varnothing 36H12$ . Заготовка – отливка в кокиль.

Класс точности I. Материал детали сталь 35ХГСЛ. Масса заготовки  $m_3 = 1.1$  кг.

- растачивание черновое;

- растачивание чистовое;

Таблица 9 - Расчет припусков на размер

| Технологические переходы поверхности диам. | Элементы припуска, мкм |     |        |     | Расчетный припуск, $2Z_{mi}$ мкм | Расчетный размер $D_p$ , мм | Допуск Т, мм | Предельный размер, мм |               | Предельное значение, припуск, мм |            |
|--|------------------------|-----|--------|-----|----------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|------------|
|  | Rz                     | H   | $\rho$ | E   |                                  |                             |              | $D_{mi}$<br>п         | $D_{ma}$<br>х | $2Z_{mi}$<br>п                   | $2Z_{max}$ |
| 1  | 2                      | 3   | 4      | 5   | 6                                | 7                           | 8            | 9                     | 10            | 11                               | 12         |
| Заготовка                                  | 200                    | 250 | 128    | 100 |                                  | 34.542                      | 2.2          | 32.3                  | 35.5          |                                  |            |

Окончание таблицы 9

| 1                        | 2  | 3  | 4    | 5  | 6     | 7      | 8     | 9     | 10     | 11   | 12   |
|--------------------------|----|----|------|----|-------|--------|-------|-------|--------|------|------|
| Расточка предварительная | 50 | 50 | 7,68 | 75 | 2x598 | 35.758 | 0.14  | 35.61 | 35.75  | 1.25 | 3.31 |
| Расточка окончательная   | 20 | 20 | 5,12 | 40 | 2x141 | 36.040 | 0.040 | 36    | 36.040 | 0.29 | 0.39 |

Элементы припуска Rz и ρ определим по таблицам [2].

Произведем расчет пространственных отклонений по формуле 9:

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

где  $\rho_{\text{кор}}$  – отклонение коробления, мкм;

$\rho_{\text{см}}$  – погрешность смещения осей, мкм.

Расчет:  $\rho = \sqrt{80^2 + 100^2} = 128$  мкм.

Определим остаточное пространственное отклонение

$$\rho_{\text{ост}} = k \times \rho, \quad (10)$$

где k – коэффициент уточнения форм

$$\rho_{\text{ост1}} = 0,06 \times 128 = 7,68 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{ост2}} = 0,04 \times 128 = 5,12 \text{ мкм}.$$

Определим расчетные припуски для каждого перехода:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \times (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2});$$

$$2Z_{\text{min1}} = 2 \times (200 + 250 + \sqrt{128^2 + 75^2}) = 2 \times 598 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{min2}} = 2 \times (50 + 50 + \sqrt{7,68^2 + 40^2}) = 2 \times 141 \text{ мкм}.$$



Для конечного перехода в графу расчетный размер вносим наибольший предельный размер по чертежу:

$$D_{p2} = 36.040 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = 36.040 - 0,282 = 35.758 \text{ мм};$$

$$D_{p \text{ заг}} = 35.758 - 1,196 = 34.562 \text{ мм}.$$

Запишем наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам округляя их уменьшением расчетных размеров:

$$D_{\text{max}2} = 36.040 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max}1} = 35.75 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max заг.}} = 34.5 \text{ мм}.$$

Определим наименьшие предельные размеры:

$$D_{\text{мин}1} = 35.75 - 0.14 = 35.61 \text{ мм}$$

$$D_{\text{мин}2} = 36.040 - 0.040 = 36 \text{ мм};$$

$$D_{\text{max заг}} = 34.5 - 2.2 = 32.3 \text{ мм}.$$

Определим расчетные припуски для каждого перехода:

$$2Z_{\text{max}1} = D_{\text{max}1} - D_{\text{max заг.}} = 35.75 - 34.5 = 1.25 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{max}2} = D_{\text{max}2} - D_{\text{max}1} = 36.040 - 34.75 = 0.29 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{мин}1} = D_{\text{мин}1} - D_{\text{мин заг.}} = 35.61 - 32.3 = 3.31 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{мин}2} = D_{\text{мин}2} - D_{\text{мин}1} = 36 - 35.61 = 0.39 \text{ мм}.$$

Определим общие припуски:

$$Z_{o \text{ max}} = 1.54 \text{ мм};$$

$$Z_{o \text{ min}} = 3.7 \text{ мм}.$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 33   |

Произведем проверку расчетов:

$$Z_{i_{\max}} - Z_{i_{\min}} = \delta_{i-1} - \delta_i$$

$$3.7 - 1.54 = 2.2 - 0.04$$

$$2.16 \text{ мм} = 2.16 \text{ мм}$$

Для остальных поверхностей определим припуски по таблицам [9].

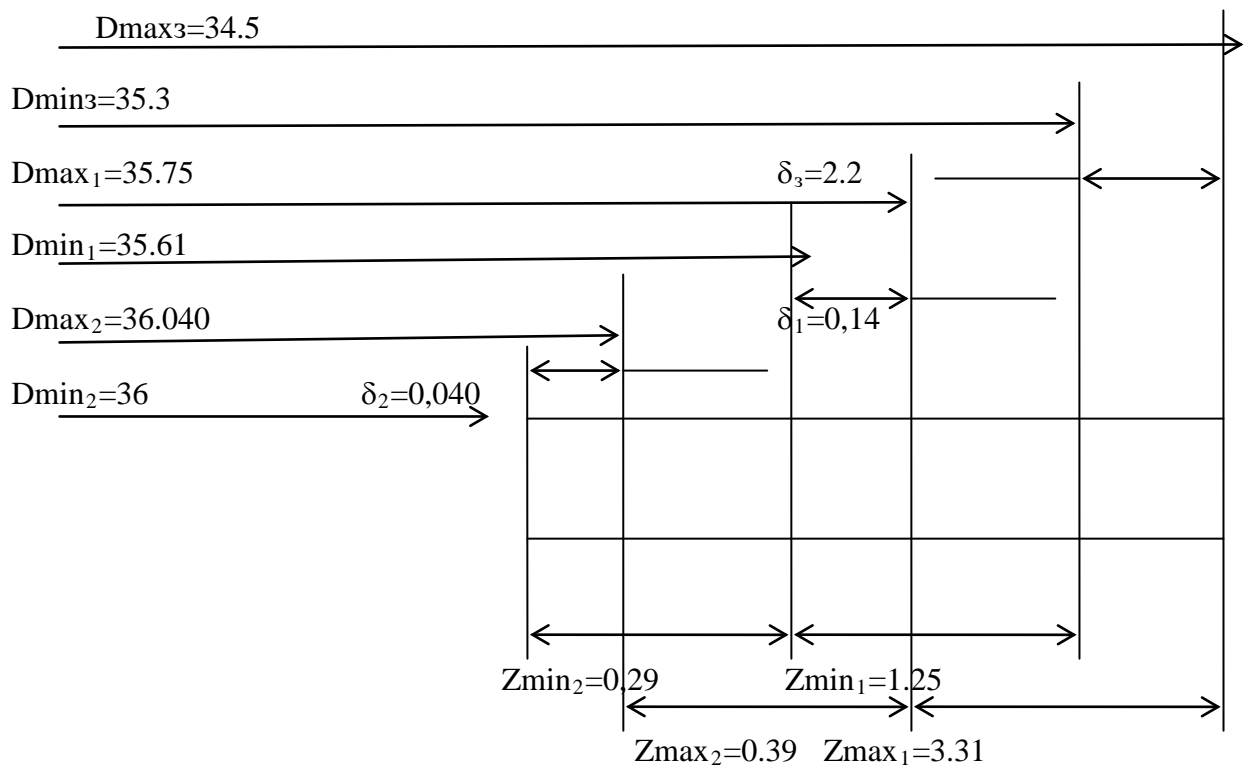


Рисунок 6 – Схема полей допусков и припусков для каждого перехода

### 2.7.2. Табличный метод расчета припусков

На остальные поверхности детали (см. рисунок 6) припуски назначим по [3, с. 184-189, табл. 27 и 28], а результаты занесем в таблицу 10.

Таблица 10 - Припуски на обработку

| Технологические переходы | Поверхность | Припуск | Размер | Отклонения   |
|--------------------------|-------------|---------|--------|--------------|
| Фрезерование черновое    | 1           | 2,5     | 20,5   | +0<br>-0,84  |
|                          | 2           | 2,5     | 8,0    | +0,2<br>-0,2 |
|                          | 5           | 3,5     | 550    | +0<br>-1,75  |
|                          | 6           | 3,5     | 550    | +0<br>-1,75  |
| Фрезерование чистовое    | 1           | 0,5     | 20     | +0<br>-0,52  |
| Растачивание черновое    | 3           | 2,1     | 159,4  | +0,40<br>-0  |
|                          | 4           | 2,1     | 214,4  | +0,46<br>-0  |
| Растачивание чистовое    | 3           | 0,18    | 159,76 | +0,10<br>-0  |
|                          | 4           | 0,18    | 214,76 | +0,115<br>-0 |
| Технологические переходы | Поверхность | Припуск | Размер | Отклонения   |
| Растачивание тонкое      | 3           | 0,12    | 160    | +0,040<br>-0 |
|                          | 4           | 0,12    | 215    | +0,046<br>-0 |

## 2.8. Расчет точности обработки

Самой точной является операция агрегатная на которой отверстие  $\varnothing 36$  растачивается окончательно.

Погрешность возникающая в результате упругих деформаций:

$$\Delta Y = W \cdot (\rho_{y \max} - \rho_{y \min}), \quad (11)$$

где W- податливость системы.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 35   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

$W = 8 \text{ мкм}$  [1, с. 33].

Силу резания определим по формуле [4, с. 271]:

$$\rho_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (12)$$

где  $t$  - глубина резания;  $t=0,12 \text{ мм}$ ;

$S_0$  - подача обратная. Приму  $S_0=0,05 \text{ мм/об}$  [4, с. 271];

$V$  - скорость резания, примем  $V=135 \text{ м/с}$  [4, с. 275];

$K_p$  – поправочный коэффициент, примем  $K_p = 1,05$  [4, с. 263-269].

Определим коэффициент  $C_p$  и показатели степеней по [4, с. 273]:

$C_p=40$ ;  $X=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $n=0$ .

Глубина резания колеблется, т.к задана точность по седьмому качеству, то найдем отклонение на глубину резания  $T_d = 0,035 \text{ мм}$ , т.е.  $t_{\min} = 0,12 \text{ мм}$ ,  $t_{\max} = 0,155 \text{ мм}$ .

Тогда:

$$\rho_{y_{\min}} = 40 * 10 * 0,12^1 * 0,05^{0,75} * 135^0 * 1,05 = 5,33 \text{ Н}$$

$$\rho_{y_{\max}} = 40 * 10 * 0,155^1 * 0,05^{0,75} * 135^0 * 1,05 = 6,88 \text{ Н}$$

Тогда:

$$\Delta y = 8 \cdot (6,88 - 5,33) = 12,4 \text{ мкм} = 0,0124 \text{ мм}$$

Погрешность настройки станка на размер определим по формуле:

$$\Delta_H = \sqrt{(K_p \cdot \Delta \rho)^2 + (K_n \cdot \frac{\Delta_{\text{изм}}}{2})^2}, \quad (13)$$

где  $K_p=1,2$  и  $K_n=1$  [1, с. 71].

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 36   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Резец устанавливаем по эталону с контролем положения резца по индикатору, тогда:  $\Delta\rho=3$  мкм и  $\Delta_{изм}=10$  мкм.

Тогда:

$$\Delta H = \sqrt{(1,2 \cdot 3)^2 + \left(1 \cdot \frac{10}{2}\right)^2} = 6,2 \text{ мкм} = 0,0062 \text{ мм} [4, \text{ с. } 273]:$$

Погрешность обработки, вызываемая размерным износом резца:

$$\Delta U = \frac{P \cdot N}{1000 \cdot S} \cdot U_0, \quad (14)$$

где  $P$  - площадь обрабатываемой поверхности,  $P=0,018 \text{ м}^2$ ;

$S=0,05$  мм/об – подача оборотная;

$U_0=3$  мкм/км- относительный размер износа [1, с.74 табл. 29].

Тогда:

$$\Delta U = \frac{0,018 \cdot 318}{1000 \cdot 0,05} \cdot 3 = 0,0035 \text{ мм}$$

Погрешность формы, вызываемую геометрическими неточностями станка [1, с. 57 табл. 23]:

$$\Delta_{ст}=10 \text{ мкм}=0,01 \text{ мм.}$$

Погрешность, вызываемую тепловыми деформациями, примем 15% от суммы всех деформаций:

$$\Delta T = 0,15(\Delta y + \Delta H + \Delta u + \Delta c)$$

$$\Delta T = 0,15 \cdot (0,0124 + 0,0062 + 0,0035 + 0,01) = 0,005 \text{ мм}$$

Определим суммарную погрешность [6, с. 89]:

$$\Delta \Sigma = 2 \cdot \sqrt{\Delta y^2 + \Delta H^2 + (1,73 \cdot \Delta U)^2 + (1,73 \cdot \Delta_{ст})^2 + (1,73 \cdot \Delta T)^2}$$

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 37   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

$$\Delta\Sigma = 2 \cdot \sqrt{0,0124^2 + 0,0062^2 + (1,73 \cdot 0,0035)^2 + (1,73 \cdot 0,01)^2 + (1,73 \cdot 0,005)^2} = 0,0262 \text{ мм}$$

$$\Delta\Sigma = 0,0262 \text{ мм}$$

Определим допустимую погрешность  $\delta$  в зависимости от качества [1, с.72 табл. 27]. Качество седьмой, размер 110 мм, тогда  $\delta=0,035$  мм

$\Delta\Sigma = 0,0262 \text{ мм} < \delta = 0,035 \text{ мм}$  погрешность попадает в поле рассеяния размера

## 2.9. Выбор режимов резания

Выбор режимов резания произведем по каталогу «Металлорежущий инструмент SANDVIK Coromant». Режимы принимаются в зависимости от принятого инструмента.

Таблица 11 - Элементы режима резания по операциям.

| Наименование операции, перехода, позиции | t, мм | So, мм/об | n, об/мин | V, м/мин |
|--|-------|-----------|-----------|----------|
| 1  | 2     | 3         | 4         | 5        |
| Операция 010 Комбинированная             |       |           |           |          |
| Позиция 1                                |       |           |           |          |
| Фрезеровать плоскость                    | 2,5   | 0,58      | 350       | 274,8    |
| Позиция 2                                |       |           |           |          |
| Расточить отверстие 67 мм                | 2     | 0,6       | 600       | 16,8     |
| Позиция 3                                |       |           |           |          |
| Расверлить отв 36 мм                     | 2     | 0,25      | 800       | 30       |
| Позиция 4                                |       |           |           |          |
| Сверлить 4 отв.11 мм                     | 5,5   | 0,18      | 320       | 26,1     |
| Операция 015 Комбинированная             |       |           |           |          |
| Позиция 1                                |       |           |           |          |
| Фрезеровать плоскость                    | 2,5   | 0,58      | 350       | 274,8    |
| Позиция 2                                |       |           |           |          |
| Сверлить отв. 3 мм                       | 1,5   | 0,25      | 600       | 9,7      |
| Позиция 3                                |       |           |           |          |
| Нарезать резьбу М4                       | 1     | 0,2       | 200       | 11,2     |
| Позиция 4                                |       |           |           |          |
| Сверлить отверстия 5,5 мм                | 2,25  | 0,25      | 600       | 10,8     |

Окончание таблицы 11

| 1   | 2   | 3    | 4   | 5    |
|---|-----|------|-----|------|
| Позиция 5<br>Сверлить отв 11 мм                                 | 5.5 | 0.18 | 320 | 26.1 |
| Операция 020 Комбинированная<br>Позиция 1<br>Сверлить отв 15 мм | 7.5 | 0.3  | 400 | 12.5 |
| Позиция 2<br>Сверлить 2 отв 10 мм                               | 5   | 0.25 | 600 | 9.7  |
| Позиция 3<br>Цековать 4 отв 14 мм                               | 2   | 0.2  | 200 | 11.2 |
| Позиция 4<br>Нарезать резьбу М12 в 4 отв                        | 1   | 1    | 200 | 10.8 |

### 2.10. 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.

Определение норм времени

Расчет времени произведен для 010 Комбинированная

Определим штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз/п}. \quad (15)$$

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{от} + T_{обс}. \quad (16)$$

Где  $T_o$ -основное время

$T_v$  вспомогательное время

$T_{от}$ -время на отдых и личные потребности

Тобс-время на обслуживание рабочего места

$$T_o = Lxi / S_m, \quad (17)$$

где L-длина обработки

i-число проходов

$$T_o = 12.7 \text{ мин}$$

$$T_v = T_y + T_{\text{пер}} + \sum T_{\text{пер}} + T_{\text{из}}, \quad (18)$$

где T<sub>y</sub>-время на установку детали

T<sub>пер</sub>-время связанное с переходом

$\sum T_{\text{пер}}$  -время не вошедшее в комплекс

T<sub>из</sub>-время на измерение детали

$$T_v = 3.15$$

Определим оперативное время

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_v = 15.85 \text{ мин}$$

Время на отдых и личные потребности T<sub>отд</sub> определяется как 4% от оперативного, то есть T<sub>отд</sub> = 0,14 мин.

Время на обслуживание T<sub>обс</sub> = 0,14 мин.

Штучное время: T<sub>шт</sub> = 18.79 мин.

Подготовительно-заключительное время: T<sub>пз</sub> = 25 мин.

Штучно-калькуляционное время: T<sub>шт.к</sub> = T<sub>пз</sub> / n + T<sub>шт</sub> = 18.79 мин.

Операция 015 Комбинированная

$$T_0 = 9.37 \text{ мин.}$$

время на установку t<sub>уст</sub> = 0,3 мин.

время, связанное с переходом t<sub>пер</sub> = 0,8 мин.

время, не вошедшее в комплекс  $\sum t'_{\text{пер}}$  = 0,7 мин.

время на измерение t<sub>изм</sub> = 0,4 мин.

$$T_v = 2.2 \text{ мин.}$$

Оперативное время T<sub>оп</sub> = 10.47 мин.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 40   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



Время на отдых и личные потребности  $T_{отд}$  определяется как 4% от оперативного, то есть  $T_{отд} = 0,14$  мин.

Время на обслуживание  $T_{обс} = 0,14$  мин.

Штучное время:  $T_{шт} = 11.4$  мин.

Подготовительно-заключительное время:  $T_{пз} = 24$  мин.

Штучно-калькуляционное время:  $T_{шт.к} = T_{пз} / n + T_{шт} = 118.5$  мин.

Операция 020. Комбинированная

$$T_0 = 13.6 \text{ мин.}$$

время на установку  $t_{уст} = 0,3$  мин.

время, связанное с переходом  $t_{пер} = 0,8$  мин.

время, не вошедшее в комплекс  $\sum t'_{пер} = 0,7$  мин.

время на измерение  $t_{изм} = 0,4$  мин.

$$T_v = 3.9 \text{ мин.}$$

Оперативное время  $T_{оп} = 17.5$  мин.

Время на отдых и личные потребности  $T_{отд}$  определяется как 4% от оперативного, то есть  $T_{отд} = 0,14$  мин.

Время на обслуживание  $T_{обс} = 0,14$  мин.

Штучное время:  $T_{шт} = 18.1$  мин.

Подготовительно-заключительное время:  $T_{пз} = 24$  мин.

Штучно-калькуляционное время:  $T_{шт.к} = T_{пз} / n + T_{шт} = 16.5$  мин.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 41   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

### 3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

#### 3.1. Программирование в системе ЧПУ FANUC 0 iMate – MB

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

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

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

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

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 42   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

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

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

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

2. В целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 43   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций).

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

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

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

В настоящей дипломной работе используется пятикоординатный фрезерный обрабатывающий центр M700/5 (1400x600мм, Болгария, 5 осей), оснащенный системой ЧПУ FANUC 0 iMate - MB. Конфигурация ЧПУ FANUC 0 iMate – MB:

- в каждом кадре 3 типа M-функций
- вызов до 4 вложений подпрограмм
- упрощенное программирование углов и скруглений для фасок и радиусов
- циклы обработки FANUC, черновая обработка за один проход, нарезание наружной резьбы за один проход
- циклы обработки FANUC, черновая обработка с увеличивающимся (тип I) или уменьшающимся (тип II) профилем, нарезание наружной резьбы за несколькопроходов

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 44   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

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

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

- программируемое смещение нулевой точки

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

- обработка по направлению X- в режиме работы MANUAL GUIDE

- копирование и переименование программ ISO

- индикация времени обработки и количества деталей

- индикация каталогов (программ) на экране (устройство ввода FANUC)

- пересчет размеров дюймы/метрические величины

- 125 программ ISO

- 32 корректоров инструмента

- нарезание наружной резьбы с переменным шагом

- непрерывное нарезание наружной резьбы (цепь резьбы с разными шагами)

- нарезание наружной цилиндрической резьбы

- язык программирования макро В (для программирования циклов пользователем)

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

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 45   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

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

К тому же количество программных блоков может быть различным в зависимости от используемых геометрических фигур, которые определяет профиль.

### 3.2. Разработка управляющей программы обработки отверстий Строка обхода и координатные оси

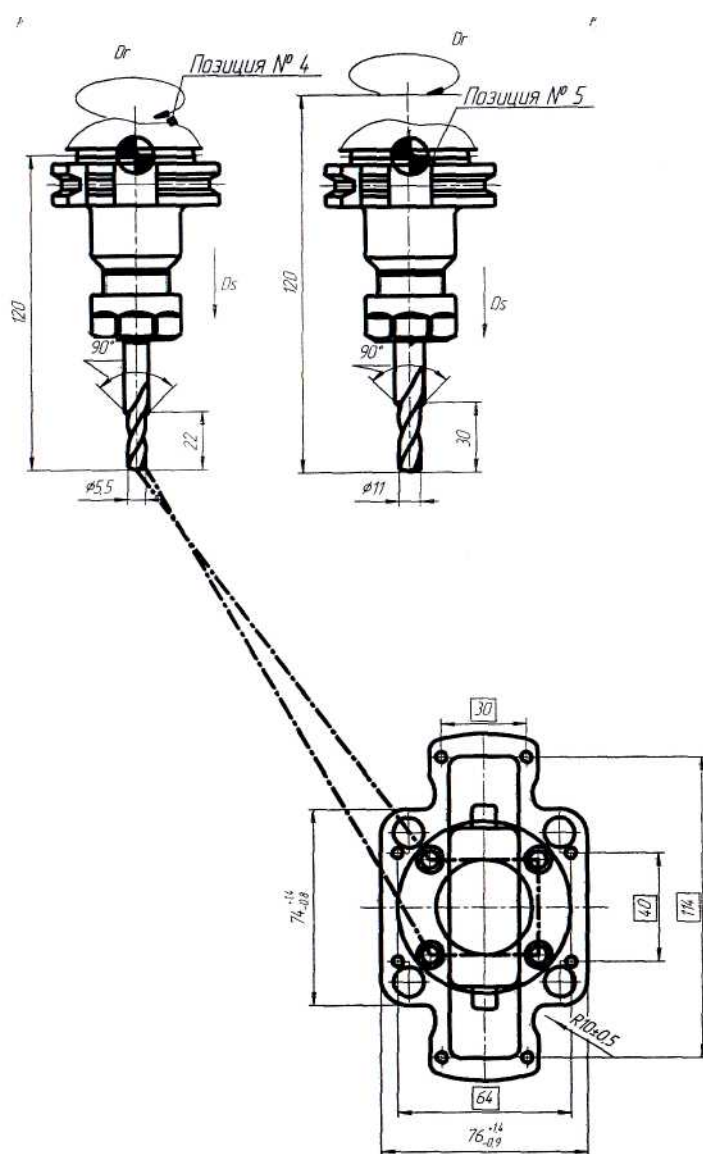


Рисунок 7-Траектория движения

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 46   |

Управляющая программа

TOOLS:

T04 Spiraldrill D = 5.5 mm

T05 Spiraldrill D = 11 mm

Referense point = Z-300 X0 Y0

Base point = Z0 X0 Y0

Main program file

T 04 (Spiraldrill D =5.5 mm); 10 drill D=5.5

M6

C17 G54 G60 G90 G94

G0 X0 Y0

G1 Z-152 S1000 M3 M8

F100

MCALL CYCLE82 (2-7, 1 , 23, 0, 0)

HOLES 1; Drill 5.5 holes

(HOLES 1.SPF:

G1 X406 Y0

HOLES 1:

HOLES5 (0,0,135,0,72,5)

ENDLABEL

M17)

MCALL

G0 Z-152 Y0 X0

Z-2

M9

G0 Z2 S1000 M3 M8

F100

MCALL CYCLE82 (2, 7, 1 , 23, 0, 0)

HOLES 2; Drill 5.5 holes

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 47   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

(HOLES 2.SPF:

G1 X20 Y50

G1 X20 Y-50

G1 X85 Y130

G1 X85 Y-130

G0 X0 Y0

ENDLABEL

M17)

MCALL

Z-300 X0 Y0 M9

M5

T 05 (Spiraldrill D = 11 mm); 11 drill D=11

M6

C17 G54 G60 G90 G94

G0 X0 Y0

G1 Z-152 S1000 M3 M8

F100

MCALL CYCLE82 (2,22, 1 , 23, 0, 0)

HOLES 1; Drill 5 holes

(HOLES 1.SPF:

G1 X406 Y0

HOLES 1:

HOLES5 (0,0,135,0,72,5)

ENDLABEL

M17)

MCALL

G1 Z-2 Y0 X0

M9

G0 Z-2 S1000 M3 M8

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 48   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



F100

MCALL CYCLE82 (2,22, 1 , 23, 0, 0)

HOLES 2; Drill 5 holes

(HOLES 2.SPF:

G1 X20 Y50

G1 X20 Y-50

G1 X85 Y130

G1 X85 Y-130

G0 X0 Y0

ENDLABEL

M17)

MCALL

Z-300 X0 Y0 M9

M5

M30

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 49   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данном дипломном проекте производится совершенствование технологического процесса детали «Фланец» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1950 штук в год.

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

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

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

### 4.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле

$$K = K_{об} + K_{прс}, \quad (19)$$

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

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

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [19]:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (19)$$

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

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

$N_{год} = 450$  шт. базовый вариант;  $N_{год} = 1950$  шт. проектируемый вариант;

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

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

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

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [20]:

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

где  $F_n$  – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч.;

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

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 117 – количество выходных и праздничных дней; 242 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 236 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_n = 242 \cdot 8 + 6 \cdot 7 = 1978 \text{ ч};$$

- при двухсменной работе (базовый вариант):

$$F_H = 1978 \cdot 2 = 3956 \text{ ч.}$$

- при трёхсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

$$F_H = 1978 \cdot 3 = 5934 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2,0% рабочего времени универсального оборудования и 9,0% для обрабатывающего центра с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (2.3), составляет:

$$F_{\text{оо}} = 3956 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 3877 \text{ ч базовый вариант.}$$

$$F_{\text{оо}} = 5934 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5400 \text{ ч проектируемый вариант.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени по формуле (2.2). Данные по расчетам сводим в таблицу 12 по базовому варианту.

$$C_{6P12} = \frac{0,5 \cdot 450}{3877 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,07 \text{ шт.};$$

$$C_{2620} = \frac{0,95 \cdot 450}{3877 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,13 \text{ шт.};$$

$$C_{2H55} = \frac{0,90 \cdot 450}{3877 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,12 \text{ шт.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени, согласно раздела 1.3.2. по формуле (2.2). Данные по расчетам сводим в таблицу 12 по проектируемому варианту.

$$C_{DMG M700} = \frac{0,53 \cdot 1950}{5400 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,22.$$

После расчета всех операций значений ( $T_{\text{шт. (ш-к)}}$ ) и ( $C_P$ ), устанавливаем принятое число рабочих мест ( $C_P$ ), округляя для ближайшего целого числа полученное значение ( $C_P$ ) [26].

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 52   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Таблица 12 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по базовому варианту

| Модель станка | Штучно-калькуляционное время ( $T_{шт. (ш-к)}$ ), ч. | Расчетное количество станков, $C_p$ | Принимаемое количество станков, $C_{п}$ | Кз.ф. |
|---------------|--|-------------------------------------|---|-------|
| 6P12          | 0,50   | 0,07                                | 1                                       | 0,07  |
| 2620          | 0,95   | 0,13                                | 1                                       | 0,13  |
| 2H55          | 0,90   | 0,12                                | 1                                       | 0,12  |
|               | $\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 2,35$                        | 0,32                                | $\Sigma C_{п} = 3$                      |       |

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

| Модель станка | Штучно-калькуляционное время ( $T_{шт. (ш-к)}$ ), ч. | Расчетное количество станков, $C_p$ | Принимаемое количество станков, $C_{п}$ | Кз.ф. |
|---------------|--|-------------------------------------|---|-------|
| DMG M700/5    | 0,53   | 0,22                                | 1                                       | 0,22  |
|               | $\Sigma T_{шт. (ш-к)} = 0,53$                        | 0,22                                | $\Sigma C_{п} = 1$                      |       |

Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 14 по базовому варианту, по проектируемому в таблице 15.

Таблица 14 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

| Наименование оборудования | Модель | Количество оборудования | Мощность, кВт |              | Стоимость одного станка, тыс. р. |        |                          | Стоимость всего оборудования, тыс. р. |
|---------------------------|--------|-------------------------|---------------|--------------|----------------------------------|--------|--------------------------|---------------------------------------|
|                           |        |                         | Одного станка | Всех станков | Цена                             | Монтаж | Первоначальная стоимость |                                       |
| 1                         | 2      | 3                       | 4             | 5            | 6                                | 7      | 8                        | 9                                     |
| Фрезерный                 | 6P12   | 1                       | 11            | 11           | 185                              | 18,5   | 203,5                    | 203,5                                 |
| Горизонтально-расточной   | 2620   | 1                       | 7,5           | 7,5          | 145                              | 14,5   | 159,5                    | 159,5                                 |

Окончание таблицы 14

| 1                     | 2     | 3 | 4   | 5   | 6   | 7  | 8   | 9   |
|-----------------------|-------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| Радиально-сверлильный | 22Н55 | 1 | 7,5 | 7,5 | 200 | 20 | 220 | 220 |
| Итого                 |       | 3 |     | 26  | 530 |    | 583 | 583 |

Таблица 15 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

| Наименование оборудования | Модель      | Количество оборудования | Мощность, кВт |              | Стоимость одного станка, тыс. р. |        |          |                          | Стоимость всего оборудования, тыс. р. |
|---------------------------|-------------|-------------------------|---------------|--------------|----------------------------------|--------|----------|--------------------------|---------------------------------------|
|                           |             |                         | Одного станка | Всех станков | Цена                             | Монтаж | Демонтаж | Первоначальная стоимость |                                       |
| ОЦ с ЧПУ                  | DMG M700/5. | 1                       | 18,5          | 18,5         | 14220                            | 1230   | 50       | 14220                    | 15500                                 |
| Итого                     |             | 1                       |               | 18,5         |                                  |        |          |                          | 15500                                 |

Капитальные вложения в оборудование ( $K_{об}$ ) с учётом загрузки станка на 15% составляют  $0,22 \cdot 15500 = 3410$  тыс. р.

*Определение капитальных вложений в приспособления*

Размер капитальных вложений в приспособления определяем по формуле

$$K_{прс} = \sum g_p \cdot N_{прс} \cdot Ц_{пр} \cdot K_{осн},$$

(21)

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

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

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

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

$C_{\text{прс}}$  – стоимость приспособлений,  $C_{\text{прс1}}=19000$  р., (спец. приспособление),  $C_{\text{прс2}}=20000$  р., (спец. приспособление).

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

$$C_{\text{прс}} = (19000+20000) \cdot 1,025 = 79950 \text{ р.}$$

Рассчитываем размер капитальных вложений в приспособления по формуле [26]:

$$K_{\text{прс}} = 79,95 \text{ тыс. р.}$$

$$\text{Итого: } 3410+79,95=3489,95 \text{ тыс. р.}$$

#### 4.3. Расчет технологической себестоимости детали

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

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [22]:

$$C = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (22)$$

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

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

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

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

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

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

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 55   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [22]:

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

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

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

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

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

Численность станочников вычисляем по формуле [23]:

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

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1978 ч.;

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

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, базовый вариант  $N_{год} = 450$  шт., по проектируемому варианту  $N_{год} = 1950$  шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 117 – количество выходных и праздничных дней; 242 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 236 – рабочие дни продолжительностью 8 ч;

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 56   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



потери: 24 – отпуск очередной, 2 – потери пол больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 32 дня.). Отсюда количество рабочих часов

станочника составляет 1674 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (2.8). Результаты вычислений сводим в таблицу 16 по проектируемому варианту в таблице 17.

Таблица 16 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

| Наименование операции | Разряд | Часовая тарифная ставка, р. | Штучно-калькуляционное время, ч | Зарботная плата, р | Расчётная численность станочников, чел. |
|-----------------------|--------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|---|
| Фрезерная             | 3      | 105,4                       | 0,50                            | 52,7               | 0,49                                    |
| Расточная             | 4      | 125,5                       | 0,95                            | 119,2              | 0,94                                    |
| Сверлильная           | 3      | 110,1                       | 0,90                            | 99,1               | 0,89                                    |
| Итого                 |        |                             |                                 | 271,0              | 2,32                                    |

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Ззп = 271 \cdot 450 = 121950 \text{ р.}$$

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

$$Ззп = 121950 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 162681,3 \text{ р.}$$

Таблица 17 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

| Наименование операции   | Разряд | Часовая тарифная ставка, р. | Штучно-калькуляционное время, ч | Зарботная плата, р | Численность станочников, чел. |
|-------------------------|--------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Комплексная на ОЦ с ЧПУ | 3      | 128,5                       | 0,53                            | 68,1               | 0,52                          |
| Итого                   |        |                             |                                 | 68,1               | 0,52                          |

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Ззп = 68,1 \cdot 1950 = 132795 \text{ р.}$$

$k_{MH} = 1$ ;  $k_{доп} = 1,16$ ;  $k_p = 1,15$ .

$Z_{ЗП} = 132795 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 177148,5$  руб.

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле

$$Z_{всп} = \frac{C_T^{всп} \cdot F_p \cdot Ч_{всп} \cdot k_{доп} \cdot k_p}{N_{год}}, \quad (24)$$

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = 450$  шт.;

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

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

$k_{доп} = 1,23$ ;

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

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

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{нал} = \frac{g_n \cdot n}{N}, \quad (25)$$

где  $g_n$  – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет  $g_n = 0,32$  шт.;

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

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

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

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 58   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

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

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,08 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,08 \cdot 0,07 = 0,01 \text{ чел.}$$

По формуле (2.9) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{75,9 \cdot 1674 \cdot 0,08 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{450} = 33,3 \text{ р.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{59,2 \cdot 1674 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{450} = 3,3 \text{ р.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{55,8 \cdot 1674 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{450} = 3,1 \text{ р.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь по каждому их вариантов, сводим в таблицу 18 по проектируемому в таблице 19.

Таблица 18 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

| Специальность рабочего | Часовая тарифная ставка, р. | Численность, чел. | Затраты на изготовление одной детали, р. |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|--|
| Наладчик               | 79,5                        | 0,08              | 33,3                                     |
| Транспортный рабочий   | 59,2                        | 0,01              | 3,3                                      |
| Контролер              | 55,8                        | 0,01              | 3,1                                      |
| Итого                  |                             | 0,10              | 39,7                                     |

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{зп}} = 39,7 \cdot 450 = 17865 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (2.7):

$$З_{\text{зп}} = 162681,3 + 17865 = 180546,3 \text{ р.}$$

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

| Специальность рабочего | Часовая тарифная ставка, р. | Численность, чел. | Затраты на изготовление одной детали, р. |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|--|
| Наладчик               | 79,5                        | 0,08              | 8,1                                      |
| Транспортный рабочий   | 59,2                        | 0,01              | 0,8                                      |
| Контролер              | 55,8                        | 0,01              | 0,7                                      |
| Итого                  |                             | 0,10              | 9,6                                      |

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 9,6 \cdot 1950 = 18720 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (5.7):

$$З_{зп} = 177148,5 + 18720 = 195868,5 \text{ р.}$$

Отчисления в социальный фонд.

Отчисления в социальный фонд страхования составляют 30% от фонда заработной платы.

$$\text{Базовый вариант } 180546,3 \cdot 0,3 = 54163,9 \text{ р.}$$

$$\text{Проектируемый вариант } 198868,5 \cdot 0,3 = 58760,6 \text{ р.}$$

#### 4.3.3. Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали операции, рассчитываем по формуле [26]:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{ep} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вт}} \cdot Ц_э, \quad (26)$$

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

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,

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

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

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

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

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

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (2.11):

$$Z_э(6P12) = \frac{11 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,5}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,3 = 3,3 \text{ р.};$$

$$Z_э(2620) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,95}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,3 = 4,3 \text{ р.};$$

$$Z_э(2H55) = \frac{7,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,90}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,3 = 4,1 \text{ р.};$$

$$Z_э(DMG M700/5.) = \frac{18,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,53}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 2,35 = 4,2 \text{ р.};$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 20 по проектируемому варианту в таблицу 21.

Таблица 20 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

| Модель станка | Установленная мощность, кВт | Штучно-калькуляционное время, ч | Затраты на электроэнергию, р. |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 6P12          | 11                          | 0,50                            | 3,3                           |
| 2620          | 7,5                         | 0,95                            | 4,3                           |
| 2H55          | 7,5                         | 0,90                            | 4,1                           |
| Итого         |                             |                                 | 11,7                          |

Определим затраты на электроэнергию плату за год:

$$Z_э = 11,7 \cdot 450 = 5262 \text{ р.}$$

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

| Модель станка | Установленная мощность, кВт | Штучно-калькуляционное время, ч | Затраты на электроэнергию, р. |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DMG M700/5.   | 18,5                        | 0,53                            | 4,2                           |
| Итого         |                             |                                 | 4,2                           |

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$Z_3 = 4,2 \cdot 1950 = 8190 \text{ р.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$Z_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (27)$$

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 [26]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (28)$$

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

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

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$  – годовой действительный фонд работы оборудования,  $F_{обБАЗ} = 3877$  ч. и  $F_{обНОВ} = 5400$  ч;

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

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

Производим расчеты по вариантам по формуле (2.13):

$$C_{\text{ам}}(6P12) = \frac{203500 \cdot 0,12 \cdot 0,5}{3877 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 3,6 \text{ р.};$$

$$C_{\text{ам}}(2620) = \frac{159500 \cdot 0,12 \cdot 0,95}{3877 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 5,4 \text{ р.};$$

$$C_{\text{ам}}(2H55) = \frac{220000 \cdot 0,12 \cdot 0,90}{3877 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 7,1 \text{ р.};$$

$$C_{\text{ам}}(\text{DMG M700/5.}) = \frac{3410000 \cdot 0,08 \cdot 0,53}{5400 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 18,1 \text{ р.}$$

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

$C_{\text{РЕБаз}} = 372 \text{ р.}$ ,  $C_{\text{РЕнов}} = 891 \text{ р.}$  Вычисления производим по формуле

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}}, \quad (29)$$

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

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

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

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по

формуле (29):

$$C_{\text{рем}}(6P12) = \frac{372 \cdot 1}{0,5 \cdot 450} = 1,7 \text{ р.}; C_{\text{рем}}(2620) = \frac{372 \cdot 1}{0,95 \cdot 450} = 0,9 \text{ р.}$$

$$C_{\text{рем}}(2H55) = \frac{372 \cdot 1}{0,90 \cdot 450} = 0,9 \text{ р.}; C_{\text{рем}}(\text{DMG M700/5.}) = \frac{891 \cdot 1}{0,53 \cdot 1950} = 0,8 \text{ р.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 22 по проектируемому в таблицу 23.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 63   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

Таблица 22 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

| Модель станка | Стоимость, тыс. р. | Количество, шт. | Норма амортизационных отчислений, % | Штучно-калькуляционное время, ч | Амортизационные отчисления, р. | Затраты на ремонт, р. |
|---------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 6P12          | 203,5              | 1               | 12                                  | 0,50                            | 3,6                            | 1,7                   |
| 2620          | 159,5              | 1               | 12                                  | 0,95                            | 5,4                            | 0,9                   |
| 2M55          | 220,0              | 1               | 12                                  | 0,90                            | 7,1                            | 0,9                   |
| Итого         |                    |                 |                                     |                                 | 16,1                           | 3,5                   |

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

| Модель станка | Стоимость, тыс. р. | Количество, шт. | Норма амортизационных отчислений, % | Штучно-калькуляционное время, ч | Амортизационные отчисления, р. | Затраты на ремонт, р. |
|---------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| DMG M700/5.   | 3410,0             | 1               | 8                                   | 0,53                            | 18,1                           | 0,8                   |
| Итого         |                    |                 |                                     |                                 | 18,1                           | 0,8                   |

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (27):

$$Z_6 = 16,1 + 3,5 = 19,6 \text{ р.}$$

$$Z_{II} = 18,1 + 0,8 = 18,9 \text{ р.}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в базовой технологии вычисляем по формуле:

$$Z_{II} = \frac{C_{II} + \beta_n \cdot C_n}{T_{ст} \cdot N_{год} \cdot (\beta_n + 1)} \cdot T_m \cdot \eta_{II}, \quad (30)$$

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

$\beta_n$  - число переточек;



$C_{II}$  – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$  – период стойкости инструмента;

$T_{м}$  – машинное время;

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

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = 450$ .

В таблице 24 укажем инструмент, используемый в базовом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 24 – Перечень инструмента базового тех. процесса

| № опер | Наименование                      | $T_{м}$ , мин | № опер | Наименование                | $T_{м}$ , мин |
|--------|-----------------------------------|---------------|--------|-----------------------------|---------------|
| 010    | Фреза торцевая<br>Ø160 ГОСТ 26595 | 6,8           | 015    | Резец угловой ГОСТ<br>18875 | 1,1           |
| 010    | Фреза торцевая<br>Ø100 ГОСТ 26595 | 4,5           | 020    | Сверло ГОСТ 10903           | 18,5          |
| 015    | Резец расточной<br>ГОСТ 18883     | 15,5          | 020    | Зенкер ГОСТ 12489           | 14,3          |
| 015    | Резец канавочный<br>ГОСТ 18885    | 2,2           | 020    | Метчик М8 ГОСТ 3449         | 25,4          |

Производим расчет затрат на эксплуатацию инструмента по базовому

тех. процессу (для стандартного инструмента) по формуле (2.15):

$$Z_{II} = \frac{3560 + 5 \cdot 80}{60 \cdot 450 \cdot 6} \cdot 6,8 \cdot 0,98 + \frac{3120 + 5 \cdot 60}{60 \cdot 450 \cdot 6} \cdot 4,5 \cdot 0,98 + \frac{610 + 7 \cdot 60}{60 \cdot 450 \cdot 8} \cdot 15,5 \cdot 0,98 + \frac{750 + 5 \cdot 75}{60 \cdot 450 \cdot 6} \cdot 2,2 \cdot 0,98 + \frac{450 + 8 \cdot 45}{60 \cdot 450 \cdot 9} \cdot 1,1 \cdot 0,98 + \frac{350 + 10 \cdot 40}{25 \cdot 450 \cdot 11} \cdot 18,5 \cdot 0,98 + \frac{450 + 6 \cdot 49}{32 \cdot 450 \cdot 7} \cdot 14,3 \cdot 0,98 + \frac{630 + 7 \cdot 84}{28 \cdot 450 \cdot 8} \cdot 25,4 \cdot 0,98 = 15,13р.$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Коэффициент - эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия.

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

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

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

$N$  - количество вершин сменной многогранной пластины, шт. Для круглой пластины рекомендуется принимать  $N = 6$ );

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

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

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

В таблицу 25 внесем параметры инструмента.

Таблица 25 – Параметры прогрессивного инструмента

| Операция | Инструмент  | Машинное время, мин | Цена единицы инструмента, руб. | Суммарный период стойкости инструмента, мин | Затраты на переточку инструмента, руб. | Коэффициент убыли | Итого затраты, руб. |
|----------|---|---------------------|--------------------------------|---|--|-------------------|---------------------|
| 1        | 2   | 3                   | 4                              | 5   | 6                                      | 7                 | 8                   |
| 010      | Фреза торцевая $\phi 160$<br>R220.53-8160-15-10C<br>Пластина SEMX<br>1505AFTN-M18<br>МК1500 | 2,21                | 15560<br><br>630               | <br><br>310                                 | -                                      | 0,90              | 1,12                |
| 010      | Фреза торцевая $\phi 100$<br>R220.53-8100-15-6C<br>Пластина SEMX<br>1505AFTN-M18<br>МК1500  | 0,46                | 13560<br><br>540               | <br><br>290                                 | -                                      | 0,90              | 1,85                |
| 010      | Фреза торцевая $\phi 125$<br>R220.53-0125-15-8C<br>Пластина SEMX<br>1505AFTN-M18<br>МК1500  | 0,39                | 14560<br><br>570               | <br><br>280                                 | -                                      | 0,90              | 1,44                |
| 015      | Головка расточная А790 40<br>Пластина ССМТ<br>09Т308-F1<br>ТР2500                           | 2,63                | 7520<br><br>500                | <br><br>320                                 |  | 0,90              | 2,55                |

Окончание таблицы 25

| 1   | 2   | 3    | 4           | 5   | 6   | 7    | 8    |
|-----|---|------|-------------|-----|-----|------|------|
| 015 | Головка<br>расточная<br>A790 50<br>Пластина<br>ССМТ<br>060204-F1<br>TP2500            | 1,32 | 8120<br>480 | 280 | -   | 0,90 | 1,88 |
| 015 | Фреза<br>R335.15-<br>25034.3-03-<br>2   | 0,03 | 7400        | 380 | -   | 0,90 | 0,61 |
| 015 | Головка<br>расточная<br>A729 60<br>CC06 45<br>Пластина<br>ССМТ<br>060204-F1<br>TP2500 | 0,07 | 8500<br>510 | 310 | -   | 0,90 | 0,88 |
| 020 | Сверло<br>SD203-3.2-<br>14-6R1  | 0,21 | 3520        | 370 | 550 | 0,90 | 1,22 |
| 020 | Фреза<br>R217.79-<br>2532.3-12A   | 0,01 | 700         | 420 | -   | 0,90 | 2,52 |
| 020 | Сверло<br>SD203-6.8-<br>25-8R1  | 0,24 | 3200        | 310 | 710 | 0,90 | 3,12 |
| 020 | Сверло<br>SD203-8.7-<br>29-10R1   | 0,03 | 3510        | 320 | 750 | 0,9  | 1,15 |
| 020 | Фреза ТМ-<br>М8х1.25ISO<br>8R5  | 3,74 | 4200        | 350 | 710 | 0,9  | 3,65 |

## Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле

$$Z_{\text{осн}} = \frac{g_p \cdot H_{\text{прс}} \cdot C_{\text{прс}} \cdot N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} \cdot 100}, \quad (31)$$

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

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

$C_{\text{прс}}$  – стоимость приспособлений, ( $C_{\text{прс1}} = 25600$  р.,  $C_{\text{прс2}} = 15631$  р.,  $C_{\text{прс3}} = 12563$  р.).

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

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = (450$  шт.).

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (31):

$$Z_{\text{осн}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot (25600 + 15631 + 12563) \cdot 66}{450 \cdot 100} = 78,9 \text{ р.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали сводим в таблицу 26.

Таблица 26 – Технологическая себестоимость обработки детали

| Статьи затрат  | Сумма, руб.<br>Базовый вариант | Сумма, руб.<br>Проектируемый<br>вариант |
|--|--------------------------------|---|
| 1  | 2                              | 3                                       |
| Заработная плата с<br>начислениями                   | 521,6                          | 132,1                                   |
| Затраты на технологическую<br>электроэнергию         | 11,7                           | 4,2                                     |
| Затраты на содержание и<br>эксплуатацию оборудования | 19,6                           | 18,9                                    |
| Затраты на эксплуатацию<br>оснастки                  | 78,9                           | 0                                       |
| Затраты на инструмент                                | 15,13                          | 22,90                                   |
| Итого  | 646,93                         | 178,10                                  |

## Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_{год. \delta} = (646,93 - 178,1) \cdot 1950 = 914218,5 \text{ р.}$$

## Анализ уровня технологии производства

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

Определим производительность труда на программных операциях:

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

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

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{пр.} = \frac{1674 \cdot 1,2 \cdot 60}{31,97} = 3770 \text{ шт / чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_{\delta} = \frac{1647 \cdot 1,2 \cdot 60}{141} = 841 \text{ шт / чел.год}$$

Рост производительности труда:

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

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

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 70   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

$$\Delta B = \frac{3770 - 841}{841} \cdot 100\% = 348,3\%$$

В таблице 27 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 27 - Технико-экономические показатели проекта

| Наименование показателей                                 | Ед. изм.   | Значения показателей |                   | Изменение показателей |
|--|------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
|  |            | базовый вариант      | проектный вариант |                       |
| Годовой выпуск деталей                                   | шт.        | 450                  | 1950              | +1500                 |
| Количество оборудования                                  | шт.        | 3                    | 1                 | -2                    |
| Количество рабочих                                       | чел.       | 3                    | 1                 | -2                    |
| Сумма инвестиций   | тыс. руб.  |                      | 3489,95           |                       |
| Трудоёмкость обработки одной детали                      | н/ч        | 2,35                 | 0,53              | -1,82                 |
| Технологическая себестоимость одной детали, в том числе: | руб.       | 646,93               | 178,1             | -468,83               |
| - затраты на инструмент                                  |            | 15,13                | 22,9              | +7,77                 |
| - заработная плата рабочих                               |            | 521,6                | 132,1             | -389,5                |
| Доля прогрессивного оборудования                         | %          | -                    | 100               | 100                   |
| Производительность труда                                 | шт/чел.год | 841                  | 3770              | +2929                 |
| Сменность  |            | 2                    | 3                 | +1                    |
| Рост производительности труда                            | %          | 100                  | 438,3             | +348,3                |
| Коэффициент загрузки оборудования                        |            | 0,16                 | 0,22              | +0,06                 |
| Годовой условный экономический эффект                    | тыс. руб.  |                      | 914,22            |                       |
| Срок окупаемости   | года       |                      | 3,82              |                       |

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 3,63 раза в результате роста производительности труда, повышения загрузки оборудования, сокращения удельных затрат материалов, электроэнергии.

Рост производительности труда обуславливает увеличение объема выпуска продукции с 450 шт. до 1950 шт. в год, что при неизменных материальных и трудовых затратах также ведет к снижению себестоимости продукции.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Фланец», расчета снижения трудоемкости технологического процесса и роста производительности труда, связанных с внедрением в производство более эффективного металлообрабатывающего оборудования был получен годовой экономический эффект в размере 914,22 т.р. и срок окупаемости проекта 3,82 года.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 72   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



## 5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В дипломном проекте рассматриваются вопросы совершенствования технологического процесса изготовления корпусной детали. В процессе изготовления детали есть многоцелевые операции, выполняемые на станках с числовым программным управлением.

В базовом варианте, для изготовления детали «Фланец» требовались рабочие не ниже 2 разряда: токарь, фрезеровщик, слесарь. В проектном варианте будет требоваться только оператор станков с ЧПУ 2-3 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 рабочих, способных выполнять работы станках с программным управлением – рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением».

Переподготовка производится на базе центра дополнительного профессионального образования ООО «УДМЗ» (Центр ДПО), который занимается подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации рабочих. На переподготовку отведено 106 часов.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 73   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 5.1. Анализ профессионального стандарта

В настоящее время с России действует профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н. Согласно ему основной вид профессионально 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».

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 74   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

В таблице 28 приведено описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом.

Таблица 28 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в соответствии с профессиональным стандартом

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

Окончание таблицы 28

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

Деталь, рассматриваемая в дипломном проекте, может быть отнесена к деталям высокой степени сложности, поэтому далее проанализируем первую обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности». Анализ приведен в таблице 2.

Таблица 29 – Анализ обобщенной трудовой функции «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности»

|  |  |   |     |   |                      |   |
|--|--|---|-----|---|----------------------|---|
| Наименование                           | Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей   |   | Код | А | Уровень квалификации | 3 |
| Возможные наименования должностей      | Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд)<br>Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд)<br>Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд)<br>Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации<br>Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации<br>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  |   |     |   |                      |   |
|  | Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте  |   |     |   |                      |   |
| Дополнительные характеристики          |  |   |     |   |                      |   |
| Наименование классификатора            | код  | Наименование базовой группы, должности (профессии) или специальности          |     |   |                      |   |
| ОКЗ                                    | 7223   | Станочники на металлообрабатывающих станках, наладчики станков и оборудования |     |   |                      |   |
| ЕТКС                                   | §44  | Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением 5-й разряд         |     |   |                      |   |
| ОКНПО                                  | 010703   | Наладчик станков и манипуляторов с программным управлением                    |     |   |                      |   |

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

- Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях деталей по 7–8 квалитетам
- Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)
- Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам

В дипломной работе рассматривается деталь высокой степени сложности, требующая высокого уровня сформированности умений программирования обработки, поэтому остановимся на первой трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)», которая должна быть сформирована на втором уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 3.

Таблица 30 – Анализ трудовой функции – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

| Наименование          | Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)                   | Код | A/01.2 | Уровень (подуровень) 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 |     |        |                                   |   |
| Необходимые знания    | Режимы работы стойки ЧПУ  |     |        |                                   |   |
|                       | Системы графического программирования   |     |        |                                   |   |
|                       | Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами           |     |        |                                   |   |
|                       | Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности    |     |        |                                   |   |
| Другие характеристики | Наличие II квалификационной группы по электробезопасности                           |     |        |                                   |   |

Рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования тематического плана переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре «УДМЗ», который анализируется в следующем параграфе.

## 5.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением 2 разряда

Учебный план переподготовки по профессии оператор станков с программным управлением в рамках учебного центра предприятия рассчитан на СРОК ОБУЧЕНИЯ = 106 часов (1,5 месяца по 4 часа в день) и включает учебные занятия теоретического и практического обучения, а также квалификационный экзамен. Базовые профессии – токарь, фрезеровщик, слесарь. Уровень квалификации оператора после переподготовки – 2 разряд. Учебный план приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Учебный план переподготовки по профессии Оператор станков с ПУ второго разряда

| № | Название учебного предмета                         | Кол-во часов |
|---|--|--------------|
| 1 | Станки с программным управлением                   | 20           |
| 2 | Основы программирования процесса обработки деталей | 20           |
| 3 | Наладка станков с программным управлением          | 20           |
| 4 | Производственное обучение                          | 40           |
| 5 | Квалификационный экзамен                           | 6            |
|   | ИТОГО  | 106          |

Переподготовка производится на базе центра ДПО ООО «УДМЗ»

Центр ДПО имеет право ведения образовательной деятельности по профессиональной подготовке рабочих 16 специальностей и дополнительное профессиональное образование (повышение квалификации) по 12 специальностям в соответствии с лицензией Министерства общего и профессионального образования А 300783 рег.№3481 от 19.01.10 г.

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

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

- учебно-методический кабинет,
- техническую библиотеку, читальный зал;
- кабинеты для сотрудников Центра, помещение для преподавателей;
- медицинский пункт;
- столовую;
- бытовые и другие помещения.

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

В рамках учебного плана предусмотрен учебный предмет «Основы программирования процесса обработки деталей». Рассмотрим рабочую программу этого предмета (таблица 32).

Таблица 32– Тематический план предмета «Основы программирования процесса обработки деталей»

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 80   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



| Название темы  | Общее кол-во 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                   | 4                  | 4                      |                       |
| <b>Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ</b> | <b>4</b>           | <b>2</b>               | <b>2</b>              |
| Программирование фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ  | 4                  | 2                      | 2                     |
| ИТОГО  | 20                 | 14                     | 6                     |

Из программы выбираю тему теоретического занятия «Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ». На эту тему отводится 2 часа. Далее проведем анализ темы «Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ».

Данная тема рассчитана на 1 урок 2 часа. Тема полностью теоретическая и направлена на изучение особенностей построения управляющих программ в системах ЧПУ. Поурочный план обучения по данной теме приведен в таблице 33.

Основные вопросы, которые будут рассматриваться в теме «Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ»:

- 1) Сверление и программирование сверления в системе Heidenhain
- 2) Основные циклы сверления в Heidenhain, ход и параметры циклов.

На ООО «УДМЗ» в настоящее время внедряется современные станки с ЧПУ, оснащенные системой числового программного управления «ЧПУ Heidenhain». Система ЧПУ «Heidenhain» является универсальной системой

ЧПУ, предназначенной как для программирования сверлильной, так и для программирования фрезерной обработки.

5.3. Разработка методики и методического обеспечения урока по теме:

«Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ»

Таблица 33 – Поурочный план обучения по теме «Программирование сверлильной обработки на станках с ЧПУ»

| № урока       | Тема урока   | Цели урока   | Методы обучения   | Тип урока            | Материально-техническое оснащение  |
|---------------|--|--|---|----------------------|--|
| 1             | 2  | 3  | 4   | 5                    | 6  |
| 1<br>(2 часа) | Подготовка управляющих программ для системы ЧПУ «Heidenhain» с использованием циклового программирования | дидактические:<br>сформировать у учащихся знания:<br>- принципов программирования сверлильной обработки деталей с использованием циклового программирования<br>воспитательные:<br>- воспитать бережное отношение к инструменту и оборудованию,<br>развивающие:<br>- развить целеустремленность и волю при выполнении запланированной работы. | рассказ, беседа, демонстрация презентации, самостоятельная работа по изучению презентации, самостоятельная работа по заполнению рабочей тетради | Комбинированный урок | Компьютерная презентация; Программ-тренажер Heidenhain; Система ЧПУ «Heidenhain»; Персональные компьютеры; Обеспечение для самостоятельной работы обучаемых. |

В рамках дипломного проекта разработаем первый урок – урок теоретического обучения по теме «Подготовка управляющих программ для системы ЧПУ «Heidenhain» с использованием циклового программирования»

Таблица 34 – Модель деятельности преподавателя и обучаемых на уроке теоретического обучения по теме «Подготовка управляющих программ для системы ЧПУ «Heidenhain» с использованием циклового программирования»

| Основные этапы урока        | Деятельность преподавателя   | Деятельность обучаемых   | Кол-во времени |
|-----------------------------|--|--|----------------|
| 1                           | 2  | 3  | 4              |
| Организационная часть       | Приветствует обучаемых. Проверяет присутствующих. Использует <b>слайд №1</b> на котором сформулирована тема урока.   | Переписывают в тетради с <b>1 слайда</b> тему урока  | 5 минут        |
| Мотивация обучаемых         | Рассказывает о значимости темы урока в общей подготовке операторов станков с ЧПУ   | Слушают преподавателя  | 2 минуты       |
| Актуализация опорных знаний | Задаёт вопросы, анализирует ответы. Добавляет информацию к их ответам. <b>(Приложение В)</b> . Использует <b>слайд №2</b> , просит дать определение понятию «Сверление».   | Отвечают на вопросы. Актуализируют опорные знания. Сравнивают свои ответы с определением на <b>слайде №2</b> .   | 13 минут       |
| Изложение нового материала  | Рассказывает о принципах программирования с использованием циклового программирования. Использует <b>слайды № 3-18</b> для демонстрации принципов и методов программирования с использованием стандартных циклов Heidenhain. | Переписывают в тетради со <b>слайда №3</b> название и расшифровку циклов обработки отверстий в системе Heidenhein. Записывают в тетради параметры и ход циклов 200-204. <b>(Слайды 4-18)</b> . После изучения каждого из циклов выполняют задания. | 35 минут       |

Окончание таблицы 34

| 1                             | 2  | 3  | 4        |
|-------------------------------|--|--|----------|
| Закрепление нового материала. | Выдает задания для работы с тренажерами. Контролирует правильность работы. Использует <b>слайды №6,9,12,15,18</b> , в которых сформулированы задания на закрепление нового материала | Выполняют задания ( <b>слайды 6,9,12,15,18</b> ), в которых предлагается заполнить таблицы с параметрами цикла. Затем данные таблиц переносят в тренажер ЧПУ | 25 минут |
| Заключительная часть          | Задаёт вопросы для закрепления нового учебного материала <b>Слайд №19</b>  | Каждый обучаемый устно отвечает на вопрос из <b>слайда №19</b>   | 10 минут |

План-конспект урока теоретического обучения по теме «Подготовка управляющих программ для системы ЧПУ «Heidenhain» с использованием циклового программирования»

1. Организационная часть

Здравствуйте уважаемые операторы. Сегодня мы начнем изучать очень важную тему, связанную с материальной базой систем управления станками. Это тема «Подготовка управляющих программ для системы ЧПУ «Heidenhain» с использованием циклового программирования»

На занятиях мы с вами рассмотрим:

1. Сверление и его программирование в Heidenhain
2. Основные циклы сверления в Heidenhain, их ход и параметры

Прошу сегодня проявить особое внимание к изучаемому материалу.

2. Мотивация обучаемых

Оператор станков с ЧПУ сегодня должен точен хорошо работать и в области разработки управляющих программ. Для системы ЧПУ «Heidenhain» разработан ряд стандартных циклов, облегчающих процесс разработки управляющих программ, которые позволяет не только

обучаться обработке, но и производить программирование всех видов обработки деталей. Сегодня мы остановимся на программировании сверлильной обработки с использованием стандартных циклов.

### 3. Актуализация опорных знаний

На предыдущих занятиях мы рассмотрели общие сведения о программах и программном управлении. Сегодня мы переходим к изучению особенностей программирования токарной обработки, но прежде вспомним основные моменты из пройденного материала. Дайте определение понятию Сверление (Слайд №2)

### 4. План-конспект изложения учебного материала на уроке

Контурная система управления iTNC 530 для фрезерных станков, сверлильных станков и обрабатывающих центров

Система управления iTNC 530 фирмы Heidenhain предназначена для работы на фрезерных и сверлильных станках, а также на обрабатывающих центрах. Система iTNC 530 универсальна, что подтверждает широкая сфера её применения:

- Универсальные фрезерные станки;
- Высокоскоростное фрезерование;
- Пятиосевая обработка с помощью поворотной шпиндельной головки и поворотного стола;
- Пятиосевая обработка на больших станках;
- Горизонтально-расточные станки;
- Обрабатывающие центры и автоматизированная обработка iTNC 530 способна управлять 13 осями и шпинделем. Время обработки кадра 0,5 мс. В качестве памяти программ применяют жесткий диск. Память включает в себя встроенный блок управления цифровыми приводами. В итоге достигается высокоточное изготовление контура заготовки при обработке на больших скоростях подачи. В двухпроцессорной версии система iTNC 530 дополнительно содержит операционную систему Windows XP в

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 85   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

качестве интерфейса пользователя и можно применять стандартные прикладные программы Windows.

Сверление - вид механической обработки материалов резанием, при котором с помощью специального вращающегося режущего инструмента (сверла) получают отверстия различного диаметра и глубины, или многогранные отверстия различного сечения и глубины.

На ЧПУ сверление может быть запрограммировано в виде цикловой обработки.

Рассмотрим основные циклы программирования обработки отверстий в системе ЧПУ Heidenhain (Слайд №3):

Цикл 200 Центрование отверстий

Цикл 201 Сверление отверстий

Цикл 202 Развертывание отверстий

Цикл 203 Растачивание отверстий

Цикл 204 Глубокое сверление

Ход цикла 200 (Слайды №4,5):

1 Система ЧПУ перемещает инструмент на ускоренном ходу FMAX на заданном безопасном расстоянии над поверхностью заготовки по оси шпинделя;

2 Инструмент с заданной подачей F позиционируется на заданный диаметр центровки или на заданную глубину центровки;

3 Инструмент задерживается на дне центровки, если это определено;

4 Затем инструмент перемещается с FMAX на безопасное расстояние или, если было задано, на 2-е безопасное расстояние.

Параметры цикла приведены на слайде.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 86   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## Цикл 201 Сверление отверстий (Слайды №7,8)

Ход цикла:

1 Система ЧПУ перемещает инструмент на ускоренном ходу FMAX на заданном безопасном расстоянии над поверхностью заготовки по оси шпинделя;

2 Инструмент сверлит с заданной подачей F до первой глубины врезания;

3 ЧПУ отводит инструмент со подачей FMAX на безопасное расстояние, выдерживает там, если так было запрограммировано, а затем с подачей FMAX перемещает на безопасное расстояние над точкой первого врезания на глубину;

4 Затем инструмент врезается с заданной подачей F на большую глубину врезания;

5 ЧПУ повторяет эту операцию (с 2 до 4 шагов) до тех пор, пока не будет достигнута заданная глубина сверления;

6 Со dna сверления инструмент перемещается с FMAX на безопасное расстояние или, если было задано, на 2-ое безопасное расстояние.

Параметры цикла приведены на слайде.

## Цикл 202 Развертывание отверстий (Слайды №10,11)

Ход цикла:

1 Инструмент на ускоренном ходу FMAX перемещается по оси шпинделя и позиционируется на заданной безопасной высоте над поверхностью заготовки;

2 Инструмент выполняет развертывание с заданной подачей F до запрограммированной глубины;

3 Инструмент задерживается на дне просверленного отверстия, если это было задано

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 87   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

4 Затем система ЧПУ возвращает инструмент со подачей F на безопасное расстояние и, если было задано, перемещает отсюда со подачей FMAX на 2-е безопасное расстояние.

Параметры цикла приведены на слайде.

Цикл 203 Растачивание отверстий (Слайды №13,14)

Ход цикла:

1 Система ЧПУ перемещает инструмент на ускоренном ходу FMAX на заданном безопасном расстоянии над поверхностью заготовки по оси шпинделя;

2 Инструмент сверлит с подачей сверления до достижения глубины;

3 На дне просверленного отверстия инструмент задерживается, если это было задано, с вращающимся шпинделем до выхода из материала;

4 Затем ЧПУ ориентирует шпиндель на позицию, определенную параметром Q336;

5 Если выбран выход из материала, то система ЧПУ выходит из материала в заданном направлении на 0,2 мм (фиксированное значение);

6 Затем ЧПУ перемещает инструмент с подачей обратного хода на безопасное расстояние и отсюда, если было задано, с FMAX на 2-е безопасное расстояние. Если Q214=0, то обратный ход осуществляется по стенке высверленного отверстия.

Параметры цикла приведены на слайде.

Цикл 204 Глубокое сверление (Слайды №16,17)

Ход цикла:

1 Инструмент на ускоренном ходу FMAX перемещается по оси шпинделя и позиционируется на заданной безопасной высоте над поверхностью заготовки;

2 Если введенная точка старта находится на глубине, то система ЧПУ производит перемещение с заданной подаче позиционирования на безопасное расстояние над находящейся в глубине точкой старта;

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 88   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |



3 Инструмент сверлит с заданной подачей F до первой глубины врезания;

4 Если задана ломка стружки, система ЧПУ возвращает инструмент на заданное значение. Если работы производятся без ломки стружки, ЧПУ возвращает инструмент на ускоренном ходу на безопасное расстояние и снова перемещает с FMAX на расстояние опережения в точку, находящуюся над первой глубиной врезания;

5 Затем инструмент сверлит с заданной подачей на оставшуюся глубину врезания. Глубина врезания уменьшается с каждым подводом на количество снятия материала, если это задано;

6 ЧПУ повторяет эту операцию (2-4) до тех пор, пока не будет достигнута глубина сверления;

7 На дне высверленного отверстия инструмент задерживается, если это было задано, для выхода из материала и после выдержки отводится с подачей обратного хода на безопасное расстояние. Если было задано 2-е безопасное расстояние, ЧПУ перемещает туда инструмент с FMAX.

Параметры цикла приведены на слайде.

Таким образом, мы рассмотрели ход и основные параметры циклов обработки отверстий в системе ЧПУ Heidenhein, а теперь перейдем к практической отработке этих циклов.

#### 5. Закрепление нового материала.

Мы рассмотрели 5 циклов и их параметры. Сейчас за вашими компьютерами вы откроете презентацию и тренажер по системе ЧПУ Heidenhein.

В презентации приведены задания для самостоятельной работы, в которых описаны параметры цикла, которые вам нужно внести в таблицы (слайды 6,9,12,15,18), а затем перенести в управляющие программы на тренажер (рисунок 8).

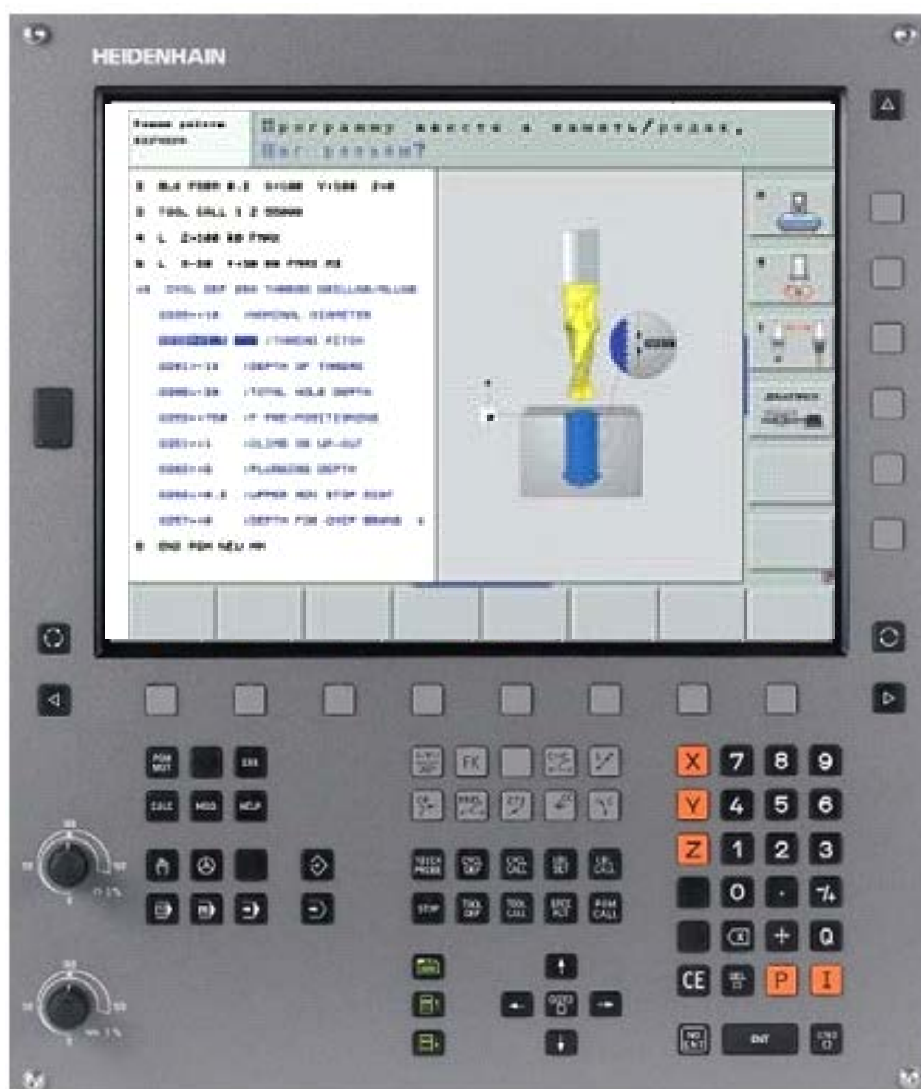


Рисунок 8– Окно программы - тренажера Heidenhain

Выполняя задания, опирайтесь на теоретические сведения, приведенные в презентации.

Учащиеся самостоятельно выполняют задания по программированию цикловой обработки в систем ЧПУ Heidenhain N. Преподаватель контролирует правильность выполнения, отвечает на вопросы, возникающие у обучаемых и корректирует ошибки в программировании цикловой обработки в системе ЧПУ Heidenhain.

#### 6. Заключительная часть

Проводит опрос обучаемых по изученному материалу по контрольным вопросам, приведенным в презентации (Слайд №18)

##### 1. Что такое сверление?

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 90   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

2. Какие инструменты применяются для сверления?
3. Какие циклы обработки отверстий предусмотрены в ЧПУ Heidenhain?
4. Чем отличается 201 и 204 циклы обработки отверстий предусмотрены в ЧПУ Heidenhain?
5. Назовите основные параметры циклов обработки отверстий ЧПУ Heidenhain.

Учащиеся отвечают на вопросы, а преподаватель слушает и анализирует ответы и при необходимости поправляет учащихся. Учащиеся делают поправки в таблицах и в цикловом программировании на программах – тренажерах Heidenhain.

Преподаватель делает заключение и выводы по проведенному уроку и диктует домашнее задание по изучению циклов сверлильной обработки в системе ЧПУ Heidenhain.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 91   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проектирования внесены изменения в базовый технологический процесс, применено другое оборудование, технологическая оснастка, режущий инструмент. Вместо универсальных станков применены многоцелевые станки с ЧПУ. Известно, что один станок с ЧПУ позволяет высвободить 3 – 4 станочника. Также применение этих станков позволяет применить многостаночное обслуживание, что повышает экономическую эффективность технологического процесса.

Сокращение количества станков привело к понижению затрат на электроэнергию. При проектировании соблюдены нормы техники безопасности. Применение централизованной уборки стружки и очистных сооружений повышает экологичность проекта.

Также в дипломном проекте разработан урок теоретического обучения по теме: «Теоретическое обучение оператора станков с программным управлением». Данная разработка может быть применена в технических ПУ, технических лицеях ПУ.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 92   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя: В 3 т. Т.1. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. 736с.
3. Бородина Н.В., Горонович М.В., Фейгина М.И. Подготовка педагогов профессионального обучения к перспективно-тематическому планированию: модульный подход: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Рос.гос.проф.-пед. ун-та, 2002. 260с.
4. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с., ил.
5. ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибробезопасность.
8. ГОСТ 12. 1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление.
9. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
10. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
11. ГН 2.2.5.691-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дополнение № 1.
12. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. 169 с.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    | 93   |

13. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов/Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин. – М.: Машиностроение, 1989. 288 с.

14. Макиенко Н.И. Педагогический процесс в училищах профессионально-технического образования: Метод. Пособие. – М.: Высш. школа, 1983. – 344 с., ил.

15. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А.А.Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. 736 с.

16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущем станке. В 2 ч. М.: Машиностроение, 1974. 416с.

17.Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание на металлорежущих станках. М.: Экономика, 1988. 366с.

18. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1974. 136с.

19. Овумян Г.Г., Адам Я.И. Справочник зубореза – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. 223 с.

20. Охрана труда в машиностроении. Учебник для машиностроительных вузов. Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев под ред. Е.Я. Юдина 2-е изд. перероб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 432с.

21. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. 400 с.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 94   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

22. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. М.: Машиностроение, 1972. 408 с.

23. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

24. СНИП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение.

25. СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочим инструментам.

26. Справочник технолога-машиностроителя. В2-х т. Т.1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд., переаб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656с.

27. Справочник технолога-машиностроителя. В2-х т. Т.2/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд., переаб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496с.

28. Станочные приспособления: Справочник, В 2-х т. /Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592 с., ил.

29. Станочные приспособления: Справочник, В 2-х т. /Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 2 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского, 1984. 656 с., ил.

30. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работ (дипломных проектах): Учебн. Пособие / Авт.-сост. Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2006. 66 с.

31. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: Учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2004. – 150 с.

|      |      |          |         |      |                    |      |
|------|------|----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |          |         |      | ДП 44.03.04.662 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                    | 95   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                    |      |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Перечень графического материала

| №  | Наименование документа              | Обозначение документа | Формат | Приложение |
|----|-------------------------------------|-----------------------|--------|------------|
| 1. | Чертеж детали «Фланец»              |                       | A1     |            |
| 2. | Чертеж заготовки                    |                       | A1     |            |
| 3. | Технологические операционные эскизы |                       | A1     | Плакаты    |
| 4. | Фрагмент управляющей программы      |                       | A1     |            |



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Деятельность обучаемых по слайдам презентации

| № Слайда  | Деятельность обучаемых   |
|-----------|--|
| <b>1</b>  | Переписывают в тетради с первого слайда тему урока   |
| <b>2</b>  | С помощью слайда №2 актуализируют понятие Сверление  |
| <b>3</b>  | Переписывают в тетради со слайда №3 название и расшифровку циклов обработки отверстий в системе Heidenhain |
| <b>4</b>  | Переписывают в тетради ход цикла 200 центрования отверстия в системе ЧПУ Heidenhain                        |
| <b>5</b>  | Переписывают в тетради основные параметры цикла 200 центрования отверстия в системе ЧПУ Heidenhain         |
| <b>6</b>  | Выполняют задание, в котором предлагается записать в таблицу параметры цикла 200                           |
| <b>7</b>  | Переписывают в тетради ход цикла 201 сверления отверстий в системе ЧПУ Heidenhain                          |
| <b>8</b>  | Переписывают в тетради основные параметры цикла 201 сверления отверстий в системе ЧПУ Heidenhain           |
| <b>9</b>  | Выполняют задание, в котором предлагается записать в таблицу параметры цикла 201                           |
| <b>10</b> | Переписывают в тетради ход цикла 202 развертывания отверстий в системе ЧПУ Heidenhain                      |
| <b>11</b> | Переписывают в тетради основные параметры цикла 202 развертывания отверстий в системе ЧПУ Heidenhain       |
| <b>12</b> | Выполняют задание, в котором предлагается записать в таблицу параметры цикла 202                           |
| <b>13</b> | Переписывают в тетради ход цикла 203 растачивания отверстий в системе ЧПУ Heidenhain                       |
| <b>14</b> | Переписывают в тетради основные параметры цикла 203 растачивания отверстий в системе ЧПУ Heidenhain        |

|           |  |
|-----------|--|
| <b>15</b> | Выполняют задание, в котором предлагается записать в таблицу параметры цикла 203                           |
| <b>16</b> | Переписывают в тетради ход цикла 204 глубокого сверления отверстий в системе ЧПУ Heidenhain                |
| <b>17</b> | Переписывают в тетради основные параметры цикла 204 глубокого сверления отверстий в системе ЧПУ Heidenhain |
| <b>18</b> | Выполняют задание, в котором предлагается записать в таблицу параметры цикла 204                           |
| <b>19</b> | Отвечают устно на контрольные вопросы  |