

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

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ КРЫШКА ЗАДНЯЯ*

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки Профессиональное обучение  
профилю подготовки Машиностроение и материаллообработка  
профилизации Технологии и оборудование машиностроения

Идентификационный код ВКР: 563

Екатеринбург 2017

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КРЫШКА ЗАДНЯЯ»**

Исполнитель:  
студент (ка) группы ЗТО-404С

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Водопьянов М.В.

Руководитель:  
Ученое звание, степень, должность

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Штерензон В.А., к.т.н., доцент

Нормоконтролер:  
Ученое звание, степень, должность

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Суриков В.П. , к.т.н., доцент

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 111 страницах, содержит 16 рисунков, 31 таблиц, 27 источников литературы, а также 2 приложения на 22 страницах.

Ключевые слова: Технологический процесс, технологичность, позиционность, зависимый допуск, гидроабразивная резка, обрабатывающий центр, управляющая программа.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Разработка технологического процесса механической обработки детали «Крышка задняя».

2. Целью данного дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления детали «Крышка задняя» в условиях мелкосерийного производства на предприятии ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика».

3. В результате выполнения ВКР был разработан технологический процесс изготовления детали «Крышка задняя», разработано содержание технологических операций, выбраны технологическое обеспечение и оснастка, подготовлена управляющая программа для обработки одной из поверхностей детали.

4. Выполнены экономические расчеты себестоимости изготовления детали в условиях ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика».

5. В методической части ВКР разработано занятие теоретического обучения оператора-наладчика станков с ЧПУ по теме «Машинная подготовка управляющих программ» в Учебном центре ЧУДПО «УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «УРАЛМАШЗАВОД».

|               |            |              |             |   |                                    |             |             |
|---------------|------------|--------------|-------------|---|------------------------------------|-------------|-------------|
|               |            |              |             |   | ДП 44.03.04.563 ПЗ                 |             |             |
| <i>Из Лис</i> | <i>№</i>   | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> |   |                                    |             |             |
| <i>Разраб</i> | Водопьянов |              |             | <i>Проектирование<br/>технологического процесса<br/>механической обработки<br/>детали «Крышка задняя»</i> | <i>Лит.</i>                        | <i>Лист</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Пров.</i>  | Штерензон  |              |             |   |                                    | 2           | 111         |
| <i>Н.</i>     | Суриков    |              |             |   | ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО<br>Гр. ЗТО-404С |             |             |
| <i>Зав.</i>   | Бородин    |              |             |   |                                    |             |             |

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 6  |
| 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....  | 7  |
| 1.1. Анализ исходных данных.....   | 7  |
| 1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика.....  | 7  |
| 1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....  | 9  |
| 1.1.3. Определение типа производства.....  | 12 |
| 1.2. Разработка технологического процесса обработки детали.....  | 13 |
| 1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления.....  | 13 |
| 1.2.2. Выбор технологических баз.....  | 20 |
| 1.2.3. Составление технологического маршрута обработки детали.....   | 21 |
| 1.2.4. Выбор средств технологического оснащения.....   | 24 |
| 1.2.4.1. Выбор и описание металлорежущего инструмента.....   | 24 |
| 1.3. Технологические расчеты.....  | 33 |
| 1.3.1. Расчет припусков.....   | 33 |
| 1.3.2. Назначение режимов резания.....   | 35 |
| 1.3.3. Расчет технических норм времени.....  | 37 |
| 1.4. Расчет сил зажима детали.....   | 40 |
| 1.5. Выбор контрольно-измерительного прибора и разработка схемы контроля (отклонения формы или расположения поверхностей)..... | 44 |
| 1.6. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали.....                                       | 47 |

|   |     |
|---|-----|
| 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....   | 56  |
| 2.1. Исходные данные .....  | 56  |
| 2.2. Определение капитальных вложений .....   | 57  |
| 2.2.1. Затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ.....   | 58  |
| 2.3. Расчет технологической себестоимости .....   | 59  |
| 2.3.1. Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих .....  | 60  |
| 2.3.2. Заработная плата вспомогательных рабочих: .....  | 61  |
| 2.3.3. Затраты на электроэнергию.....   | 62  |
| 2.3.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования .....   | 63  |
| 2.3.5. Определение затрат на эксплуатацию инструмента.....  | 65  |
| 3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....   | 66  |
| 3.1. Анализ профессионального стандарта.....  | 67  |
| 3.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» 3 разряда ..... | 72  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 95  |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....  | 96  |
| Приложение А Перечень листов графических документов .....   | 99  |
| Приложение Б Итоговый тест по программе обучения .....  | 100 |
| Приложение В Управляющая программа.....   | 104 |

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данного дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления детали «Крышка задняя» в условиях мелкосерийного производства на предприятии ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика».

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- проанализировать исходные данные о детали и производственные условия ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика»;
- разработать технологический процесс с учетом производственных условий предприятия;
- разработать управляющую программу обработки детали;
- выполнить экономическое обоснование предлагаемого технологического процесса;
- рассмотреть вопросы переподготовки рабочих кадров для ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика», разработать методическое обеспечение занятия теоретического обучения.

В разработанном технологическом процессе предполагается использовать современное высокотехнологичное оборудование и эффективный инструмент, что обеспечит высокую производительность и качество обработки изготавливаемой детали.

Актуальность данной работы заключается в том, что на данный момент на предприятии отсутствует технологический процесс изготовления детали «Крышка задняя» при необходимости её выпуска. Результаты данного проекта планируются к апробации на ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика» в сентябре 2017 года.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 6    |

## 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Анализ исходных данных

Анализ производится по исходным данным, которые включают в себя: рабочий чертеж детали с техническими требованиями, годовую программу выпуска деталей и условия производства.

#### 1.1.1. Служебное назначение и техническая характеристика

Деталь «Крышка задняя» изготавливается из алюминиевого деформируемого сплава В95, масса детали 4,8 кг, имеет следующие габариты:  $\text{Ø}256 \times \text{Ø}140 \times h95$  мм.

Деталь «Крышка задняя» используется в «Дефектоскопе», предназначенном для обнаружения и регистрации внутритрубных дефектов и повреждений в газо- нефтепроводе. Деталь «Крышка задняя» предназначена для герметизации аппаратурной секции с установкой силовых кабелей аккумуляторной системы (рисунок 1).

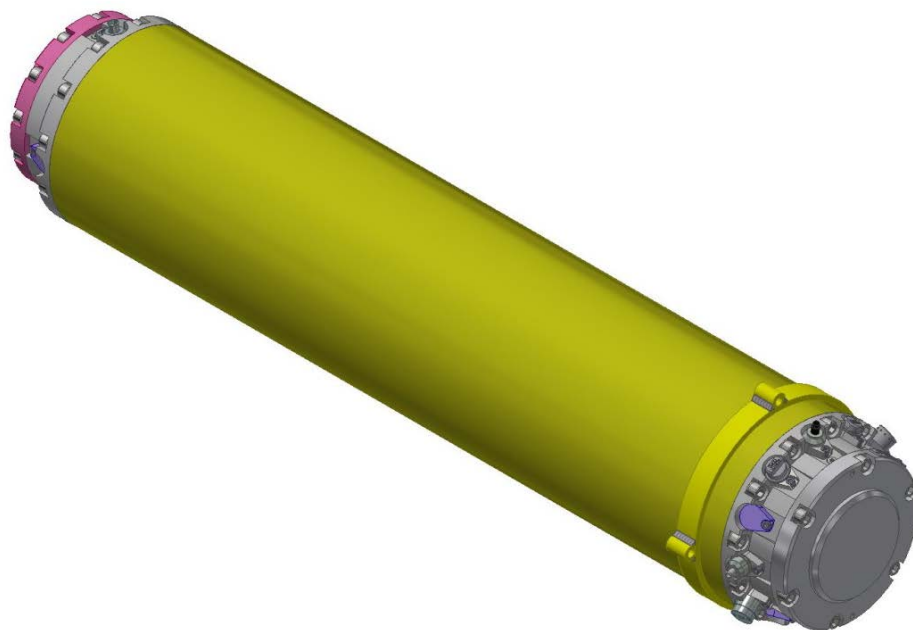


Рисунок 1 – Аппаратурная секция в сборе.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 7    |

Установочный  $\varnothing 220$  и две канавки размером 4,5 мм выполнены для уплотнительных колец, внутренний  $\varnothing 140$  выполнен для установки карданного шарнира. Двенадцать отверстий  $\varnothing 26$  являются установочными кабель каналов. Двенадцать отверстий  $\varnothing 13H12$  являются крепежными к аппаратурной секции. Двенадцать отверстий M12 - 6H предназначены для крепления шарнира. Два отверстия M8 - 7H применяются для демонтажа. Крышка задняя выполняет следующую функцию: герметизирует аккумуляторную систему, защищает находящуюся внутри аппаратуру от воздействий агрессивной среды.

Деталь «Крышка задняя» изготавливается из алюминиевого деформируемого сплава В95 ГОСТ 4784-97.

Данный сплав распространен в сфере производства высоко нагруженных системах, работающих в основном на сжатие и компонентов для авиационной отрасли, не должны работать длительное время при температуре выше  $100^{\circ}$ .

Приведены в таблицах 1 и 2 химический состав и механические свойства сплава В95.

Таблица 1- Химический состав сплава В95 ГОСТ 4784-97

| Массовая доля, % |        |           |         |          |         |             |         |           |       |                                |
|------------------|--------|-----------|---------|----------|---------|-------------|---------|-----------|-------|--------------------------------|
| Fe               | Si     | C         | Mn      | Cr       | Ti      | Al          | Cu      | Mg        | Zn    | Примесей                       |
| До 0,5           | До 0,5 | 0.17-0.24 | 0.2-0.6 | 0,1-0,25 | до 0,05 | 86,2 - 91,5 | 1,4 - 2 | 1,8 – 2,8 | 5 - 7 | прочие, каждая 0,05; всего 0,1 |

Таблица 2 - Механические свойства сплава В95 ГОСТ 4784-97

| Предел прочности при растяжении $\sigma_B$ , МПа | Предел текучести $\sigma_T$ , МПа | Относительное удлинение образца при разрыве $\delta$ , % | Твердость по Бринеллю, НВ |
|--|-----------------------------------|--|---------------------------|
| 520  | 440                               | 14   | 125                       |



### 1.1.2. Анализ технологичности конструкции детали

«Крышка задняя» изготавливается из алюминиевого деформируемого сплава В95 ГОСТ 4784-97.

Технологичность конструкции детали оценивают на качественном и количественном уровнях.

Данная деталь корпусная сложная, с отверстиями и пазами. Обработка детали специфичная и имеет свои особенности, где нужно выдержать размер, а так же применить небольшие силы резания.

Необходимо провести анализ технических требований на изготовление детали по чертежу, исходя из служебного назначения детали.

Рабочий чертеж содержит полную информацию о точности размеров, точности формы и взаимного расположения поверхностей, а так же качества поверхностного слоя.

В ходе анализа рабочего чертежа детали «Крышка задняя» были сформулированы основные технологические задачи, обеспечить:

Точность размеров:  $\varnothing 220_{-0,08}^{-0,05}$ ;  $\varnothing 214,4_{-0,115}$ ;  $\varnothing 140^{+0,1}$ ; 12 граней  $32 \pm 0,2$ ; 12 отв.  $\varnothing 26^{+0,052}$ ; 12 отв.  $\varnothing 13 \pm 0,1$ ; 12 отв. М12 - 6Н; 2 отв. М8 - 7Н; 12 отв. М6 - 6Н; 8 отв. М5 - 7Нх8-11/1х45°; точность остальных размеров по Н12. Позиционность 2 отв. М8 - 7Н R0,2 зависимый допуск, 12 отв.  $\varnothing 13$ , 8 отв. М5 - 7Нх8-11/1х45° R0,1 зависимый допуск относительно базы Е, 12 отв. М6 - 6Н R0,1 зависимый допуск относительно базы Ж.

Качество поверхностей отверстий:  $\varnothing 142,6$ ;  $\varnothing 140^{+0,1}$ ;  $\varnothing 28Н12$ ;  $\varnothing 26^{+0,052}$ ;  $\varnothing 13$ ;  $\varnothing 12^{+0,07}$  Ra=1,25; качество поверхностей канавок  $\varnothing 220_{-0,08}^{-0,05}$ ;  $\varnothing 214,4_{-0,115}$  Ra=2,5; качество остальных поверхностей Rz=20. Покрытие Ан. Окс. хр - краска эпоксиполиэфирная порошковая RAL - 9006, бело-алюминиевая, кроме резьбовых отверстий.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 9    |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

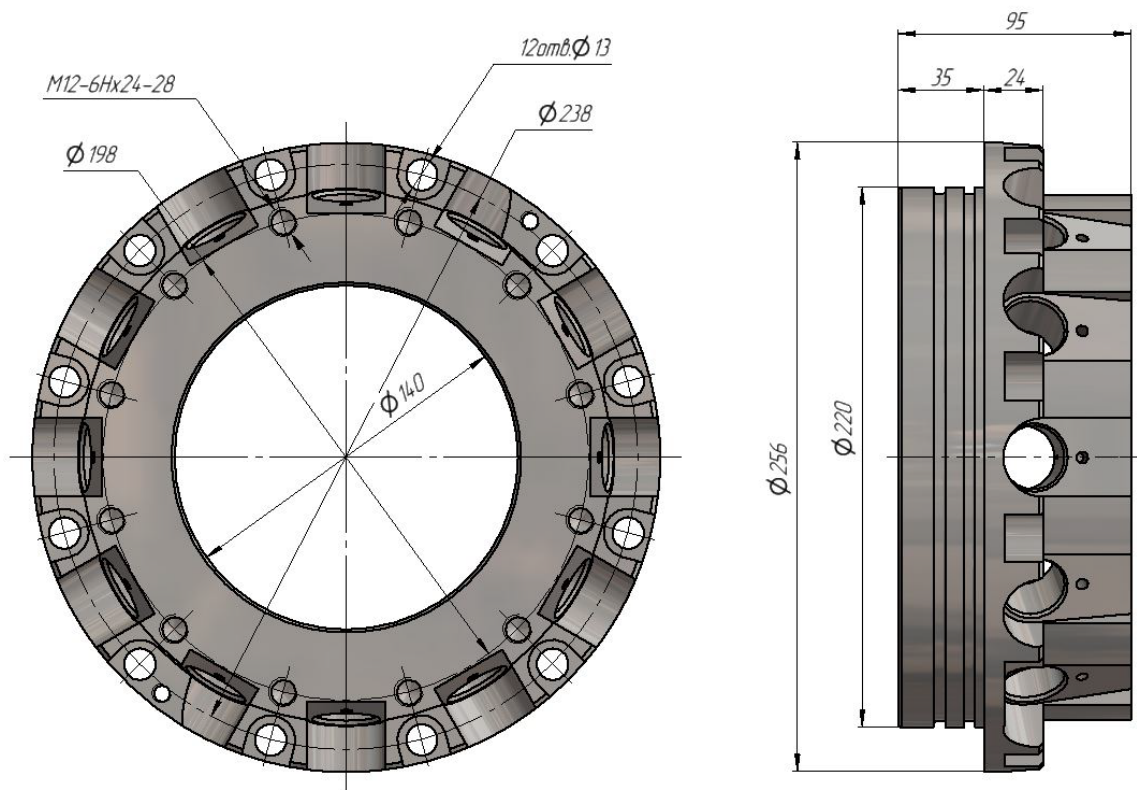


Рисунок 2 – Деталь «Крышка задняя»

Количественная оценка технологичности детали производится с помощью коэффициентов точности, шероховатости и использования материала. Определим коэффициент точности по [4, с. 29], а результаты занесём в таблицу 3.

Коэффициент точности определим по [4, с. 29], а результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

| $T_i$ | $n_i$ | $T_i \cdot n_i$ |
|-------|-------|-----------------|
| 6     | 12    | 72              |
| 7     | 10    | 70              |
| 12    | 44    | 528             |

$$\Sigma n_i = 66;$$

$$\Sigma T_i \cdot n_i = 670$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{670}{66} = 10,15 \quad (1)$$

$$R_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{10,15} = 0,9 \quad (2)$$

Вывод: так как  $K_{TЧ} = 0,9 > 0,8$  то деталь по данному показателю технологична.

Коэффициент шероховатости определим по [4, с. 30], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента точности

| $\text{Ш}_i$ | $n_i$ | $\text{Ш}_i \cdot n_i$ |
|--------------|-------|------------------------|
| 1,25         | 5     | 7,5                    |
| 2,5          | 3     | 7,5                    |
| 20           | 57    | 1140                   |

$$\Sigma n_i = 65; \quad \Sigma \text{Ш}_i \cdot n_i = 1155$$

$$\text{Ш}_{cp} = \frac{\Sigma \text{Ш}_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{1155}{65} = 17,76 \quad (3)$$

$$R_{иш} = 1 - \frac{1}{\text{Ш}_{cp}} = 1 - \frac{1}{17,76} = 0,94. \quad (4)$$

Вывод: так как  $K_{иш} = 0,94 > 0,32$  следовательно, деталь технологична.

Для определения массы детали и заготовки были использованы расчеты МХЦ в программе «Компас 3D V16.01».

Исходные данные:

- масса детали 4,8 кг;
- габариты детали: 256x95 мм;
- материал – сплав В95 ГОСТ 4784-97;
- масса заготовки 10,5 кг.

$$K_M = \frac{m_{ДЕТ}}{m_{ЗАГ}} = \frac{4,8}{10,5} = 0,45 \quad (5)$$

Вывод: коэффициент используемого материала равен 0,45, что является удовлетворительным для данного предприятия.

### 1.1.3. Определение типа производства

Для определения массы детали и заготовки были использованы расчеты МХЦ в программе «Компас 3D V16.01».

Исходные данные:

- масса детали 4,8 кг;
- габариты детали: Ø256xØ140x95 мм;
- материал – сплав В95 ГОСТ 4784-97;
- годовое число деталей 25 шт.
- масса заготовки 10,5 кг.

Тип производства условно можно определить, руководствуясь данными из таблицы 5 [4].

Таблица 5 – Определение годового выпуска деталей

| Масса<br>детали<br>и кг | Объем годового выпуска деталей |                   |                    |                    |              |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------|
|                         | Типы производства              |                   |                    |                    |              |
|                         | единично<br>е                  | Мелкосерийн<br>ое | Среднесерийн<br>ое | крупносерийн<br>ое | массово<br>е |
| <1                      | <10                            | 10-2000           | 1500-100000        | 75000-200000       | 200000       |
| 1,0-<br>2,5             | <10                            | 10-1000           | 1000-50000         | 50000-100000       | 100000       |
| <b>2,5-<br/>5,0</b>     | <b>&lt;10</b>                  | <b>10-500</b>     | 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        |

По таблице 5 определяем тип производства исходя из исходных данных, получаем мелкосерийное производство.

Мелкосерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями и сравнительно большим объемом выпуска, чем при единичном типе производства.

При мелкосерийном производстве используются универсальные станки для черновых операций, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, а также оборудование с ЧПУ и обрабатывающие центры, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия.

## 1.2. Разработка технологического процесса обработки детали

### 1.2.1. Выбор исходной заготовки и метода ее изготовления

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

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

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

- способы литья (в землю, в опоках, кокильное, центробежное, по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, под давлением и др.);

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 13   |

- способы пластического деформирования металлов (свободная ковка, ковка в подкладных штампах, штамповка на молотах и прессах, др.);

- резка;

- комбинированные способы штамповки – сварки, литья – сварки;

- порошковая металлургия и пр.

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

- конструктивные формы готовой детали;

- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;

- размеры и масса заготовки;

- количественный выпуск деталей в единицу времени и объемы партий;

- стоимость полуфабриката, используемого для получения заготовки;

- себестоимость заготовки, полученной выбранным способом;

- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Учитывая заданный материал – сплав В95, требуемой точностью изготовления заготовки - для данной детали «Крышка задняя» был выбран способ получения заготовки – гидроабразивная резка (ГАР) листа В95.

К числу наиболее весомых преимуществ гидроабразивной резки относится высокая точность и универсальность применения: любые металлы и твердые сплавы, камень, стекло, пластики, многослойные и композитные материалы – все это лишь небольшая часть профиля задач по линейному и фигурному раскрою материалов, успешно решаемых при помощи ГАР-станка.

Гидроабразивная струя по своим физическим характеристикам представляет собой идеальный режущий инструмент, не имеющий износа. Диаметр струи может составлять 0,5 – 1,5 мм, благодаря чему отход обрабатываемого материала минимален, рез можно начинать в любой точке по контуру любой сложности.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 14   |

Отсутствие теплового и механического (деформирующего) воздействия – еще одно преимущество ГАР, благодаря которому исходные физико-механические характеристики обрабатываемого материала остаются без изменений. Процесс гидроабразивной резки экологически чист и абсолютно пожаро безопасен, поскольку полностью исключена вероятность горения / плавления материала и образования вредных испарений. Для некоторых видов материалов – керамика, композиты, многослойные и сотовые конструкции - не существуют технологии обработки, альтернативной ГАР. Впечатляющим является и диапазон обрабатываемых толщин – 0,1 мм – 300 мм и выше, что делает станок гидроабразивной резки подчас жизненно необходимым инструментом в таких сферах, как машиностроение, инструментальное производство, авиационно-космическая промышленность, производство продукции для оборонной и транспортной промышленности, камнеобработка. [15]

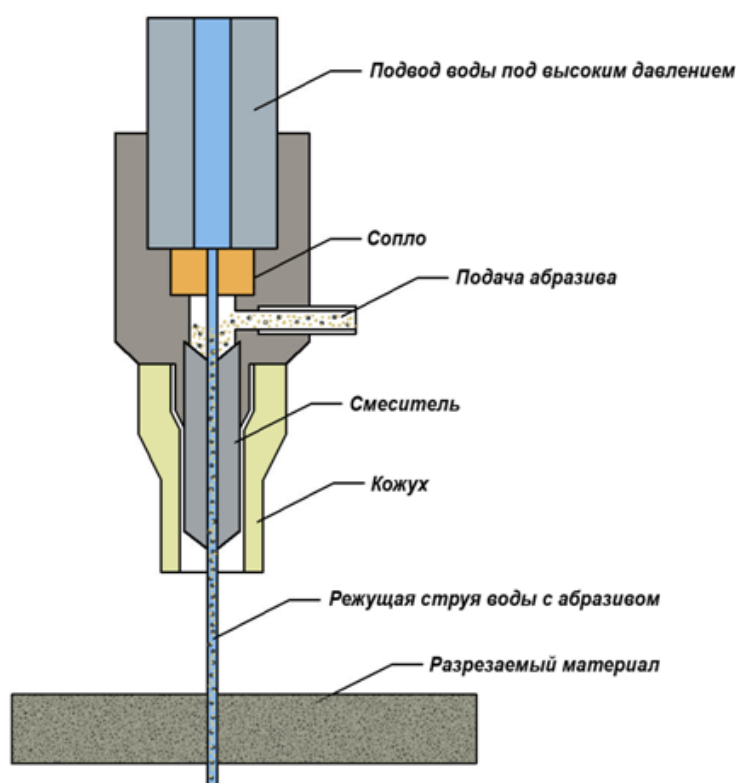


Рисунок 3 – Схема гидроабразивной резки

|      |      |           |         |      |  |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--|--------------------|------|
|      |      |           |         |      |  | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |  |                    | 15   |

По форме и конфигурации заготовка будет напоминать кольцо с отверстием  $\varnothing 260 \times \varnothing 135 \times h 100$ . Масса заготовки – 10,5 кг. В качестве материала заготовки используется листовой прокат из алюминиевого сплава В95 толщиной 100 мм.

#### 1.2.1.1. Выбор и описание оборудования

Для увеличения количества и качества выпускаемой продукции на предприятии были выбраны обрабатывающий фрезерный центр с ЧПУ для фрезерных и сверлильных работ и токарно-винторезный станок для токарной обработки цилиндрических поверхностей.

Выбор типа станков обоснован спецификой работы предприятия. В дипломном проекте для изготовления деталей «Крышка задняя» предлагается использовать обрабатывающий центр с ЧПУ модели Hartford LG-500 (производство Тайвань) и токарно-винторезный станок МК6057 (производство Россия).

Токарно-винторезный станок МК6057 (рисунок 4-5) предназначен для выполнения разнообразных токарных работ: обтачивания и растачивания цилиндрических и конических поверхностей, нарезания наружных и внутренних метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб, а также сверления, зенкерования, развертывания, и т.п. Отклонение от цилиндричности 7 мк, конусности 20 мк на длине 300 мм, отклонение от прямолинейности торцевой поверхности на диаметре 300 мм - 16 мк (таблица 6).

#### Преимущества:

- станок оснащен механическим фрикционом, приводом быстрых перемещений суппорта;
- задняя бабка имеет аэростатическую разгрузку;
- направляющие станины закалены HRCэ 49...57.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 16   |



Таблица 6 – Технические характеристики станка МК6057

| Наименование характеристики                                    | Значение характеристики  |
|--|--------------------------|
| Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной, мм | 500                      |
| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной, мм   | 500                      |
| Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом, мм  | 290                      |
| Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм                  | 2000                     |
| Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе, мм               | 55                       |
| Количество скоростей шпинделя: прямого вращения                | 22                       |
| Количество скоростей шпинделя: обратного вращения              | 9                        |
| Диапазон частот вращения шпинделя мин-1                        | 16...2000                |
| Количество продольных подач суппорта                           | 24                       |
| Количество поперечных подач суппорта                           | 24                       |
| Наибольшая высота резца, мм                                    | 25                       |
| Пределы продольных рабочих подач суппорта, мм/об               | 0,050...2,8              |
| Пределы поперечных рабочих подач суппорта, мм/об               | 0,025...1,4              |
| Пределы шагов нарезаемых резьб:                                |                          |
| метрическая, мм  | 0,5...112                |
| модульная  | 0,5...112                |
| дюймовая, ниток на дюйм  | 56...0,5                 |
| питчевая   | 56...0,5                 |
| Скорость быстрых продольных перемещений суппорта, м/мин        | 3,8                      |
| Скорость быстрых поперечных перемещений суппорта, м/мин        | 1...9                    |
| Наибольший крутящий момент, кН*м                               | 1                        |
| Мощность привода главного движения, кВт                        | 11                       |
| Суммарная потребляемая мощность, кВт                           | 12,5                     |
| Габаритные размеры станка (ДхШхВ),мм                           | 3852x1265x1485           |
| Масса станка, кг   | 3680                     |
| Род тока питающей сети   | Переменный<br>трехфазный |
| Частота тока, Гц   | 50                       |
| Напряжение сети, В   | 380                      |



Рисунок 4 – Токарно-винторезный станок МК6057 (общий вид)



Рисунок 5 – Токарно-винторезный станок МК6057 (рабочая зона)

Обработывающий центр Hartford LG-500: центры серии F1 - это прекрасное решение для высококачественной обработки, так как обрабатывающие центры этой серии обладают высокой скоростью, надёжностью, износостойкостью и точностью обработки.

Технические характеристики:

Размеры стола — 620 x 420 мм

- Перемещения по осям X/Y/Z — 520/420/450 мм
- Рабочая поверхность (мм) – 620x420
- Т-образные пазы стола (размер x n x шаг) (мм) – 18x3x130
- Макс. нагрузка на стол — 300 кг
- Тип конуса — BT40/CAT40/DIN69871A
- Мощность шпинделя — 5,5 кВт
- Макс. скорость в стандартной комплектации — 8000 об/мин.
- Тип шпинделя – ISO 40
- Скорость быстрых перемещений X/Y/Z — 32 м/мин.
- Рабочая подача — 1...10000 мм/мин.
- Емкость магазина — A:24 инструментов

- Вес — 3000 кг
- Система управления и приводы — FANUC

Широкий выбор опций и невысокая стоимость обеспечивают быстрое и эффективное решение широкого круга производственных задач при минимальных затратах. На рисунках 6 и 7 показан станок Hartford LG-500.



Рисунок 6 – Обрабатывающий центр Hartford LG-500 (общий вид)

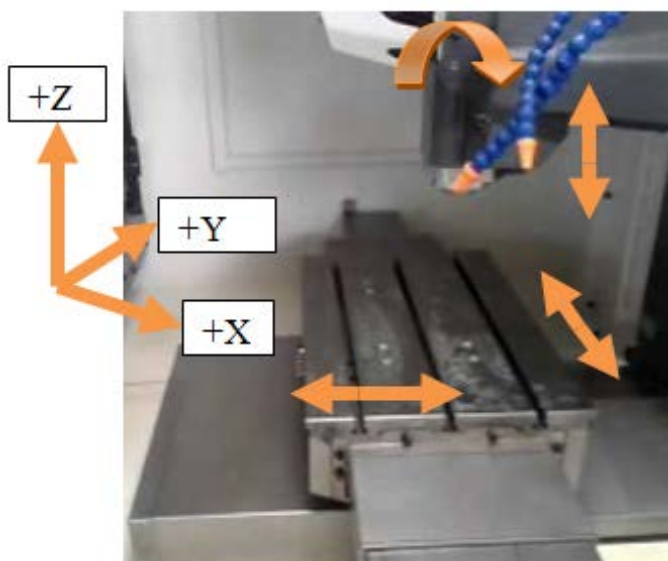


Рисунок 7 – Обрабатывающий центр Hartford LG-500 (рабочая зона)

### 1.2.2. Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительно положения поверхностей, получаемых в процессе обработки, выбор режущих и измерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки [4 с. 66].

Выбор технологической базы для конкретной операции вытекает из требований чертежа и технических условий на изготовлении детали [4].

Выбору баз на первой операции предшествует определение поверхностей, которые будут использоваться в качестве баз на последующих операциях. Такими поверхностями обычно бывают основные базы, от которых задано большинство размеров, координирующих расположение других ответственных поверхностей детали.

В нашем случае, основными базами являются поверхности А и Б (рисунок 8).

На первой операции в качестве базы применим чёрные необработанные поверхности – "черновые базы". Черновая база должна обеспечивать при закреплении устойчивое положение детали при отсутствии её деформации. В связи с тем, что точность необработанных поверхностей, применяемых в качестве черновых баз, всегда ниже точности обработанных поверхностей, а шероховатость выше шероховатости обработанных поверхностей, "черновая база" используется при обработке заготовки только один раз при выполнении первой операции. При всех последующих операциях используют уже обработанные поверхности.

В качестве технологической базы используется наружный Ø 260 и торец детали. Такой вариант размещения баз наиболее эффективен, т.к. обеспечивается совмещение конструкторской и технологической базы, что позволит с наименьшей погрешностью выполнить другие размеры детали.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 20   |

Принцип постоянства баз, когда на большинстве технологических операций используются одни и те же технологические базы поверхности А и Б.

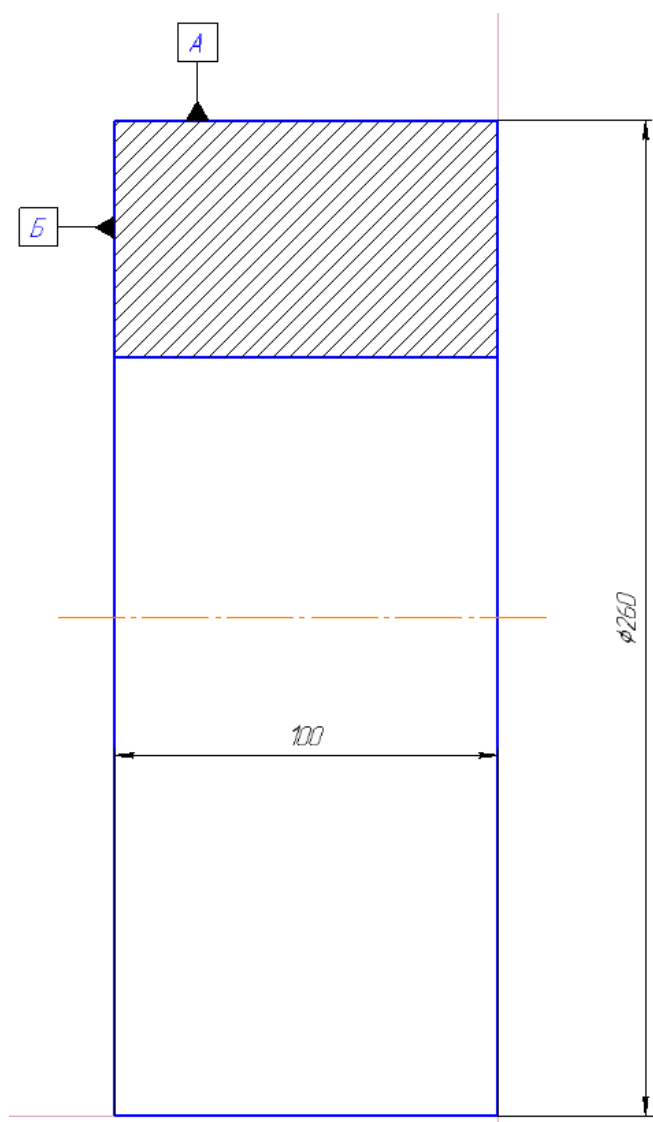


Рисунок 8 – Схема базирования

### 1.2.3. Составление технологического маршрута обработки детали

При проектировании технологических операций решается комплекс вопросов: уточняется содержание операции, т.е. последовательность и описание переходов, устанавливаются средства технологического оснащения, а также режимы резания; разрабатываются операционные эскизы и схемы наладок [4, с. 80].

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 21   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

При разработке последовательности и содержания переходов необходимо стремиться к сокращению времени обработки за счет рационального выбора средств технологического оснащения, числа переходов, совмещения основного и вспомогательного времени.

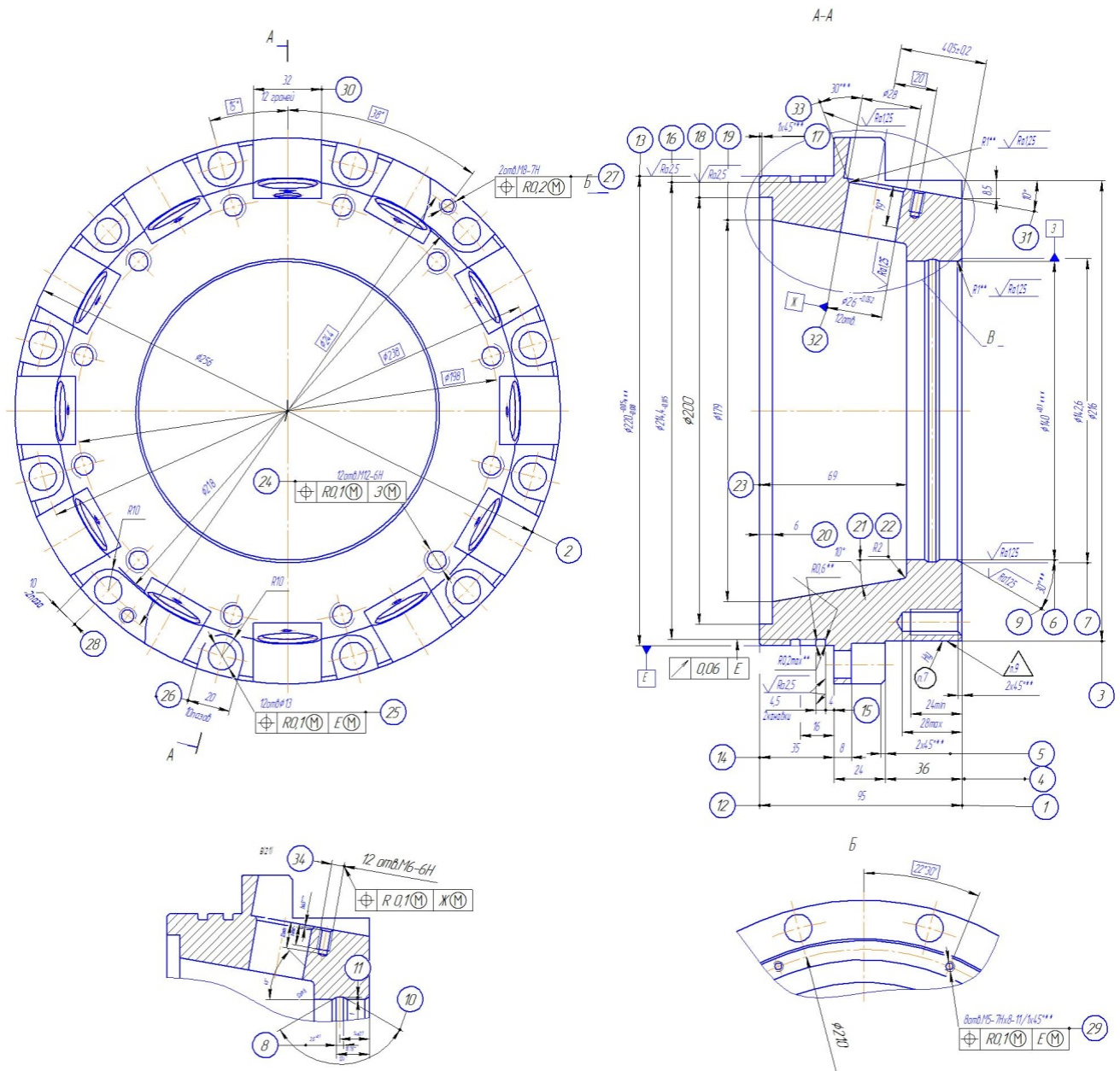


Рисунок 9 – Поверхности обработки

Таблица 7 – Технологический маршрут механической обработки «Крышка задняя»

| № операции | Наименование и краткое описание содержания операции   | Операционный эскиз |
|------------|---|--------------------|
| 1          | 2   | 3                  |
| 005        | <p><b>Токарно-винторезная</b></p> <p>Подрезать торец поверхность 1 окончательно</p> <p>Проточить поверхность 2 окончательно</p> <p>Проточить поверхность 3 окончательно</p> <p>Подрезать торец 4 окончательно</p> <p>Расточить поверхность 5 предварительно</p> <p>Расточить поверхность 7 окончательно</p> <p>Точить фаску поверхность 8</p> <p>Расточить фаски поверхность 9</p>  |                    |
| 005        | <p>Токарно-винторезная</p> <p>Подрезать торец поверхность 12 окончательно</p> <p>Расточить поверхность 6 окончательно</p> <p>Точить поверхность 13 окончательно</p> <p>Подрезать торец поверхность 14 окончательно</p> <p>Точить две канавки поверхность 15, 16</p> <p>Точить фаску поверхность 17</p> <p>Расточить поверхность 18 окончательно</p> <p>Подрезать торец поверхность 20</p> <p>Расточить поверхность 19, 21</p> <p>Точить радиус поверхность 22</p> <p>Подрезать торец поверхность 23</p> |                    |

Окончание таблицы 7

| 1   | 2  | 3 |
|-----|--|---|
| 010 | <p><b>Фрезерная с ЧПУ</b></p> <p>Сверлить отв.: 12-ть отверстий поверхность 24, 12-ть отверстий Ø13 поверхность 25</p> <p>Переустанов</p> <p>Фрезеровать пов.: 10 пазов поверхность 26</p> <p>Сверлить отв.: два отверстия поверхность 27</p> <p>Фрезеровать пов.: два паза поверхность 28</p> <p>Нарезать резьбу на 12-ть отверстий M12 поверхность 24, два отверстия M8 поверхность 27</p> <p>Сверлить отв. 8 отверстий поверхность 29</p> <p>Нарезать резьбу M5 поверхность 29</p> <p>Фрезеровать 12 граней поверхность 30</p> <p>Фрезеровать 12 граней поверхность 31 окончательно</p> <p>Фрезеровать отверстие Ø26 поверхность 32</p> <p>Расточить отверстие Ø26 поверхность 32 окончательно</p> <p>Расточить фаску поверхность 33</p> <p>Переустанов</p> <p>Сверлить 12-ть отверстий поверхность 34</p> <p>Нарезать резьбу M6 поверхность 34</p> |   |

1.2.4. Выбор средств технологического оснащения

1.2.4.1. Выбор и описание металлорежущего инструмента

На выбор режущего инструмента влияют следующие факторы:

- тип производства;



- точность обработки;
- производительность обработки;
- материал обрабатываемой детали.

В разрабатываемой технологии используем современный высокопроизводительный металлорежущий инструмент фирмы SECO и TaegTec приведенный в таблицах 8-9 (рисунок 10-11) [17].

В соответствии с разработанным маршрутом обработки нам необходим инструмент токарной, фрезерной и сверлильной группы. Рассмотрим систему обозначения выбираемого инструмента.

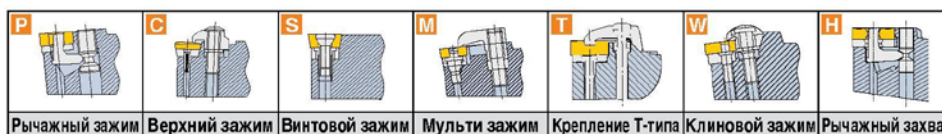
*Токарные резцы для наружной обработки*

### Державки: система обозначений

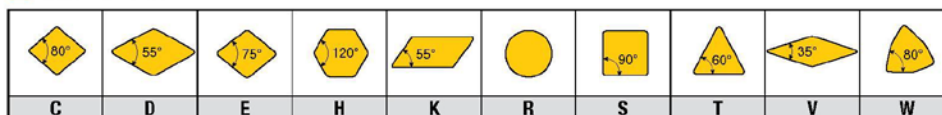
**T-TURN**



#### 1 Система крепления



#### 2 Форма пластин



#### 3 Угол в плане

| Обозначение | Форма | Смещение | Обозначение | Форма | Смещение | Обозначение | Форма            | Смещение |
|-------------|-------|----------|-------------|-------|----------|-------------|------------------|----------|
| A           | 90°   | x        | J           | 93°   | o        | V           | 72.5°            | x        |
|             | 90°   |          | K           | 75°   | o        | W           | 60°              | o        |
| B           | 75°   | x        | L           | 95°   | o        | X           | Специальный угол |          |
|             |       |          | M           | 50°   | x        | C*          | 90°              | x        |
| D           | 45°   | x        | N           | 63°   | x        | H*          | 107.5°           | o        |
| E           | 60°   | x        | R           | 75°   | o        | Q*          | 45°              | o        |
| F           | 90°   | o        | S           | 45°   | o        |             |                  |          |
|             |       |          | T           | 60°   | o        |             |                  |          |
| G           | 90°   | o        | U           | 93°   | o        |             |                  |          |

\* Стандарт TaegTec

#### 5 Захват инструмента



Рисунок 10 – Система обозначений

**25 25 M 12 -**

6 7 8 9 10 11

## 6 Высота хвостовика

Начинается с 0  
пример: h=8мм указывается как 08

## 7 Ширина хвостовика

Начинается с 0  
пример: b=8мм указывается как 08

## 8 Длина инструмента

| l1 (мм) | Обозначение | l1 (мм)     | Обозначение |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 32      | A           | 160         | N           |
| 40      | B           | 170         | P           |
| 50      | C           | 180         | Q           |
| 60      | D           | 200         | R           |
| 70      | E           | 250         | S           |
| 80      | F           | 300         | T           |
| 90      | G           | 350         | U           |
| 100     | H           | 400         | V           |
| 110     | J           | 450         | W           |
| 125     | K           | 500         | Y           |
| 140     | L           | Специальная | X           |
| 150     | M           |             |             |

## 9 Длина режущей кромки

См. стр. A211

## 10 Допустимые отклонения размера

Q:  $l_1 \pm 0.08$ ,  $h \pm 0.08$

F:  $l_1 \pm 0.08$ ,  $h \pm 0.08$

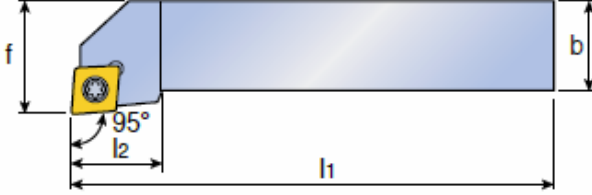
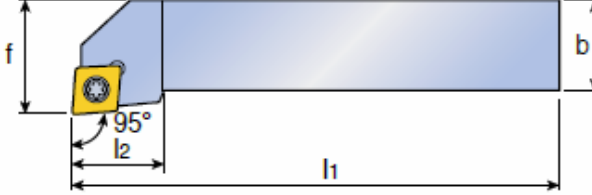
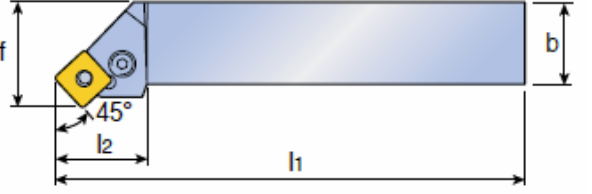
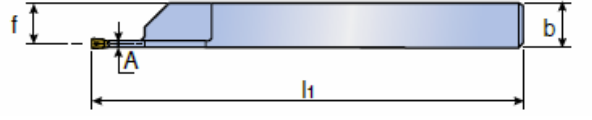
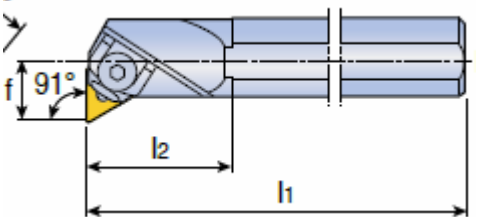
B:  $l_1 \pm 0.08$ ,  $h \pm 0.08$

## 11 Обозначение производителя

Оригинальная маркировка производителя

Рисунок 11 – Система обозначений

Таблица 8 – Металлорежущий инструмент для токарной обработки

| 1  | 2  | 3  |
|----|--|--|
| 1. | Державка SCLCR 2525 M09<br>Пластинка полу черновая<br>SNMG120408 без покрытия<br>сплав к10<br>Подача 0,12-0,35 мм/об<br>Ар глубина резания 1,0-3,5<br>Скорость резания 600 м/мин           |    |
| 2. | Державка SCLCR 2525 M09<br>Пластинка получистовая<br>CNMG 120404 ML<br>Подача 0,1-0,30 мм/об<br>Ар глубина резания 0.8-3,5<br>Скорость резания 600 м/мин                                   |    |
| 3. | Державка PSSNR 2525 M12<br>Пластинка получистовая<br>CNMG 120404 ML<br>Подача 0,1-0,30 мм/об<br>Ар глубина резания 0.8-3,5<br>Скорость резания 600 м/мин                                   |   |
| 4. | Державка TGER 2525-3<br>Пластинка TdC 3<br>Подача 0,07-0,25 мм/об  |  |
| 5. | Державка S-WTFNR S32S<br>WTFNR/L 1304<br>Пластинка получистовая S50U<br>WTFNR/L 22<br>TCMТ 110208 МТ<br>Подача 0,13-0,30 мм/об<br>Ар глубина резания 0.8-3,0<br>Скорость резания 150 м/мин |  |

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

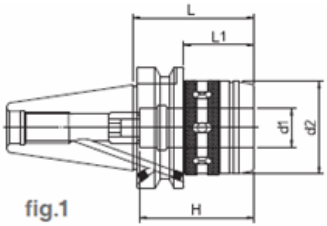

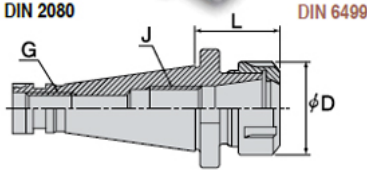

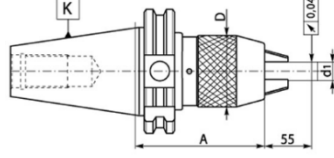

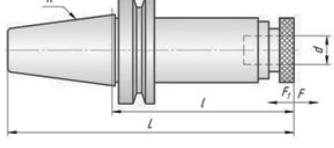


Продолжение таблицы 8

| 1  | 2  | 3 |
|----|--|---|
| 6. | <p>Державка S-SDZCR S20S SDZCR/L 11<br/>                     Пластинка полуцистовая 150402 ML<br/>                     Подача 0,05-0,15 мм/об<br/>                     Ар глубина резания 0.2-1,2<br/>                     Скорость резания 150 м/мин</p>    |   |
| 7. | <p>Державка S-SDUCR S20S SDUCR/L 11<br/>                     Пластинка полуцистовая 150402 ML<br/>                     Подача 0,05-0,15 мм/об<br/>                     Ар глубина резания 0.2-1,2<br/>                     Скорость резания 150 м/мин</p>    |   |
| 8. | <p>Державка S-SCLCR S20R SCLCR 09<br/>                     Пластинка полуцистовая CCMT 060204 MT<br/>                     Подача 0,07-0,20 мм/об<br/>                     Ар глубина резания 0.5-2.0<br/>                     Скорость резания 150 м/мин</p> |   |

Таблица 9 – Металлорежущий инструмент и оснастка для фрезерного обрабатывающего центра

| 1   | 2  | 3  | 4 |
|-----|--|--|---|
| №   | Чистовые расточные головки Kaiser (Германия) | EWN 2-50XL x CK6<br>ID № 112.108           |   |
| п/п | Технические данные:                          |  |   |
| 1.  | Диапазон растачивания                        | Ø 2-54/ 80-152 мм                          |   |
|     | Диаметр отверстия под державку:              | Ø 16мм                                     |   |
|     | Точность регулировки                         | 1 DIV = 0,005 мм Ø,<br>с нониусом 0,001 мм |   |

Продолжение таблицы 9




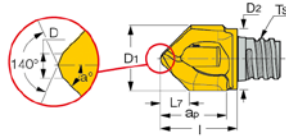

| 1  | 2   |                    | 3  |     |              |         |  | 4  |  |
|----|---|--------------------|--|-----|--------------|---------|--|--|--|
| 2. | D Andrea (Италия)<br>MAS403 BT40-AD+B MF20.100        |                    | 71MBT-B40MF2010                          |     |              |         |  | <br>fig.1<br>                  |  |
|    |   |                    | d1=20<br>d2=48<br>H=63<br>L=100<br>L1=73 |     |              |         |  |  |  |
| 3. | Таegu Тес (Корея)                                     |                    |  |     |              |         |  | <br>DIN 2080      DIN 6499  |  |
|    | Обозначение   | Диаметр            | Размеры (мм)                             |     |              |         |  |  |  |
|    |   |                    | L  | D   | J            | G       |  |  |  |
|    | DIN2080 40<br>ER 25 X 50                              | 1 - 16             | 50                                       | 42  | M16 x<br>1.5 | M1<br>6 |  |  |  |
| 4. | Bison-Bial (США)<br>Патрон сверлильный 7655-40-13-87. |                    |  |     |              |         |  | <br>                       |  |
|    | Код   | K7:24              | d1                                       | A   | D            |         |  |  |  |
|    | 800002390   | 40                 | 2011-01-13                               | 87  | 50           |         |  |  |  |
| 5. | Орша (Республика Беларусь)                            |                    |  |     |              |         |  | <br><br>Голобка 6251-4002M |  |
|    | Обозначение   | D нарезания резьбы | K*                                       | L   | F            | F1      | l  | d  |  |
|    | 6162-4002-01  | M3...M12           | 40                                       | 178 | 15           | 5       | 85   | 19   |  |
|    | Обозначение   | Хвостовик          | D  | d   | l            | d1x     | D нарезаемых резьб<br>Метрической, Мм  |  |  |
|    | 6251-4002M -03  | ГОСТ 3266-81       | 38                                       | 19  | 41           | 6,3x5,0 | M6/M8  |  |  |
|    |   |                    |  |     |              |         |  |   |  |

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

Продолжение таблицы 9

| 1                          | 2   | 3        | 4        |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
|----------------------------|---|----------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|------------------|-------------|------------------|----------------------------|-------|----------|-------|------|-----|-----|------|----|---|----|------|----|------|-----|----|-----|---|--|--|
| 6.                         | <p>MONOd (Италия)<br/>Патроны цанговые MAS 403 BT40 ER - DIN 6499</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>код</th> <th>ТИП</th> <th>d1</th> <th>d2</th> <th>d3</th> <th>L</th> <th>L1</th> <th>L2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MAS403<br/>BT40<br/>ER25.160</td> <td>ER25</td> <td>1-<br/>16</td> <td>42</td> <td>49.5</td> <td>160</td> <td>133</td> <td>46</td> </tr> </tbody> </table>   | код      | ТИП      | d1                    | d2       | d3                    | L                | L1          | L2               | MAS403<br>BT40<br>ER25.160 | ER25  | 1-<br>16 | 42    | 49.5 | 160 | 133 | 46   |    |  |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| код                        | ТИП   | d1       | d2       | d3                    | L        | L1                    | L2               |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| MAS403<br>BT40<br>ER25.160 | ER25  | 1-<br>16 | 42       | 49.5                  | 160      | 133                   | 46               |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| 7.                         | <p>Seco (Швеция)<br/>оправка Combimaster тип 5820 BT40 JIS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Конус</td> <td>BT40 ADB</td> </tr> <tr> <td>Размер соедин. резьбы</td> <td>M16</td> </tr> <tr> <td>Обозначение</td> <td>E3414 5820 16185</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>250,4</td> </tr> <tr> <td>l1</td> <td>158</td> </tr> <tr> <td>la</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Da</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>lu</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Du</td> <td>31,7</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Dst</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table> | 1        | 2        | Конус                 | BT40 ADB | Размер соедин. резьбы | M16              | Обозначение | E3414 5820 16185 | A                          | 185   | L        | 250,4 | l1   | 158 | la  | 150  | Da | 50  | lu | 35   | Du | 31,7 | M   | 16 | Dst | 30  |  |  |
| 1                          | 2   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Конус                      | BT40 ADB  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Размер соедин. резьбы      | M16   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Обозначение                | E3414 5820 16185  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| A                          | 185   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| L                          | 250,4   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| l1                         | 158   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| la                         | 150   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Da                         | 50  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| lu                         | 35  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Du                         | 31,7  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| M                          | 16  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Dst                        | 30  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| 8.                         | <p>Seco (Швеция)<br/>оправка Combimaster тип 5821 BT40 JIS</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Конус</td> <td>BT40 ADB</td> </tr> <tr> <td>Размер соедин. резьбы</td> <td>M16</td> </tr> <tr> <td>Обозначение</td> <td>E3414 5821 16135</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>203,4</td> </tr> <tr> <td>l1</td> <td>116</td> </tr> <tr> <td>la</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Da</td> <td>30,5</td> </tr> <tr> <td>lu</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Du</td> <td>30,5</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Dst</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>   | Конус    | BT40 ADB | Размер соедин. резьбы | M16      | Обозначение           | E3414 5821 16135 | A           | 135              | L                          | 203,4 | l1       | 116   | la   | 100 | Da  | 30,5 | lu | 30  | Du | 30,5 | M  | 16   | Dst | 30 |     |  |  |  |
| Конус                      | BT40 ADB  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Размер соедин. резьбы      | M16   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Обозначение                | E3414 5821 16135  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| A                          | 135   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| L                          | 203,4   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| l1                         | 116   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| la                         | 100   |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Da                         | 30,5  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| lu                         | 30  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Du                         | 30,5  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| M                          | 16  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |
| Dst                        | 30  |          |          |                       |          |                       |                  |             |                  |                            |       |          |       |      |     |     |      |    |   |    |      |    |      |     |    |     |   |  |  |

Продолжение таблицы 9

| 1   | 2  | 3  | 4   |
|-----|--|--|---|
| 9.  | <p>Seco (Швеция)<br/>Фреза для объемного фрезерования<br/>R218.97-1632.RE-X12.2A</p> <p>Пластина для черновой обработки алюминиевых сплавов<br/>VPGX 220605ER-E10, H25</p> | <p><math>D_c=32</math><br/><math>D_{5m}=30</math><br/><math>l_1=40</math><br/><math>M=M16</math><br/><math>a_p=7.5</math><br/><math>Z=2</math></p>    <p>= XP..12</p>  |   |
| 10. | <p>SGS 44555 (USA)<br/>Фреза шпоночная<br/>SER 47M8 10MM S-CARB 2FL<br/>SQUARE END</p>   | <p><math>d_1=\varnothing 10</math><br/><math>d_2=\varnothing 10</math><br/><math>l_1=72</math><br/><math>l_2=22</math></p>   |      |
| 11. | <p>Taegu Tec (Korea)<br/>Фреза для снятия фасок под 90°<br/>CEM 2120 UF10 12x12x12x110<br/>UNIMILL</p>   | <p><math>D=\varnothing 12</math><br/><math>D_h6=\varnothing 6</math><br/><math>H=18</math><br/><math>a_p=12</math><br/><math>L=110</math></p>  |   |
| 12. | <p>ITA (Израиль)<br/>Фреза для снятия фасок под 60°<br/>ММ HCD100-060-2T06</p>   | <p><math>D_1=\varnothing 10</math><br/><math>D_2=\varnothing 9,6</math><br/><math>T_s=0,6</math><br/><math>l=11.75</math><br/><math>L_7=7.6</math><br/><math>a_p=9.3</math><br/><math>a^\circ=30^\circ</math></p>  |   |

Продолжение таблицы 9

| 1   | 2   | 3  | 4 |
|-----|---|--|---|
| 13. | <p>Обозначение цельных твердосплавных сверл компании Seco (Швеция)</p> <p>Тип сверла Цельные тв. спл. сверла: SD205: ~5 x D</p> <p>Диаметр сверла</p> <p>Диаметр хвостовика</p> <p>Правое вращение</p> <p><b>SD205 A - 9.5 - 45 - 10 R 1</b></p> <p>Внутренняя подача СОЖ.</p> <p>Глубина сверления</p> <p>Тип хвостовика<sup>1</sup>. Цилиндрический</p> |  |   |
| 14. | Dc=Ø4.2<br>SD205A-4.2-27-6R1  | l2=74<br>l1=38<br>lc=36<br>l4=25 mm<br>l6=34<br>dm <sub>m</sub> =6   |   |
| 15. | Dc=Ø5<br>SD205A-5.0-32-6R1  | l2=82<br>l1=46<br>lc=36<br>l4=32 mm<br>l6=44<br>dm <sub>m</sub> =6   |   |
| 16. | Dc=Ø6.8<br>SD205A-6.8-40-8R1  | l2=91<br>l1=55<br>lc=36<br>l4=40 mm<br>l6=53<br>dm <sub>m</sub> =8   |   |
| 17. | Dc=Ø10.2<br>SD205A-10.2-48-12R1   | l2=118<br>l1=73<br>lc=45<br>l4=48 mm<br>l6=71<br>dm <sub>m</sub> =12 |   |
| 18. | Dc=Ø13<br>SD205A-13.0-56-14R1   | l2=124<br>l1=79<br>lc=45<br>l4=56 mm<br>l6=77<br>dm <sub>m</sub> =14 |   |



## Окончание таблицы 9

| 1   | 2                            | 3  | 4 |
|-----|------------------------------|--|---|
| 19. | Накатники Seco (Швеция)      |  |   |
| 20. | MF- M5X0.80ISO6HX-XC-V060-A  | $l_u = 21$<br>$dm_m = 6$<br>$THLGTH = 13$<br>$lf = 70$<br>CZC 6,00X4.90<br>$tdz = M5$<br>$\text{Шар} = 0,8$    |   |
| 21. | MF- M6X1.00ISO6HX-XC-V060-A  | $l_u = 26$<br>$dm_m = 6$<br>$THLGTH = 15$<br>$lf = 80$<br>CZC 6,00X4.90<br>$tdz = M6$<br>$\text{Шар} = 1$      |   |
| 22. | MF- M8X1.25ISO6HX-XC-V060-A  | $l_u = 30$<br>$dm_m = 8$<br>$THLGTH = 18$<br>$lf = 90$<br>CZC 8.00X6.20<br>$tdz = M8$<br>$\text{Шар} = 1,25$   |   |
| 23. | MF- M12X1.75ISO6HX-XC-V060-A | $l_u = 83$<br>$dm_m = 9$<br>$THLGTH = 23$<br>$lf = 110$<br>CZC 9.00X7.00<br>$tdz = M12$<br>$\text{Шар} = 1,75$ |   |

## 1.3. Технологические расчеты

## 1.3.1. Расчет припусков

Для получения заготовки принят вариант гидроабразивной резки исходя из высокой точности и качества обработанной поверхности, что указано в таблицах 10 и 11.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 33   |

Проведем сравнение между способами резки материалов:

- Гидроабразивная резка материалов;
- Лазерная резка материалов;
- Плазменно-дуговая резка материалов.

Таблица 10 - Технические возможности резки

| 1        | 2           | 3              | 4                     | 5                |
|----------|-------------|----------------|-----------------------|------------------|
| Материал | Толщина, мм | Лазерная резка | Гидроабразивная резка | Плазменная резка |
| Алюминий | 0,5-4       | +              | +                     | -                |
|          | 4-10        | -              | +                     | +                |
|          | 11-200      | -              | +                     | До 120 мм        |

Таблица 11 - Технические характеристики

| 1                                  | 2  | 3   | 4                        |
|------------------------------------|--|---|--------------------------|
| Характеристика                     | Лазерная резка   | Плазменная резка  | Гидроабразивная резка    |
| Точность реза, мм                  | Как правило $\pm 0,05$ мм (0,2 - 0,375 мм)                           | Зависит от степени износа расходных материалов $\pm 0,1 - \pm 0,5$ мм   | 0,1 мм                   |
| Ширина реза, мм                    | 0,2-1  | 2-7   | 0,8-1                    |
| Диаметр отверстия при врезании, мм | равен толщине материала  | в 1,5 раза превышает толщину материала  | 1                        |
| Типичная область применения        | почти любые материалы, кроме отражающих и светопроводящих материалов | металлы и другие электропроводные материалы (плазменно-дуговая резка); различные неэлектропроводные материалы, такие как стекло, керамика, камень (резка плазменной струей) | любые материалы в листах |
| Термическое воздействие            | Значительное   | Значительное  | Отсутствует              |
| Коробление / деформация            | да   | да  | нет                      |
| Образование заусенцев              | да   | да  | минималън.               |
| Необходимость доработки            | да   | высокая   | минималън.               |
| Потеря материала                   | небольшая  | высокая   | минималън.               |
| Допуски                            | 0,1 мм   | 0,2–0,5 мм  | 0,1–0,3 мм               |
| Толщина материала                  | 25 мм  | 80 мм   | 300 мм                   |

## Окончание таблицы 11

| 1                         | 2              | 3            | 4           |
|---------------------------|----------------|--------------|-------------|
| Неметаллические материалы | да             | нет          | да          |
| Композитные материалы     | нет            | нет          | да          |
| Грат                      | Незначительный | Значительный | Отсутствует |
| Конусность                | Менее 1°       | 3° - 10°     | Менее 1°    |

Из имеющихся видов резки материалов было принято решение выбрать способ получения заготовки из листового проката, получение с помощью гидроабразивной резки материала, заготовки. Исходя, из этого были приняты следующие допуски заготовки  $\text{Ø}260 \times \text{Ø}135 \times h100$ .

## 1.3.2. Назначение режимов резания

Назначение режимов резания производится по каталогам производителей металлорежущего инструмента (таблица 12).

Таблица – 12 Сводная таблица режимов резания

| Операция 005 – Токарно-винторезная |   |       |          |               |          |
|------------------------------------|---|-------|----------|---------------|----------|
| 1                                  | 2   | 3     | 5        | 6             | 7        |
| Переход                            | Режущий инструмент  | t, мм | fn мм/об | $V_c$ , м/мин | n об/мин |
| T1                                 | Державка SCLCR 2525 M09<br>Пластинка полу черновая SNMG120408 без покрытия сплав к10        | 2     | 0,2      | 482           | 600      |
| T2                                 | Державка SCLCR 2525 M09<br>Пластинка получистовая CNMG 120404 ML                            | 1,1   | 0,12     | 120           | 600      |
| T3                                 | Державка S-SCLCR S20R SCLCR 09<br>Пластинка получистовая CCMT 060204 MT                     | 1,5   | 0,1      | 65            | 150      |
| T4                                 | Державка S-WTFNR S32S WTFNR/L 1304<br>Пластинка получистовая S50U WTFNR/L 22 TCMT 110208 MT | 1,6   | 0,2      | 65            | 150      |
| T5                                 | Державка S-SDZCR S20S SDZCR/L 11<br>Пластинка получистовая 150402 ML                        | 1,5   | 0,1      | 65            | 150      |
| T6                                 | Державка S-SDUCR S20S SDUCR/L 11<br>Пластинка получистовая 150402 ML                        | 1,5   | 0,1      | 65            | 150      |
| T7                                 | Державка TGER 2525-3<br>Пластинка TdC 3   | 1,5   | 0,1      | 65            | 150      |

Продолжение таблицы 12

| Операция 010 – Комплексная с ЧПУ |  |          |                         |                           |          |
|----------------------------------|--|----------|-------------------------|---------------------------|----------|
| 1                                | 2  | 3        | 5                       | 6                         | 7        |
| Переход                          | Режущий инструмент   | t,<br>мм | f <sub>n</sub><br>мм/об | V <sub>c</sub> ,<br>м/мин | n об/мин |
| 1                                | Фреза для объемного фрезерования<br>R218.97-1632.RE-X12.2A<br>Пластина для черновой обработки<br>алюминиевых сплавов<br>VPGX 220605ER-E10, H25 | 7        | 1877                    | 860                       | 2956     |
| 2                                | SGS 44555 (USA)<br>Фреза шпоночная<br>SER 47M8 10MM S-CARB 2FL SQUARE<br>END   | 5        | 2880                    |                           | 8000     |
| 3                                | SGS 44556 (USA)<br>Фреза шпоночная<br>SER 47M8 12MM S-CARB 2FL SQUARE<br>END   | 6        | 2640                    |                           | 6600     |
| 4                                | SGS 45287 (USA)<br>Фреза концевая<br>SER 52M 6MM SHEAR-CARB END MILL   | 3        | 320                     |                           | 5000     |
| 5                                | Garant (Германия)<br>Фреза концевая 3-х перьевая<br>202248 16  | 24       | 2500                    |                           | 5000     |
| 6                                | SGS 44573 (USA)<br>Фреза радиусная концевая<br>SER 47M8 6MM S-CARB 2FL BALL END  |          | 880                     |                           | 7000     |
| 7                                | SGS 44578 (USA)<br>Фреза радиусная концевая<br>SER 47M8 16MM S-CARB 2FL BALL END   | 3        | 1450                    |                           | 2600     |
| 8                                | ТаегуТес (Korea)<br>Фреза для снятия фасок под 90°<br>CEM 2120 UF10 12x12x12x110 UNIMILL   |          | 0,04-<br>0,08           | 40-80                     | 5000     |
| 9                                | ИТА (Израиль)<br>Фреза для снятия фасок под 60°<br>ММ HCD100-060-2T06  |          | 0,04-<br>0,08           | 40-80                     | 5000     |
| 10                               | Сверло Seco Dc=Ø2.5<br>SD205A-2.5-12-4R1   | 1,2<br>5 | 0,13                    |                           | 350      |
| 11                               | Сверло Seco Dc=Ø4.2<br>SD205A-4.2-27-6R1   | 2,1      | 0,19                    |                           | 350      |
| 12                               | Сверло Seco Dc=Ø5<br>SD205A-5.0-32-6R1   | 2,5      | 0,22                    |                           | 350      |
| 13                               | Сверло Seco Dc=Ø6.8<br>SD205A-6.8-40-8R1   | 3,4      | 0,26                    |                           | 350      |
| 14                               | Сверло Seco Dc=Ø7.5<br>SD205A-7.5-40-8R1   | 4,2<br>5 | 0,26                    |                           | 350      |
| 15                               | Сверло Seco Dc=Ø10.2<br>SD205A-10.2-48-12R1  | 5,1      | 0,38                    |                           | 350      |

Окончание таблицы 12

| 1  | 2  | 3        | 5    | 6  | 7   |
|----|--|----------|------|----|-----|
| 16 | Сверло Seco Dc=Ø11<br>SD205A-11.0-56-12R1      | 5,5      | 0,38 |    | 350 |
| 17 | Сверло Seco Dc=Ø13<br>SD205A-13.0-56-14R1      | 6,5      | 0,42 |    | 350 |
| 18 | Накатник Seco MF- M3X0.50ISO6HX-XE-<br>V053    | 0,5      | 130  | 55 | 140 |
| 19 | Накатник Seco MF- M5X0.80ISO6HX-XC-<br>V060-A  | 0,8      | 180  | 55 | 150 |
| 20 | Накатник Seco MF- M6X1.00ISO6HX-XC-<br>V060-A  | 1        | 220  | 55 | 200 |
| 21 | Накатник Seco MF- M8X1.25ISO6HX-XC-<br>V060-A  | 1,2<br>5 | 250  | 55 | 200 |
| 22 | Накатник Seco MF- M12X1.75ISO6HX-XC-<br>V060-A | 1,7<br>5 | 300  | 55 | 250 |

1.3.3. Расчет технических норм времени

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [5, с. 99]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (16)$$

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

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

$n$  - количество деталей в партии,  $n=25$ шт;

$t_0$  - основное время, мин;

$t_B$  - вспомогательное время, мин;

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

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

Вспомогательное время определяется по формуле [5, с. 99]:

$$t_B = t_{уc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{и.з}, \quad (17)$$

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

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 37   |

$t_{зо}$  - время на закрепление и открепление детали, мин;

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

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

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [5, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (18)$$

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

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

Основное время [5, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (19)$$

где  $l$  - расчетная длина, мм;

$i$  - число рабочих ходов.

Расчетная длина [5, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (20)$$

где  $l_0$  - длина обработки поверхности, мм;

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

$l_{пер}$  - величина перебега, мм.

Расчет времени произведен для 005 Токарно-винторезная

Определим штучно-калькуляционное время

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/n \quad (10)$$

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{от} + T_{обс} \quad (11)$$

где  $T_0$  - основное время

$T_в$  - вспомогательное время

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 38   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

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

$T_{обс}$  - время на обслуживание рабочего места

$$T_o = L_{xi} * S_m \quad (12)$$

где  $L$  - длина обработки

$I$  - число проходов

$$T_o = 9,19 \text{ мин}$$

$$T_b = T_y + T_{пер} + \sum T_{пер} + T_{из} \quad (13)$$

где  $T_y$  - время на установку детали

$T_{пер}$  - время связанное с переходом

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

$T_{из}$  - время на измерение детали

$$T_b = 3,33 \text{ мин}$$

Определим оперативное время

$$T_{оп} = T_o + T_b = 12,52 \text{ мин}$$

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

Время на обслуживание  $T_{обс} = 0,67$  мин.

Штучное время:  $T_{шт} = 20,41$  мин.

Подготовительно-заключительное время:  $T_{пз} = 14$  мин.

Штучно-калькуляционное время:  $T_{шт.к} = T_{пз} / n + T_{шт} = 20,97$  мин.

Операция 010 Фрезерная с ЧПУ.

$$T_o = 90 \text{ мин.}$$

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.

$$T_b = 2.2 \text{ мин.}$$

Оперативное время  $T_{оп} = 10.47$  мин.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 39   |

Время на отдых и личные потребности  $T_{отд}$  определяется как 4% от оперативного, то есть  $T_{отд} = 0,41$  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:  $T_{шт.к} = T_{пз} / n + T_{шт} = 90,96$  мин.

Таблица 13 - Нормы времени

| Операция | $T_0$ | $T_v$ | $T_{оп}$ | $T_{отд}$ | $T_{обс}$ | $T_{шт}$ | $T_{пз}$ | $T_{шт.к}$ |
|----------|-------|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| 005      | 9,19  | 3,33  | 12,52    | 0,4       | 0,67      | 20,41    | 14       | 20,97      |
| 010      | 90    | 2,2   | 10,47    | 0,41      | 0,14      | 11,4     | 24       | 90,96      |

#### 1.4. Расчет сил зажима детали

Для зажима детали «Крышка задняя» на Обрабатывающем центре Hartford LG-500 используется специальное зажимное приспособление (рисунок 12).



Рисунок 12 – Зажимное приспособление для обработки детали



Деталь устанавливается на плоскость приспособления, упирается в уступ, фиксируется винтами, и зажимается прихватами. Таким образом, базирование полное.

Усилие зажима детали «Крышка задняя» рассчитывается для операции 010 Комплексная с ЧПУ.

Расчет производится исходя из усилий, возникающих при обработке детали, где возникает максимальная сила резания. Максимальная сила резания возникает при торцевом фрезеровании, т.к. большая площадь обработки и снимается припуск 4 мм.

Схема зажима заготовки в приспособление представлена на рисунке 13.

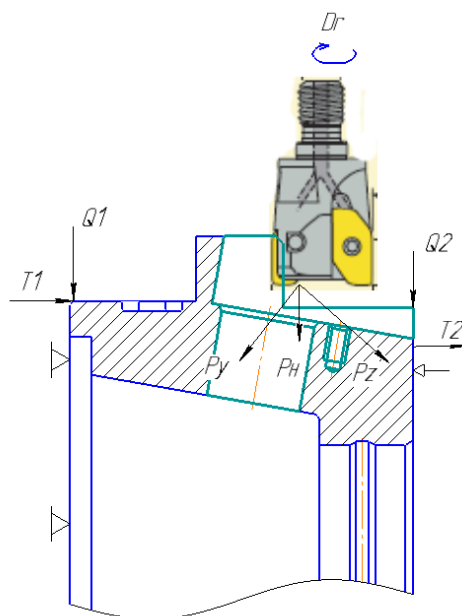


Рисунок 13 – Расчетно-силовая схема зажима заготовки ( $Q_1, Q_2$  - силы зажима;  $P_x, P_y, P_z$  – силы резания;  $T_1, T_2$  – коэффициенты трения)

При фрезеровании поверхности возникает максимальная сила резания  $P_z$ , которую можно определить по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

где  $C_p$  - коэффициент;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z$  – количество зубьев;

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;

$K_{MP}$  – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

Показатели степеней [13, стр. 85]:

$$C_p = 82,5; x = 0,95; K_{MP} = 1,0; y = 1,1; q = 1,1; w = 0$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 4^{0,95} \cdot 0,3^{1,1} \cdot 90^{1,1} \cdot 8}{110^{1,1} \cdot 1800^0} \cdot 1,0 = 5328,8H$$

Отсюда окружную силу  $P_z$  при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывают, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

$$P_z = 5328,8 \cdot 0,25 = 1332,2H$$

Зная значение силы  $P_z$ , определяется сила зажима  $Q$ :

$$Q = \frac{k \cdot P_z}{2 \cdot (T_1 + T_2)}, \quad (1)$$

где  $T_1$  – коэффициент трения между заготовкой и зажимом,  $T_1 = 0,2$  [таблица 66; 4]

$T_2$  – коэффициент трения между заготовкой и установочным элементом,  $T_2 = 0,15$  [таблица 66; 4]

$k$  – коэффициент запаса; представляется как произведение первичных коэффициентов

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2)$$

где  $k_0$  – гарантированный коэффициент запаса,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на поверхности заготовки,  $k_1 = 1,2$ ;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при затуплении инструмента,  $k_2=1,7$ ;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании,  $k_3=1$ ;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий постоянство развиваемых сил зажима,  $k_4=1,3$ ;

$k_5$  – коэффициент, учитывающий удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах,  $k_5=1$ ;

$k_6$  – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку,  $k_6=1$ .

$$Q = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1332,2}{2 \cdot (0,2 + 0,15)} = 7570,7 \text{ H}$$

Приложенные к заготовке силы зажима должны предотвратить возможный отрыв заготовки, сдвиг или поворот ее под действием сил резания и обеспечить надежное закрепление заготовки в течение всего времени обработки.

Для контроля усилия затяжки используется рожковый динамометрический ключ предельного типа рисунок 14.



Рисунок 14 - Рожковый динамометрический ключ предельного типа

Динамометрический ключ специальным устройством контролирует усилие (момент), с которым происходит затягивание.

Рассчитаем номинальный крутящий момент по формуле 24, с которым необходимо затягивать резьбовое соединение на приспособлении для зажима заготовки:

$$M_{кр} = 0,001 \cdot Q(0,16 \cdot P + \mu_p \cdot 0,58 \cdot d_2 + \mu_T \cdot 0,25(d_T + d_o)), \quad (3)$$

где  $\mu_p$  – коэффициент трения в резьбе между гайкой и стержневой крепежной деталью,  $\mu_p = 0,23$  [таблица 33, 24] ;

$\mu_T$  — коэффициент трения между поверхностью гайки и поверхностью соединяемой детали,  $\mu_T = 0,1$  [таблица 34, 24] ;

$d_T$  – диаметр опорной поверхности головки болта или гайки,  $d_T = 18$  мм;

$d_0$  – диаметр отверстия под крепежную деталь,  $d_0 = 19$  мм;

$P$  – шаг резьбы,  $P = 2,5$  мм;

$d_2$  – средний диаметр резьбы,  $d_2 = 16,376$  мм;

$Q$  – сила зажима.

$$M_{кр} = 0,001 \cdot 7570,7(0,16 \cdot 2,5 + 0,23 \cdot 0,58 \cdot 16,376 + 0,1 \cdot 0,25(18 + 19)) = 26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

На рифленной рукоятке динамометрического ключа располагается стопорная гайка. Для установки крутящего момента необходимо повернуть гайку против часовой стрелки, после чего устанавливаем необходимую величину 26 Н·м, вращая рукоятку. При достижении максимального момента при затягивании, ручка сгибается на 90 градусов, предотвращая избыточное затягивание.

1.5. Выбор контрольно-измерительного прибора и разработка схемы контроля (отклонения формы или расположения поверхностей)

- 1) Штангенциркуль ШЦЦ-I-150 0.01 электронный цифровой ABS Micron Pro ГОСТ 166-89;
- 2) Штангенциркуль ШЦЦ-I-300 0.01 электронный цифровой ABS Micron Pro ГОСТ 166-89;
- 3) Угломер маятниковый 3 УРИ-М КРИН с поверкой ГОСТ 5378-88;
- 4) Калибры-пробки гладкие двусторонние со вставкой ПР, оснащенной твердым сплавом, диаметром от 6,3 до 50 мм ГОСТ 16780-71 КАЛИБР-ПРОБКА ГЛАД 26 +0.28 ПР-НЕ ТМ;
- 5) Калибры резьбовые ГОСТ 2016-86 М5-7Н, М8-6Н, М12-6Н;

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 44   |

- 6) Шаблон-радиусомер «Вюрт Урал» артикул 0715.775.800, диапазон радиусов 1.0-7.0 мм, количество пластин 2x17;
- 7) Профилометр компании TIME Group прибор TR220 усовершенствованной моделью измерителя шероховатости TR 200 с возможностью измерения по 16 шкалам. Оснащен щупом TS131 предназначенным для измерения шероховатости поверхности в глубоких бороздках или уступах более 10мм (таблица 14).
- 8) Контактный датчик TS27R для наладки инструмента (рисунок 15-16).

Таблица 14 - Технические характеристики измерителя шероховатости (профилометра) TR220:

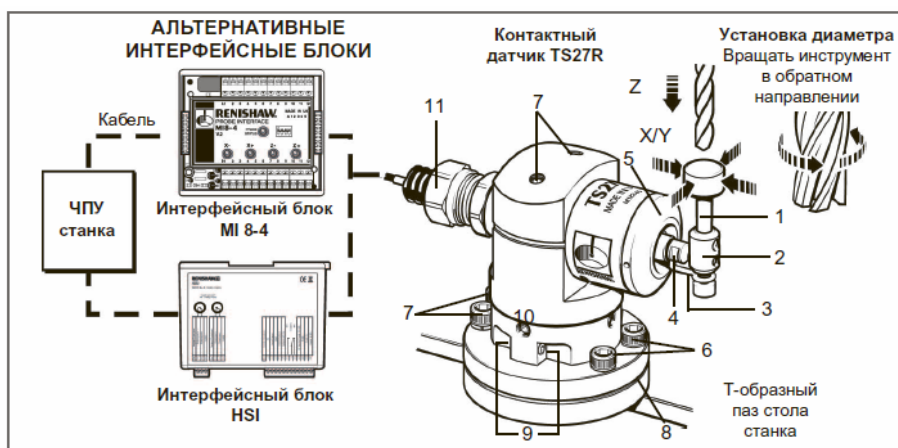
|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Измеряемые параметры            | Ra, Rz, Rq, Rt, Rp, Rv, Rz (JIS), R3z, Rmax, RSk, RPc, Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2  |
| Диапазоны отображения           | Ra, Rq: 0.005-40 мкм<br>Rz, Ry, Rt, Rp, Rz(JIS), R3z, Rmax: 0.02-160 мкм<br>RSm, RS: 1мм<br>Rmr: 1-100% (%Rt), RSk: 0-100% |
| Диапазон измерения иглы датчика | ±80 мкм  |
| Дискретность                    | 0.01 мкм   |
| Фильтр                          | RC, PC-RC, GAUSS, D-P  |
| Длина оценки                    | 0.25 мм, 0.8 мм, 2.5 мм, авто  |
| Количество длин оценки          | от 1 до 5 длин (выбираемая)  |
| Длина измерения                 | от 3 до 7 длин (выбираемая)  |
| Максимальная длина прохода      | 17.5 мм/0.71 дюйм  |
| Минимальная длина прохода       | 1.3 мм/0.05 дюйм   |
| Точность                        | ±10%   |
| Повторяемость                   | <6%  |
| Угол измерительного пера        | 90°  |
| Радиус измерительного пера      | 5 мкм  |
| Интерфейс передачи данных       | RS232  |
| Электропитание                  | LI-ion батарея высокого качества (6 В/800 мА)  |
| Диапазон рабочих температур     | 0-40 °С  |
| Относительная влажность         | <90%   |
| Габариты                        | 140 x 56 x 48 мм   |
| Масса                           | 440 г  |



Рисунок 15 - Контактный датчик TS27R

Контактный датчик TS27R используется для наладки инструмента на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Для выполнения измерений длины инструмента и обнаружения неисправного инструмента инструмент подводится к щупу датчика по оси Z. Вращающийся инструмент может устанавливаться по оси X и Y для коррекции на радиус инструмента.

Юстировочные устройства с винтами позволяют выставлять щуп по осям станка. Интерфейсный блок обеспечивает обработку сигналов между датчиком и системой ЧПУ.



- |  |   |
|--|---|
| 1. Щуп   | 7. Выставление щупа по уровню – регулировочные винты        |
| 2. Держатель щупа для круглых или квадратных щупов | 8. Прокладка  |
| 3. Невыпадающее соединение                         | 9. Выставление осей квадратного щупа – регулировочные винты |
| 4. Слабое звено                                    | 10. Выставление осей квадратного щупа – стопорные винты     |
| 5. Передняя крышка                                 | 11. Фитинг кабелепровода                                    |
| 6. Крепежные винты основания датчика               |   |

Рисунок 16 - Контактный датчик TS27R

## 1.6. Разработка управляющей программы для технологической операции обработки детали

### 1.6.1. Программирование в система ЧПУ FANUC 18i – MB

Возможности обработки материалов на станках с ЧПУ существенно выше в сравнении с использованием универсального и специального оборудования, что позволяет осуществлять на них обработку деталей более сложных технологических процессов.

Прежде всего, из-за значительно возрастающей сложности технологических задач и трудоёмкости проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходимо разработать технологический процесс детально, построенный по переходам. В то время как при обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна. Поскольку рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Самостоятельно выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства.

С появлением ЧПУ появился новый элемент технологического процесса – управляющая программа, для разработки и отладки которой требуются дополнительные затраты средств и времени которые характеризуются моделью стойки ЧПУ и её версии.

Главное требование к технологическому проектированию для станков с ЧПУ является необходимость точной привязки траектории движения режущего инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки, а в некоторых случаях и приспособлением от которого ведется отсчет координат инструмента. Что в свою очередь налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 47   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

На стадии разработки технологического процесса определяется обрабатываемый контур и траектория движения инструмента в процессе обработки, устанавливается последовательность обработки контуров.

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.

В настоящей дипломной работе используется фрезерный обрабатывающий центр Hartford LG-500, оснащенный системой ЧПУ FANUC 18i A1100 – MB (рисунок 18). Конфигурация ЧПУ FANUC 18i A1100 - MB:

- в каждом кадре 3 типа M-функций
- вызов до 4 вложений подпрограмм
- упрощенное программирование углов и скругления для фасок и радиусов
- циклы обработки FANUC, черновая обработка за один проход, нарезание наружной резьбы за один проход,
- циклы обработки FANUC, черновая обработка с увеличивающимся (тип I) или уменьшающимся (тип II) профилем, нарезание наружной резьбы за несколько проходов ,
- циклы FANUC для осевого сверления, с удалением стружки, осевое развертывание и осевое нарезание внутренней резьбы,
- циклы SCHAUBLIN, осевое сверление, сверление с удалением стружки, осевое развертывание, осевое нарезание внутренней резьбы, торцевая канавка, внутренние и наружные канавки, наружное нарезание резьбы за несколько проходов,
- программируемое смещение нулевой точки,



- доводка или восстановление наружной резьбы в режиме работы MANUAL GUIDE (РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ),
- обработка по направлению X- в режиме работы MANUAL GUIDE,
- копирование и переименование программ ISO,
- индикация времени обработки и количества деталей,
- 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.

Разработка управляющей программы (УП) начинается с определения технологической последовательности стандартных блоков обработки. Блок обработки – это фрагмент управляющей программы, выполняемый одним инструментом на одной или нескольких поверхностях. Циклы обработки - это параметрические программы системы управления ЧПУ, которые служат для облегченного программирования G - кода.

Структурную единицу УП составляет кадр. Кадр является последовательностью символов (слов) языка программирования (G - кода).

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 49   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

Элементом кадра является слово, которое состоит из адреса и числового значения или переменной, глобальной переменной.

В системе ЧПУ подготовительные функции G разбиты на 2 группы.

В первую группу входят построчные G функции не требующие буквенных адресов в качестве параметров, во вторую G функции, требующие буквенных адресов в качестве параметров, а также постоянные циклы.

Вспомогательные функции M также делятся на 2 группы. В первую группу входят M функции, выполняемые до перемещения, во вторую после перемещения. Некоторые M функции должны быть запрограммированы в электронной автоматике.

В кадре под адресом L можно указать вызов управляющей программы. До 4 цифр следующих после L, указывают номер УП.

В одном кадре можно записать:

- F, E- значение подачи (шаг резьбы);
- Любое количество G функций из группы настроенных;
- Функции T или функции D;
- До шести M-функций, выполняемых до перемещения;
- S функцию;
- Одну функцию G из группы основных;
- До четырех M-функций, выполняемых после перемещения;
- L функцию (вызов подпрограммы) и после нее любые буквенные адреса в качестве параметров.

Функции шпинделя относятся к отдельным шпинделям или шпиндельным группам рисунок 17. Для серии M сигналы выбора шпинделя для жесткого нарезания резьбы метчиком (RGTSP1, RGTSP2 и RGTSP3) не могут быть применены.

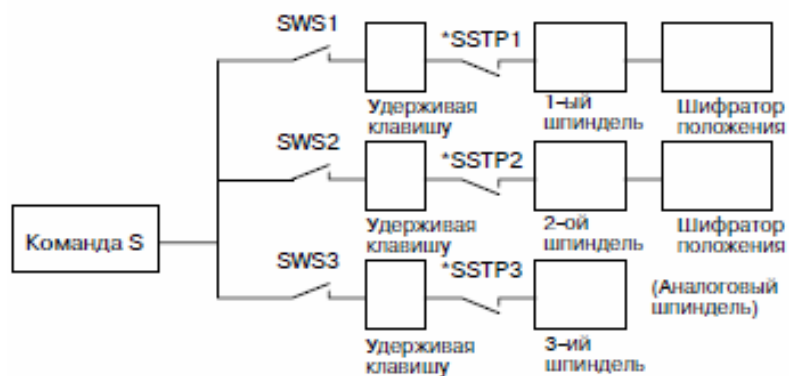


Рисунок 17 – Выбор второго и третьего шпинделя

Существует возможность управлять двумя шпинделями. Три шпинделя называются первым и вторым шпинделями. Первый и второй шпиндели представляют собой шпиндели с последовательным интерфейсом, а третий шпиндель - шпиндель с аналоговым интерфейсом. (Тем не менее, должны быть выбраны второй и третий шпиндели.)

Скорость шпинделя задается при помощи 5-значного числового значения, которое следует после S. Эта команда подается на шпиндель, выбранный при помощи сигналов выбора шпинделя (SWS1 - SWS3). Может быть выбрано более одного шпинделя, таким образом, они могут вращаться одновременно за счет задания одной и той же команды.

Каждый шпиндель сохраняет заданную команду (скорость шпинделя). Если шпиндель не выбирается при помощи сигнала выбора шпинделя, то он вращается с сохраненной скоростью шпинделя. За счет этой особенности, шпиндели могут одновременно вращаться с различной скоростью. Для каждого шпинделя предусмотрен сигнал останова вращения шпинделя (\*SSTP1 - \*SSTP3). При помощи этих сигналов, отдельные шпиндели могут быть приведены в состояние останова.

Систему координат станка, выбранную в соответствии с рекомендациями ISO (Международной организации по стандартизации) принято называть стандартной. Стандартная система координат представляет собой правую прямоугольную декартову систему координат, в которой

положительные направления осей координат определяются правилом правой руки: большой палец указывает положительное направление оси абсцисс  $X$ , указательный - оси ординат  $Y$ , и средний - оси аппликат  $Z$ .

Особенность системы в том, что ось координат  $Z$  принимают всегда параллельной оси главного шпинделя станка, независимо от того, как он расположен - вертикально или горизонтально. Эта особенность позволяет при ЧПУ для наиболее распространенной плоской обработки использовать в программах обозначения координат через  $X$  и  $F$  независимо от расположения шпинделя.

В качестве положительного направления оси  $Z$  принимают направление от заготовки к инструменту. Ось  $X$  - всегда горизонтальна. Дополнительные движения, параллельные осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  обозначают соответственно  $U$ ,  $V$ ,  $W$  (вторичные) и  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  (третичные). Вращательные движения вокруг осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  обозначают соответственно буквами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Положительные направления вращений  $A$ ,  $B$ ,  $C$  вокруг координатных осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  по часовой стрелке со стороны шпинделя. Для вторичных угловых перемещений вокруг специальных осей используются буквы  $D$  и  $E$ .

Начало стандартной системы координат станка обычно совмещается с базовой точкой узла, несущего заготовку и зафиксированного в таком положении, при котором все перемещения рабочих органов станка описываются в стандартной системе положительными координатами.

Для станков сверлильной, сверлильно-расточной и фрезерной групп применяется трехкоординатная система  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Начало этой системы координат принимается преимущественно в базовой точке стола, расположенного в одном из крайних положений. Направления координатных осей этой стандартной системы связаны с конструкцией станка.

Движения рабочих органов станка задаются в программе координатами или приращениями координат базовых точек в системе координатных осей, определенных в стандартной системе координат.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 52   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

Система координатных осей рабочих органов станка представляет собой совокупность отдельных управляемых по программе координат, каждая из которых закреплена за конкретным рабочим органом станка и имеет индивидуальное обозначение, направление и начало отсчета.

Станок для реализации такого резания должен иметь высокие силовые и скоростные характеристики привода главного движения; высокие жесткость и виброустойчивость; способность изменять по программе в широких пределах, лучше всего бесступенчато, скорость шпинделя и подачу. Точность станков повышают в результате специальных конструктивных решений и более точного исполнения механической части станка.

В наивысшей степени достижению точности способствует оснащение станков устройствами обратной связи [2].



Рисунок 18 – Стойка с ЧПУ FANUC 18i 3-осевого обрабатывающего центра Hartford LG-500

## 1.6.2. Фрагмент управляющей программы

Для обработки детали «Крышка задняя» была разработана управляющая программа (приложение В) и фрагмент УП (таблица 15).

Таблица 15 – Фрагмент управляющей программы

| Кадр УП                         | Интерполяция кадров  |
|---------------------------------|--|
| N2                              | Номер программы  |
| G40 G80 G90                     | G40 – отмена команды коррекции на радиус вершины инструмента<br>G80 – отмена постоянного цикла сверления<br>G90 – цикл обработки по внутреннему диаметру |
| T2 M6 (SV 21 МЕН)               | T6 – номер инструмента<br>M6 – смена инструмента   |
| G49                             | G49 – отмена коррекции на длину инструмента  |
| G5.1 Q1                         | G5.1 – замедление рабочей подачи в углах<br>Q1 – режим запуска контура высокоточного управления  |
| S800 M03                        | S800 - число оборотов – 800 об/мин,<br>M3 - Вращение шпинделя по часовой стрелке   |
| G17 G54 G00 X0. Y0.             | G17 – Выбор плоскости XpYp<br>G54 – Выбор системы координат заготовки<br>G00 - быстрое перемещение инструмента в заданную точку                          |
| G43 H2 Z66.56 M08               | G43 – компенсация длины инструмента<br>H01 – слово данных<br>M08- включение подачи СОЖ   |
| G83 G98 Z-27.5 R3.092 Q1.0 F40. | G83 – Цикл сверления торцевой поверхности<br>G98 – подача за минуту<br>Q1.0 – включение режима<br>F40 - величина подачи 40 мм/мин                        |
| G80                             | G80 – отмена постоянного цикла сверления   |
| M5                              | M5 – останов шпинделя  |
| Z200.0 M09                      | M09 – выключение подачи СОЖ  |
| G28 G91 Z0.                     | G28 - автоматический возврат в исходную позицию<br>G91 - программирование в относительных размерах   |

Окончание таблицы 15

|                 |   |
|-----------------|---|
| G90 X0. Y0.     | G90 – цикл обработки по внешнему диаметру   |
| G28 G91 Y0. X0. | G28 - автоматический возврат в исходную позицию<br>G91 - программирование в относительных размерах<br>Y0 X 0 – перемещение по координатам в точку смены инструмента |
| G5.1Q0          | G5.1 – замедление рабочей подачи в углах<br>Q0 – режим отключения контура высокоточного управления  |
| M1              | M1 – запрограммированный останов  |

## 2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Исходные данные

Годовая программа выпуска – 25 шт.;

Нормы штучно–калькуляционного времени ТШТ–К (мин.) для проектируемой операции занесены в таблицу.

Нормы штучно-калькуляционного времени

Операция токарно-винторезная 005 Тш-к, 20,97 мин

Операция фрезерная с ЧПУ 010 Тш-к, 90,97 мин

Общее время 111,93 мин

Таблица 16 – Часовые тарифные ставки, р.

| Наименование профессии | Разряды |        |        |        |
|------------------------|---------|--------|--------|--------|
|                        | 3       | 4      | 5      | 6      |
| Токарь универсал       | 172,80  | 193,54 | 216,76 | 242,77 |
| Оператор станков с ЧПУ | 288,12  | 322,58 | 361,28 | 404,64 |

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:

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

- при двусменной работе

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



- при трёхсменной работе (обрабатывающий центр с ЧПУ):

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

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2,0% рабочего времени универсального оборудования и 9,0% для обрабатывающего центра с ЧПУ.

$$F_{\text{об ун}} = 3956 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 3876,88 \text{ ч}$$

$$F_{\text{об ЧПУ}} = 3956 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 3599,96 \text{ ч}$$

Программа выпуска в год  $N = 25$  шт.

Количество технологического оборудования определяется по формуле:

$$q_p = \frac{t_{\text{шт-к}} \cdot N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_3 \cdot 60} \text{ шт.,}$$

где  $t_{\text{шт-к}}$  - штучно-калькуляционное время операции, мин;

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

60 - перевод минут в часы;

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

$k_{\text{вн}}$  - коэффициент выполнения норм времени (по данным предприятия 1,0 ÷ 1,2);

$k_3$  - коэффициент загрузки оборудования (по данным предприятия).

Нормы амортизационных отчислений:

Для универсального оборудования 7%,

Для станков с ЧПУ 12% от стоимости станка.

Стоимость электроэнергии 1кВт\*ч = 6,38 р.

## 2.2. Определение капитальных вложений

Состав капитальных вложений  $K$ , руб. определяем по формуле:

$$K = \sum K_{\text{заг}} + \sum K_{\text{обр}} + \sum K_{\text{прз}}, \quad (18)$$

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 57   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

- где  $F_0$  - капитальные вложения в оборудование, р.;
- $K_6$  - капитальные вложения в программное обеспечение, р.;
- $K_3$  - затраты на изготовление заготовки.

Определение количества технологического оборудования. Количество технологического оборудования определяется по формуле:

$$q = \frac{t_{шт-к} \cdot N}{F_0 \cdot K_6 \cdot K_3 \cdot 60}, \quad (19)$$

- где  $t_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время операции, мин;
- $N$  – годовая программа выпуска детали представителя, шт;
- $60$  – перевод минут в часы;
- $F_0$  - действительный фонд времени оборудования, ч;
- $K_6$  - коэффициент выполнения норм времени, 1,15;
- $K_3$  – коэффициент загрузки оборудования, 0,78.

Таблица 17 – Количество оборудования по проектному варианту

| № опер | Оборудование               | Модель оборудования | Кол-во станков |        |
|--------|----------------------------|---------------------|----------------|--------|
|        |                            |                     | Расчет.        | Принят |
| 005    | Токарно-винторезный станок | МК6057              | 0,0025         | 1      |
| 010    | Обрабатывающий центр       | Hartford LG-500     | 0.0027         | 1      |

Сегодня, при наличии на предприятиях мало загруженных мощностей покупка нового оборудования для изготовления одной конкретной детали нецелесообразна. Поэтому при проектировании нового технологического процесса технолог опирается на уже имеющееся, на предприятии станки.

Затраты на программное обеспечение включаются в капитальные вложения в случае применения станков с ЧПУ.

#### 2.2.1. Затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ

Затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ определяются по формуле:

$$K_{npz} = K_{yn} \cdot K_3 \cdot n \quad (20)$$

где  $K_{yn}$  – стоимость одной управляющей программы,  $K_{yn} = 8000$ р.;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий потребности в восстановлении программы,  $K_3 = 1,1$ ;

$n = 2$  количество операций для которых необходима программа. р.

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Сводная ведомость оборудования

| Наименование оборудования | Количество оборудования | Суммарная мощность, кВт. |              | Стоимость одного станка, тыс. руб. | Стоимость всего оборудования, руб. |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                           |                         | Одного станка            | Всех станков | Цена                               |                                    |
| МК6057                    | 1                       | 12,5                     | 12,5         | 1991                               | 1991                               |
| Hartford LG-500           | 1                       | 5,5                      | 5,5          | 4960                               | 4960                               |
| Итого                     | 2                       | 18                       | 18           | 6951                               | 6951                               |

### 2.3. Расчет технологической себестоимости

В общем случае технологическая себестоимость складывается из суммы следующих элементов:

$$C = 3_m + 3_{zp} + 3_{z\epsilon} + 3_{ob} + 3_{ocn} + 3_i \quad (21)$$

где  $3_m$  - затраты на все виды материалов, комплектующих и полуфабрикатов, руб.;

$3_{z\epsilon}$  - затраты на технологическую электроэнергию, р.;

$3_{zp}$  - затраты на заработную плату, р.;

$3_{ob}$  - затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$3_{ocn}$  - затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$3_i$  - затраты на малоценный инструмент; р.

Так как усовершенствованный технологический процесс не предполагает изменения метода получения заготовки, то нет необходимости учитывать затраты на ее изготовление.

$$З_{\text{п}} = З_{\text{пр}} + З_{\text{н}} + З_{\text{э}} + З_{\text{к}} + З_{\text{тр}} \quad (22)$$

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

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

$З_{\text{э}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

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

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

### 2.3.1. Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих

Считается с отчислениями на социальное страхование, при применении сдельной оплаты труда, р.:

$$З_{\text{пр}} = C_{\text{т}} \cdot t_{\text{шт-к}} \cdot k_{\text{мн}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{есн}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (23)$$

где  $C_{\text{т}}$  - часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

$t_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляционное время на операцию, час;

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

$k_{\text{доп}}$  - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (1,2);

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

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, компенсирующий различия в стоимости жизни в различных природно-климатических условиях ( $k_{\text{р}} = 1,15$ ).

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 60   |

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле:

$$Q_{cm} = \frac{t \cdot N_{год} \cdot k_{мн}}{F_p \cdot 60} \quad (24)$$

где  $t$  – штучное время операции, мин;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска детали,  $N_{год} = 25$  шт;

$k_{мн}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,  $k_{мн} = 0,49$ ;

$F_p$  – действительный годовой фонд работы одного рабочего,  $F_p = 1952$  ч.

Принимаемую численность рабочих и затраты на заработную плату производственных рабочих заносим в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на заработную плату станочников

| Наименование операции | Часовая тарифная ставка, р. | Штучное время, мин | Заработная плата, р. | Численность станочников, расчетная | Численность станочников, принятая чел. |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------|--|
| Токарно-винторезная   | 361,28                      | 20,97              | 110,99               | 0,0025                             | 1                                      |
| Фрезерная с ЧПУ       | 172,80                      | 90,97              | 230,28               | 0,0027                             | 1                                      |
| Итого                 |                             |                    | 341,27               | 0,0052                             | 2                                      |

### 2.3.2. Заработная плата вспомогательных рабочих:

$$Z_{всп} = \frac{C_m^{всп} \cdot F_p \cdot Q_{всп} \cdot k_{дон} \cdot k_{есн} \cdot k_p}{N_{год}} \quad (25)$$

где  $C_m$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

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

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

$Q_{всп}$  – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, чел.

$$Ч_{всп} = \frac{q_p \cdot n}{H} ; \quad (26)$$

где  $q_p$  – расчетное количество оборудования, шт.;

$n$  – число смен работы оборудования;

$H$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, электронщиком.

Необходимое количество наладчиков:

$$Ч_{нал} = \frac{0,002 \cdot 2}{2} = 0,002 \text{ чел.};$$

Численность транспортных рабочих – 5% от числа станочников, контролеров -7% от числа станочников.

Результаты расчетов сведем в таблицы 20.

Таблица 20 - Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих

| Специальность рабочего   | Часовая тарифная ставка, р. | Численность, чел | Затраты на изготовление одной детали, р. |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|--|
| 1. Наладчик              | 210                         | 0,002            | 0,42                                     |
| 2. Контролер             | 173                         | 0,001            | 0,017                                    |
| 3. Транспортный работник | 150                         | 0,0001           | 0,021                                    |
| Итого                    |                             | 0,0022           | 0,45                                     |

### 2.3.3. Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение технологической операции, рассчитываются по формуле:

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{ep} \cdot k_{o.d.} \cdot k_W \cdot t_{ум-к}}{\eta \cdot k_B} \cdot Ц_э, \text{ р.} \quad (27)$$

где  $N_y$  – установленная мощность главного электродвигателя, кВт;

$kN$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности, 0,3;

$k_{вр}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, 0,5;

$ко.д$  – средний коэффициент одновременности работы всех электродвигателей станка ( $ко.д = 1$ );

$kW$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода (1,04);

$kB$  – коэффициент выполнения норм времени на операциях технологического процесса 1,15;

$\eta$  – коэффициент полезного действия металлорежущего оборудования (принимается по паспорту оборудования) 0,9;

$Цэ = 6,38$  руб. – стоимость 1 кВт\*ч электроэнергии.

Результаты расчетов по вариантам сводятся в таблицы 21.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию

| Модель станка   | Установленная мощность, кВт | Штучно-калькуляционное время, мин | Затраты на эл. энергию, р. |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| МК6057          | 12,5                        | 20,97                             | 4,2                        |
| Hartford LG-500 | 5,5                         | 90,97                             | 8,01                       |
| Итого           | 18                          | 111,94                            | 12,21                      |

#### 2.3.4. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитываются по формуле:

$$Зоб = Сам + Срем , \quad (28)$$

где Сам - амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р.;

Срем - затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t_{шт-к}}{F_{об} \cdot k_з \cdot k_{вн} \cdot 60}, \quad (29)$$

где Цобр – цена единицы оборудования, р.;

Нам– норма амортизационных отчислений;

Гоб – годовой действительный фонд времени работы оборудования, 3956 часов;

кз – нормативный коэффициент загрузки оборудования 0,78;

квн – коэффициент выполнения норм 1,15

Определение затрат на текущий ремонт оборудования.

Затраты на текущий ремонт оборудования можно определить укрупненным расчетом по примерным нормам затрат на ремонт от стоимости оборудования. Затраты на ремонт 1,5%.

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносятся в таблицу 22.

Таблица 22 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

| Модель станка   | Стоимость, тыс.р. | Кол, шт. | Норма амортизации | Штучно-калькуляционное время, мин. | Амортизационные отчисления, р. | Затраты на ремонт, р. |
|-----------------|-------------------|----------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| МК6057          | 1991              | 1        | 7%                | 20,97                              | 22,87                          | 29,865                |
| Hartford LG-500 | 4960              | 1        | 12%               | 90,97                              | 423,84                         | 74,40                 |
| Итого           |                   |          |                   | 111,93                             | 446,72                         | 104,265               |



### 2.3.5. Определение затрат на эксплуатацию инструмента

В проектируемом технологическом процессе используется инструмент уже имеющийся на предприятии. Исходя из этого затраты связанные с эксплуатацией инструмента изменяются незначительно и значительно на себестоимость детали не повлияют.

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Технологическая себестоимость обработки детали, р.

| Статья затрат                                     | Проектный вариант |
|---|-------------------|
| Заработная плата с начислениями                   | 341,72            |
| Затраты на электроэнергию                         | 12,21             |
| Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования | 550,9             |
| Итого   | 904,91            |

Технико-экономические показатели проекта приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Технико-экономические показатели проекта

| Наименование показателя                            | Значение показателя по вариантам |
|--|----------------------------------|
| Годовой выпуск деталей, шт                         | 25                               |
| Количество видов оборудования, шт                  | 2                                |
| Стоимость оборудования тыс. р.                     | 6951                             |
| Количество станочников, чел                        | 2                                |
| Трудоемкость годового объема выпуска, н/ч          | 46,63                            |
| Технологическая себестоимость обработки детали, р. | 904,91                           |
| Коэффициент загрузки                               | 0,78                             |
| Процент используемого материала                    | 0,45                             |

Вывод: произведены технико-экономические расчеты для проектируемого технологического процесса. Определены технологическая себестоимость одной детали и годового объема выпуска. Рассчитаны коэффициент загрузки оборудования и процент используемого материала.

### 3. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В дипломном проекте разрабатывается технологический процесс изготовления детали «Крышка задняя », преимущественная часть операций обрабатывается на обрабатывающем центре с ЧПУ Hartford LG-500. Данное оборудование уже использовалось на заводе для обработки деталей, требующих квалификации оператора станков с программным управлением 2 разряда.

Для эффективного использования многоцелевых станков с ЧПУ необходимо, чтобы обслуживающий персонал (наладчики, операторы) обладали глубокими знаниями техники и могли творчески решать сложные производственные задачи, появляется необходимость повышения квалификации оператора станка с программным управлением 3-4 разряда.

Так как в условиях рыночной экономики предприятие находится на лидирующих позициях в своей сфере. Происходит увеличение производственных заказов, появляется необходимость подготовки новых рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением». Следует предусмотреть обучение и повышение квалификации рабочих, способных работать на станках с программным управлением – рабочих по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

В связи с тем, что ООО НПЦ «Внутритрубная диагностика» не имеет своего учебного центра, подготовка и переподготовка производится на базе учебного центра ЧУДПО «УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «УРАЛМАШЗАВОД».

Цель подготовки – приобретение и развитие у обучающихся знаний, умений, навыков и формирование общих и профессиональных компетенций, необходимых для выполнения трудовых функций (трудовой деятельности) по профессии «Оператор станков с программным управлением».

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 66   |

Задачи:

1. Сформировать у обучающихся целостную систему знаний о процессах обработки материалов и изделий с использованием станков с программного управления;

2. Сформировать у обучающихся практические навыки работы на станках с программным управлением, отвечающие требованиям работодателей.

Программа повышения квалификации состоит из теоретической части (136 академических часов) и производственного обучения (200 часов). После прохождения курса сдаётся квалификационный экзамен, состоящий из теоретической (контрольный тест) и практической (обработка детали) частей.

В случае успешной сдачи экзамена, присваивается 3-й разряд оператора станков с ЧПУ.

В методической части дипломного проекта разработана методика проведения урока теоретического обучения для повышения квалификации рабочих по профессии «Оператор станков с программным управлением».

### 3.1. Анализ профессионального стандарта

В настоящее время в 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.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 67   |

Таблица 25 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

| Обобщенные трудовые функции |  |                      | Трудовые функции  |        |                               |
|-----------------------------|--|----------------------|---|--------|-------------------------------|
| Код                         | Наименование   | Уровень квалификации | Наименование  | Код    | Уровень (полууров.) квалифик. |
| 1                           | 2  | 3                    | 4   | 5      | 6                             |
| А                           | Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей | 2                    | Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8-14 квалитетам                  | A/01.2 | 3                             |
|                             |  |                      | Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте | A/02.2 | 3                             |
|                             |  |                      | Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях  | A/03.2 | 3                             |
|                             |  |                      | Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)   | A/04.2 | 3                             |
|                             |  |                      | Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы   | A/05.2 | 3                             |
|                             |  |                      | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8-14 квалитетам   | A/06.2 | 3                             |
|                             |  |                      | Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании   | A/07.2 | 3                             |

Окончание таблицы 25

| 1 | 2  | 3 | 4   | 5      | 6 |
|---|--|---|---|--------|---|
| 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 | В/01.3 | 3 |
|   |  |   | Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)   | В/02.3 | 3 |
|   |  |   | Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях                | В/03.3 | 3 |
|   |  |   | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7-8 квалитетам  | В/04.3 | 3 |
| 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     | С/01.4 | 4 |
|   |  |   | Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше  | С/02.4 | 4 |

Проанализируем обобщенную трудовую функцию – «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности». Анализ приведен в таблице 26.

Таблица 26 - Анализ трудовых функций

|  |  |   |     |   |                      |   |
|--|--|---|-----|---|----------------------|---|
| Наименование                           | Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности  |   | Код | 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                                   | §45  | 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);
- установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях;
- обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам.

Выберем трудовую функцию – «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)». Данная трудовая функция должна быть сформирована на 3-ом уровне (подуровне) квалификации. Анализ приведен в таблице 27.

Таблица 27 - Анализ трудовой функции «Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)»

| Наименование       | Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)                   | Код | В/02.3 | 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           |     |        |                                   |   |

В результате анализа рассмотренной трудовой функции можно сформировать учебный план переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре предприятия.

3.2. Анализ учебного плана и программы переподготовки по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» 3 разряда

Профессия – Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ  
Срок обучения - 340 часа

Программа предназначена для повышения квалификации операторов по эксплуатации станков с ПУ и программированию технологических операций.

Программа учебного плана, который определяет объем курса.

В процессе обучения специалисты знакомятся с функциональными возможностями УЧПУ, основами программирования, отрабатывают практические навыки по управлению станком.

Программа предусматривает теоретическое и практическое обучение.

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

Данный курс обучения рассчитан на специалистов, имеющих профессиональную подготовку и квалификационный разряд по данной профессии, производственный стаж работы по профессии по основному месту работы и направленные на обучение повышения квалификации

По окончании обучения выдается свидетельство о повышении квалификации.

Квалификационная характеристика выпускника:

Выпускник должен быть готов к профессиональной деятельности по выполнению работ на станках с ПУ в качестве оператора станка ПУ соответствующего ЕТКС 3 разряда.

Был проведён анализ Единого тарифно-квалификационного справочника работ и рабочих профессий (ЕТКС), проанализировав его были

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 72   |



выведены требуемые знания и умения операторов станков 2-го и 3-го разрядов.

Оператор станков с ПУ 2-го разряда выполняет следующие трудовые функции: ведение процесса обработки с пульта управления простых деталей по 12 - 14 квалитетам на налаженных станках с программным управлением с одним видом обработки. Установка и съём деталей после обработки. Наблюдение за работой систем обслуживаемых станков по показаниям цифровых табло и сигнальных ламп. Проверка качества обработки деталей контрольно-измерительными инструментами и визуально. Наладка отдельных простых и средней сложности узлов и механизмов под руководством оператора более высокой квалификации.

Должен владеть следующими знаниями: принцип работы обслуживаемых станков с программным управлением; правила управления обслуживаемого оборудования; наименование, назначение, устройство и условия применения наиболее распространенных приспособлений, режущего, контрольно-измерительных инструментов; признаки затупления режущего инструмента; наименование, маркировку и основные механические свойства обрабатываемых материалов; основы гидравлики, механики и электротехники в пределах выполняемой работы; условную сигнализацию, применяемую на рабочем месте; назначение условных знаков на панели управления станком; правила установки перфолент в считывающее устройство; способы возврата программносителя к первому кадру; систему допусков и посадок; квалитеты и параметры шероховатости; назначение и свойства охлаждающих и смазывающих жидкостей; правила чтения чертежей обрабатываемых деталей.

Оператор станков с ПУ 3-го разряда выполняет следующие трудовые функции: Ведение процесса обработки с пульта управления средней сложности и сложных деталей по 8 - 11 квалитетам с большим числом переходов на станках с программным управлением и применением трех и

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 73   |

более режущих инструментов. Контроль выхода инструмента в исходную точку и его корректировка. Замена блоков с инструментом. Контроль обработки поверхности деталей контрольно - измерительными приборами и инструментами. Устранение мелких неполадок в работе инструмента и приспособлений. Наладка отдельных простых и средней сложности узлов и механизмов в процессе работы.

Должен владеть следующими знаниями: устройство отдельных узлов обслуживаемых станков с программным управлением и особенности их работы; работу станка в автоматическом режиме и в режиме ручного управления; конструкцию приспособлений для установки и крепления деталей на станках с программным управлением; системы программного управления станками; технологический процесс обработки деталей; систему допусков и посадок; качества и параметры шероховатости; начало работы с различного основного кадра; причины возникновения неисправностей станков с программным управлением и способы их предупреждения [7].

С целью установления соответствия переподготовки операторов станков с программным управлением 3 разряда был проведен сопоставительный анализ ФГОС СПО по профессии 16045 «Оператор станков с программным управлением» и Профессионального стандарта № 530н по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» (таблица 28).

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 74   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

Таблица 28 - Анализ ФГОС СПО и Профессионального стандарта № 530н

| ФГОС СПО<br>по профессии 16045<br>«Оператор станков с<br>программным управлением»                                      | Положения<br>ПС №530н   | Междисциплинар<br>ный курс (МДК)  |
|--|---|---|
| 1  | 2   | 3   |
| <p>ПК 1.1. Осуществлять обработку деталей на станках с программным управлением с использованием пульта управления.</p> | <p>А/02.2 .Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте.<br/>А/06.2. Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8-14 квалитетам.<br/>В/04.3. Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7-8 квалитетам.<br/>С/02.4. Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше.</p>  | <p>МДК.03.<br/>Технология обработки деталей на станке с ПУ.</p>                         |
| <p>ПК 1.2. Выполнять подналадку отдельных узлов и механизмов в процессе работы.</p>                                    | <p>А/01.2. Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8-14 квалитетам.<br/>А/03.2. Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях.<br/>А/05.2. Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы.<br/>В/01.3.Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7-8 квалитетам.<br/>В/02.3. Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ).<br/>В/03.3. Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях.<br/>С/01.4. Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше.</p> | <p>МДК.02. Основы программирования и подналадка станка с ПУ (по заданной программе)</p> |

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

Окончание таблицы 28

| 1   | 2  | 3  |
|---|--|--|
| ПК 1.3. Осуществлять техническое обслуживание станков с числовым программным управлением и манипуляторов (роботов). | А/07.2. Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании.                         | МДК.01. Устройство и обслуживание станков с ПУ |
| ПК 1.4. Проверять качество обработки поверхности деталей.   | А/04.2. Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК). | МДК.04. Техническая документация контроля.     |

Учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор станков с программным управлением» приведен в таблиц 29.

Таблица 29 - Учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор станков с программным управлением»

| Индекс       | Наименование циклов, дисциплин, профессиональных модулей, МДК, практик | Формы промежуточной аттестации | Обязательная нагрузка обучающихся (час) |                             |
|--------------|--|--------------------------------|---|-----------------------------|
|              |  |                                | всего                                   | в т.ч.лаб. и практ. занятий |
| 1            | 2  | 3                              | 4                                       | 5                           |
| <b>ТО</b>    | <b>Теоретическое обучение</b>  |                                | <b>136</b>                              | <b>56</b>                   |
| <b>ОП.00</b> | <b>Общепрофессиональные дисциплины</b>                                 |                                | <b>58</b>                               | <b>24</b>                   |
| ОП.01        | Общие основы технологии металлообработки                               | зачет                          | 14                                      | 4                           |
| ОП.02        | Допуски и технические измерения  | зачет                          | 12                                      | 6                           |
| ОП.03        | Техническое черчение и чтение чертежей                                 | зачет                          | 12                                      | 8                           |
| ОП.04        | Прогрессивный режущий инструмент для станков с ЧПУ                     | зачет                          | 10                                      | 2                           |
| ОП.05        | Охрана труда на машиностроительных предприятиях                        | зачет                          | 10                                      | 4                           |
| <b>ПМ.00</b> | <b>Профессиональный модуль</b>   |                                | <b>74</b>                               |                             |
| <b>ПМ.01</b> | <b>Выполнение работ на станках с программным управлением</b>           |                                | <b>74</b>                               | <b>30</b>                   |
| МДК.01       | Устройство и обслуживание станков с ПУ                                 | зачет                          | 16                                      | 6                           |

Окончание таблицы 29

| 1         | 2  | 3         | 4          | 5          |
|-----------|--|-----------|------------|------------|
| МДК.02    | Основы программирования и подналадка станка с ПУ (по заданной программе) | ДЗ        | 9          | 21         |
| МДК.03    | Технология обработки деталей на станке с ПУ                              | ДЗ        | 28         | 10         |
| МДК.04    | Техническая документация контроля  | ДЗ        | 10         | 4          |
| <b>ПО</b> | <b>Производственное обучение</b>   | <b>КР</b> | <b>200</b> | <b>200</b> |
|           | Резерв учебного времени  |           |            |            |
|           | Консультации   |           | 4          |            |
|           | Квалификационный экзамен   |           | 4          |            |
|           | <b>ИТОГО</b>   |           | <b>340</b> | <b>256</b> |

В рамках учебного плана предусмотрена общепрофессиональная дисциплина «Основы программирования и подналадки станка с ПУ (по заданной программе)». Рассмотрим рабочую программу этого предмета (таблица 30).

Таблица 30 – Тематический план дисциплины «Основы программирования и подналадки станка с ПУ (по заданной программе)»

| № Урока | Тема                             | Всего часов | В том числе |                      |
|---------|----------------------------------|-------------|-------------|----------------------|
|         |                                  |             | Лекции      | Практические занятия |
| 1       | Управление станком               |             | 1           | 2                    |
| 2       | Управление параметрами           |             | 2           | 2                    |
| 3       | Управление программой            |             | 2           | 3                    |
| 4       | Разработка управляющей программы |             | 4           | 6                    |
| 5       | Наладка и обслуживание станка    |             |             | 8                    |
| Всего:  |                                  | 30          | 9           | 21                   |

Для разработки выбирается тема № 3 теоретического занятия «Управление программой». На эту тему отводится 2 часа. Далее проведем анализ темы «Машинная подготовка управляющих программ».

Данная тема рассчитана на 1 занятие 2 часа. Тема является теоретической и направлена на изучение работы управляющей программы на станке с ЧПУ

Основные вопросы, которые будут рассматриваться в теме «Машинная подготовка управляющих программ»:

- Основные правила, проверка правильности составления программы;
- Блочно-цикловой принцип построения управляющих программ
- Стандартные циклы программного управления от ЭВМ: основные сведения;
- Работа с управляющими программами (внесение кадров, исключение кадров, передача управляющей программы на станок с ЧПУ, коррекция);
- Работа с управляющими программами последовательность действий.

### 3.3. Разработка план-конспекта урока

Тема занятия: Блочно-цикловой принцип построения управляющих программ: сущность. Стандартные циклы программного управления от ЭВМ: основные сведения.

Цели:

Дидактическая: Формирование знаний у слушателей о программировании обработки детали с помощью блочно-циклового построения программ.

Развивающая: развивать у обучаемых логическое мышление и познавательную самостоятельную активность;

Воспитывающая: воспитывать у обучаемых дисциплину, внимательность, аккуратность.

Тип урока: комбинированный

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 78   |

Метод обучения: рассказ, беседа, демонстрация слайдов

Оснащение урока: ноутбук, мультимедиа проектор, экран, слайды

Для разработки план-конспекта выберем урок №2. Последовательность хода занятия представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Модель взаимодействия преподавателя и обучаемого

| № этапа | Наименование этапа урока             | Деятельность преподавателя  | Время (мин) | Деятельность учащихся                               |
|---------|--------------------------------------|---|-------------|---|
| 1.      | Организационная часть                | Приветствие<br>Проверка присутствующих  | 5           | Приветствуют преподавателя. Участвуют в переключке  |
| 2.      | Сообщение темы и цели урока          | Сообщает тему, цели урока.  | 5           | Слушают, записывают тему урока.                     |
| 3.      | Актуализация опорных знаний          | Задаёт вопросы  | 10          | Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.          |
| 4.      | Объяснение нового учебного материала | Преподаватель, рассказывает новый материал, по ходу рассказа демонстрирует слайды | 50          | Слушают, конспектируют, изучают содержимое слайдов. |
| 5.      | Закрепление новых знаний             | Задаёт вопросы  | 10          | Отвечают на вопросы, дополняют друг друга.          |
| 6.      | Заключительный                       | Подводит итоги занятия.   | 5           | Слушают   |
| 7.      | Домашнее задание                     | Повторить пройденный материал.  | 5           | Записывают.   |

Актуализация опорных знаний для текущего занятия

Вопросы

- 1) Что такое цикл в системе ЧПУ?
- 2) Какие функции используются при токарной обработке?
- 3) Из чего состоит, кадр управляющей программы?

### 3.3.1. Конспект учебного материала

Тема урока: Циклы при токарной обработке материалов и сверлении.

#### I. Токарные циклы SINUMERIK. (Слайд №1)

1) Цикл простого нарезания резьбы для систем ЧПУ Sinumerik.  
(Слайд №2-3)

*G33 Z... K... - для цилиндрической и G33 X...Z...K(или I)...SF=.. - для конической резьбы*

*X, Z - конечные точки в декартовых координатах. I,K - шаг резьбы(в направлениях X,Z).*

С помощью функции G33 программируется нарезание внешней и внутренней цилиндрической резьбы. При выполнении данной функции система ЧПУ автоматически синхронизирует подачу и число оборотов шпинделя, благодаря чему нарезается винтовая резьба с заданным шагом.

При программировании цикла нарезания резьбы важно правильно назначить координаты начальной и конечной точек перемещения по осям X и Z, так как от этого зависят вид и реально получаемые геометрические размеры нарезаемой резьбы. Начальная точка перемещения (точка P0) - это точка, из которой начинается каждый проход инструмента при резьбонарезании и в которую он возвращается после выполнения каждого прохода и цикла в целом. Координаты начальной точки перемещения задаются в кадре управляющей программы, предшествующему кадру с функцией G33.

Если резьба коническая, то величина шага может задаваться через I или K. Если наклон резьбы меньше угла конуса в 45 градусов, то задается K, а если больше 45 градусов, то I. Это связано со сменной основной оси перемещения с оси Z на ось X.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 80   |



Принцип действия нарисован на картинке. Пример необходимо перерисовать и написать значения.

2) Цикл ступенчатого (или сложного) нарезания резьбы для систем ЧПУ Sinumerik. (Слайд №4-5)

Этот цикл отличается огромным числом дополнительных параметров.

*CYCLE 97 (PIT, MPIT, SPL, FLP, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NUMT, \_VRT)*

Шаг резьбы можно задать, через PIT - если вы знаете чему равен шаг или MPIT- если вы не знаете этого, и тогда применяется стандартный шаг для этой резьбы.

SPL и FPL - начальная и конечная точка резьбы в продольной оси.(пометить. длина резьбы)

DM1,DM2 - Диаметр резьбы в начальной и конечной точке. Если резьба не коническая, то эти величины равны наружному диаметру вала.

APP и ROP - заход и выход. Выход должен быть не больше существующей канавки под выход резца.

TDEP - глубина резьбы, можно высчитать по формуле:  $0,613 * P$ .

FAL - Чистовой припуск(оставляете только для высокоточных резьб, в остальных случаях ноль).

IANG - Угол подачи, угол равен половине угла резьбового резца.

NSP и NUMT (последний параметр) - смещение для первого захода(если однозаходные резьбы, то 0) и количество заходов.

NRC и NID - Количество черновых проходов (существенный параметр) и холостых (для снятия заусенцев, после черновых проходов) проходов.

VARI-определение режима обработки (см. след. слайд).1 - снаружи, 2 - внутри с пост. подачей, 3 - снаружи, 4 - внутри с постоянным поперечным сечением (одинаковый съем металла, за счет углубления резца).

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 81   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

Пример (на слайде №5):

- Первого параметра нет, т.к. значение шага задается через размер резьбы  $mpit=42$ ;
- Начальная и конечная точка резьбы( $sp1, fp1$ ) – от 0 до 35 мм;
- $dm1$  равен  $dm2$ , т.к. резьба цилиндрическая;
- Заход( $app$ ) равен 10 мм, перебег ( $gor$ ) 3 мм;
- Глубина резьбы 1,23 мм;
- Чистового припуска нет( $fal$ );
- Угол подачи выбран 30 град, можно 0( $iang$ );
- Резьба однозаходная ( $nsop=0$ ), количество заходов 1 ( $numt$  – последний параметр);
- 5 черновых( $nrc$ ) и 2 холостых( $nid$ ) прохода;
- Режим обработки 3 ( $vari$ ).

3) Цикл контурного точения для систем ЧПУ Sinumerik. (Слайд №6)  
*Cycle (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, \_VRT)*

*NPP - имя подпрограммы (вводится в кавычках)*

*MID - глубина подачи (черновой шаг).*

*FALZ, FALX, FAL - чистовой припуск для продольной оси, поперечной оси или по контуру.*

*FF1, FF2, FF3 - Подача для черновой обработки, для врезания, для чистовой обработки.*

*VARI - режим обработки (1- черновая, вдоль-снаружи, 2- черновая, поперек- снаружи и т.д., см. документацию к станку или мои презентации.)*

*DT и DAM- время ожидания и длина пути в конце черновых проходов для ломки стружки (в мм).*

*Пример (для нашей детали):*

T1 D1 G0 G95 S2500 M3 X30 Z20 - подвод перед вызовом

CYCLE 95("FFF", 5, 1.2, 0.6, , 0.2, 0.1, 0.1, 9, , ,0.5)

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 82   |

- Вызов Цикла ("Метка контура", глубина подачи, чистовой припуск в продольной оси, чистовой припуск в поперечной оси, *чистовой припуск по контуру*, подача для черновой обработки, подача врезания, подача для чистовой обработки, режим обработки (9- комплексная, вдоль, снаружи), *время ожидания ломки стружки, длина пути ломки стружки, путь отвода от контура*)

G0 G90 X30 Z20 - повторный подвод к стартовой позиции

M30

FFF - начало программы контура

G0 X11 Z5

G1 G42 X10 F0.1

G1 Z-9

G2 X16 Z-12 CR=3

G1 X20

X 26 Z-15

Z-38

G2 X30 Z-40 CR=2

G1 X40

M17

## II. Токарные циклы FANUC. (Слайд №7)

4) Нарезание резьбы с постоянным шагом G32 (Слайд №8)

*G32 IP\_F\_*

*IP - конечная точка.*

*F - шаг резьбы.*

Принцип нарезания такой же, как и для Sinumerik. подводим инструмента первую точку, на необходимую нам глубину резьбы и запускаем цикл.

|      |      |           |         |      |  |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--|--------------------|------|
|      |      |           |         |      |  | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |  |                    | 83   |

*Пример:* Нарезание конусной резьбы. Переписываем только первый проход.

5) Цикл ступенчатого нарезания резьбы для систем ЧПУ FANUC (Слайд №9)

*G76 P Q R*

*G76 X Z R P Q F*

*Первая строчка:*

*P - Содержит три двухзначные переменные. количество повторов при чистовой обработке. Величина схода резьбы(фаски) - задается равной примерно шагу резьбы(используется если нет канавки под выход резца). угол при вершине резца.*

*Q- Минимальная глубина резани (примечание: примерно 0,1 мм)*

*R- Допуск на чистовую обработку (примечание: оставляют примерно 0,2 мм)*

*Вторая строчка:*

*X, Z - координаты конечной точки.*

*I - угол конуса (при 0 градусов цилиндрическая резьба)*

*P- высота резьбы (примечание: обязательно без точки).*

*Q- глубина первого шага (примечание: обязательно без точки).*

*F- шаг резьбы*

*Пример на слайде (слева внизу)*

*G76 P011060 Q100 R200*

*G76 X60640 Z25000 K3680 D1800 F6.0*

6) Многократно повторяемый цикл ЧПУ FANUC (Слайд №10)

*G71 U, R*

*G71 P, Q, U, W, F, S, T (для Fanuc 21i это цикл G73)*

*Первая строчка:*

*U - Глубина резания (можно высчитать по формуле:  $0,613 * P$ ).*

*e – зазор (примечание: отскок после обработки)*

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 84   |

*Вторая строчка:*

*P Q - первый и последний кадр обработки контура.*

*U W - Расстояние и направление припуска на чистовую обработку вдоль оси X и Z*

F S T - технологические параметры для цикла (примечание: внутри цикла они игнорируются)

Для точения вдоль торца вала используется цикл G72(параметры у него аналогичные, меняется направление точения).

Для чистового точения используется цикл G70 P\_ Q\_ . (для Fanuc 21i это цикл G73)

Пример (Слайд №11)

G00 G90 X30 Z10 - подвод перед вызовом

G71 U5 R2

(глубина резания, величина схода-отскока от контура после чернового прохода)

G71 P20 Q120 U0,5 W0,5 F0.2 S2500 T1 - Вызов цикла

(Номер начального кадра, Номер конечного кадра, Расстояние и направление допуска на чистовую обработку вдоль оси X, Расстояние и направление допуска на чистовую обработку вдоль оси Z, подача, обороты и инструмент игнорируются внутри вызова цикла)

G96 - нужно включить заранее

N20 - начало программы контура

G0 X11 Z5 (если контур без выемок (тип I), то первое движение должно быть только по X)

G1 G42 X10 F0.1

G1 Z-9

G2 X16 Z-12 R3

G1 X20

|      |      |           |         |      |  |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--|--------------------|------|
|      |      |           |         |      |  | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |  |                    | 85   |

X 26 Z-15

Z-38

G2 X30 Z-40 R2

N120 G1 X40- конец программы контура

G0 G90 X30 Z10- повторный подвод к стартовой позиции

M30

G70 P20 Q120 - цикл чистового точения

### **III. Сверлильные циклы Fanuc (Слайд №12)**

#### **7) Виды сверлильных циклов Fanuc (Слайд №13)**

Существует несколько разновидностей циклов, но всех их объединяет наличие 3 основных движений:

- Сверление(направление -Z)
- Обработка основания отверстия
- Отвод(+Z направление)

Наиболее используемые циклы: G81, G82, G84, G87

Отмена любого цикла осуществляется с помощью команды G80.

#### **8) Цикл сверления G81 (Слайд №14)**

Для всех циклов на Fanuc можно выбирать плоскость отвода. Это либо плоскость G98(отвод к исходному уровню, к значению Z до включения цикла), либо плоскость G99 (отвод к точке R).

Этот цикл используется для обычного сверления. Рабочая подача выполняется у основания отверстия. Затем инструмент отводится от основания отверстия форсированной продольной подачей.

G81 X, Y, Z, R, F, K,

- F Скорость подачи в дюймах (или мм) в минуту
- L Количество высверливаемых отверстий, если используется G91 (режим приращений)
- R Положение плоскости R (положение выше детали)

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 86   |

- X Команда перемещения по оси X
- Y Команда перемещения оси Y
- Z Положение оси Z по достижении дна отверстия

Рисунок 19 перерисовать.

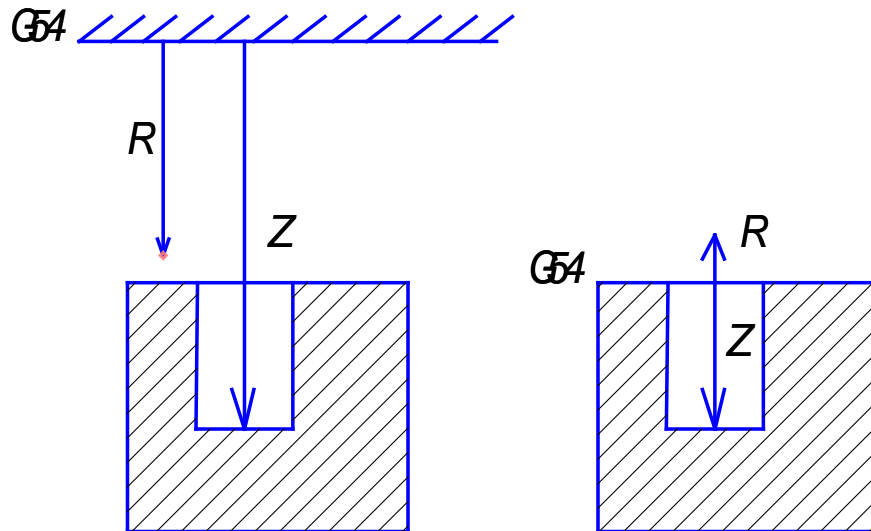


Рисунок 19 – Плоскость отвода

9) Цикл сверления с остановом G82 (Слайд №15)

Зачем нужен написано на слайде.

Все тоже самое, что и для G81, за исключением:

G82 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_;

P - время задержки у основания отверстия(задается в секундах, можно 1. можно 1000).

10) Цикл сверления с периодическим выводом сверла G83 (Слайд №16)

Зачем нужен написано на слайде.

Все тоже самое, что и для G81, за исключением:

G83 X\_Y\_Z\_R\_Q\_F\_K\_;

Q - глубина прохода для каждой подачи при резании

Рисунок перерисовать.

Значение в диапазоне от 0.0 до 30.00 дюймов или 0-761 мм). Эта настройка меняет поведение G83 (цикл сверления с периодическим выводом сверла) Большинство программистов устанавливают плоскость (R) начала отсчета значительно выше места резания для обеспечения вывода стружки из отверстия при выводе сверла. Однако это приводит к расходу времени, так как станок будет «сверлить» это пустое расстояние.

11) Цикл нарезания резьбы метчиком G84 (Слайд №17)

Зачем нужен написано на слайде.

G84 X\_Y\_Z\_R\_P\_F\_K\_;

Все тоже самое, самое, что и у цикла G82

12) Цикл нарезания резьбы метчиком G87 (Слайд №18)

Зачем нужен написано на доске.

Все тоже самое, что и для G82, за исключением:

G87 X Y Z R Q P F K;

Q - величина сдвига инструмента.

13) Сверлильные циклы Sinumerik (отмена цикла MCALL) (Слайд №19)

14) Цикл сверления G81 (Слайд №20)

MCALL CYCLE81(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR); - вызов цикла.

MCALL CYCLE\_ .... MCALL - между ними записывается серия точек для сверления. Если нужно просверлить одно отверстия, то MCALL не нужен.

RTP - плоскость отвода(назначаем 100 мм)

RFP - опорная плоскость (0-поверхность детали)

SDIS - безопасное расстояния (5 - над поверхностью детали)

DP - конечная глубина сверления (0- так, как мало ли откуда у нас задан 0 детали)

DPR - конечная глубина сверления относительно опорной плоскости (глубина сверления)

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 88   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |



Пример (Слайд №21):

Рисунок 20 перерисовать.

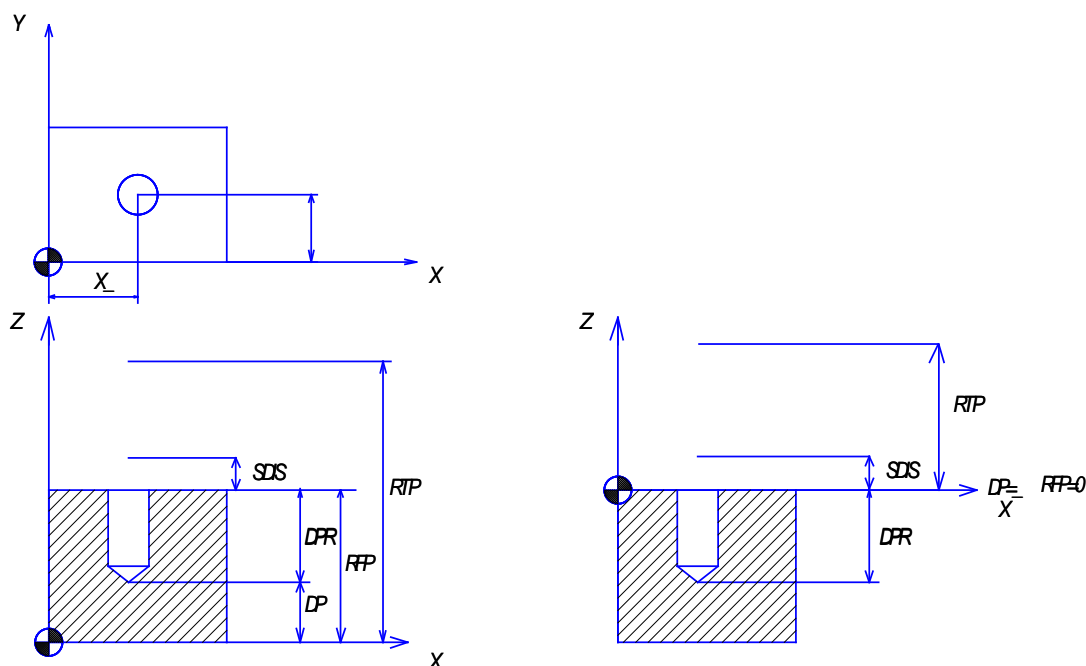


Рисунок 20 – Схема движения инструмента

15) Цикл сверления с остановом G82 (Слайд №22)

MCALL CYCLE82 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB);

Все тоже самое, только на конце вставить время ожидания в секундах.

DTB - время ожидания на конечной глубине сверления

16) Цикл глубокого сверления G83(Слайд №23)

MCALL CYCLE83(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, FDEP, FDPR, DAM, DTB, DTS, FRF, VARI, \_AXN, \_MDEP, \_VRT, \_DTD, \_DIS1);

FDEP - первая глубина сверления(пропускаем)

FDPR - первая глубина сверления относительно опорной плоскости (задается она)

DAM - дегрессия (если =0, то дегрессии нет.)

DTS - время ожидания в начальной точке для удаления стружки.

FRF - коэффициент для первой глубины сверления (обычно равен 1)

VARI - на следующей странице (либо 0 - с ломкой стружки, либо 1 - с удалением стружки).

AXN

MDEP

VRT - отскок после каждого сверления (если стоит 0 при vari=0, то 1 мм.)

DTD

DIS1

17) Цикл нарезания резьбы метчиком G84 (жесткое нарезание резьбы) (Слайд №25)

MCALL CYCLE84 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDAC, MPIT, PIT, POSS, SST, SST1, AXN, PTAB, TECHNO, VARI, DAM, VRT);

SDAC - направление вращения после окончания цикла 3, 4 или 5

MPIT - шаг резьбы по обозначению резьбы, стандартный шаг (M30)

PIT - шаг резьбы нестандартный.

POSS - позиция шпинделя для ориентированной остановки шпинделя в цикле.(в градусах)

SST - число оборотов для нарезания резьбы

SST1 - число оборотов для отвода

\_ - не обязательные параметры.

\_VARI - режим обработки (0 - нарезание внутренней резьбы за 1 проход, 1 -глубокое сверление внутренней резьбы с ломкой стружки, 2 - глубокое нарезание резьбы с удалением стружки).

18) Цикл растачивания с отходом G86 (Слайд №27)

MCALL CYCLE86 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDIR, RPA, RPO, RPAP, POSS);

SDIR - направление вращения

RPA - путь отвода по абсциссе активной плоскости (ось X)

RPO - путь отвода по ординате активной плоскости (ось Y)

RPAP - путь отвода по аппликате активной плоскости (ось Z)

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 90   |

POSS - позиция шпинделя для ориентируемой остановке шпинделя в цикле (в градусах).

Методические рекомендации к проведению урока теоретического обучения

В данной методической разработке урок теоретического обучения проводится в виде устного изложения материала.

Исходя из того, что на изложение учебного материала отведено определённое количество времени, необходимо подготовиться успеть изложить за урок, весь запланированный объём материала. Для этого преподавателю рекомендуются:

- прочитывать материал для установления точного времени, необходимого для изложения материала;
- подготовить аудиторию и оборудование;
- от учащихся требовать на поставленные вопросы короткие и чёткие ответы;
- подготовить план и конспект урока, умело пользоваться ими;
- заранее подготовить необходимые наглядные пособия (слайды, схемы, таблицы и.т.п.), расположить их в хронологическом порядке.

В заключительной части урока рекомендуется подвести итоги: перечислить основные положения изученного материала, отметить важные моменты.

В методической части дипломного проекта была разработана методика проведения урока теоретического обучения, разработаны средства обучения в виде слайдов, а также изложены методические рекомендации для проведения урока. Для возможности проведения обучения наличие следующего материально-технического обеспечения:

Реализация программы профессионального модуля предполагает наличие учебного кабинета «Интерактивный (мультимедийный) класс», лаборатории «Опережающего обучения и повышения квалификации». Возможно

объединение учебного кабинета и лаборатории при условии соблюдения санитарных правил.

Оборудование учебного кабинета: «Интерактивный (мультимедийный) класс»

1. Документационное обеспечение: паспорт кабинета, ФГОС СПО по специальности «Технология машиностроения», план работ учебного кабинета, план работы СНО, журнал по технике безопасности.
2. Учебно-методическое обеспечение: перечень лабораторных и практических занятий по профессиональному модулю; наличие: инструкций, методических пособий, раздаточного дидактического материала, методические рекомендации по выполнению курсового и дипломного проектирования, методические рекомендации для организации самостоятельной деятельности студентов, слайд-лекции, электронные образовательные ресурсы.
3. Персональные компьютеры, оснащенные профессиональными графическими станциями для визуализации, поверхностного и объемного моделирования, решения инженерных задач, построенная с использованием шестиядерного процессора Intel Core i7 980, частота процессора – 3.33GHz. В основе компьютера – материнская плата с набором микросхем Intel X58. Видеосистема компьютера, построенная на профессиональной карте NVIDIA Quadro 5000 с объемом видеопамяти 2560М. Интегрированная звуковая карта 7.1. Операционная система Windows 7 Ultimate, установленная на современный SSD накопитель с увеличенными скоростными показателями – Intel серии 320 объемом 160 ГБ.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 92   |

Оборудование лаборатории «Опережающего обучения и повышения  
квалификации»

1. Персональный компьютер
2. Учебная клавиатура со съёмными панелями, имитирующая станочный пульт станка с системами ЧПУ FANUK 21 и Sinumerik 810/840D
3. Электронный тренажер по обучению клавиатуры пульта станка с системой ЧПУ FANUK 21
4. Электронный тренажер по обучению клавиатуры пульта станка с системой ЧПУ Sinumerik 810/840D
5. Лицензированное программное обеспечение SINUTRAIN для систем ЧПУ Sinumerik 810/840D
6. Лицензированное программное обеспечение WinNC для систем ЧПУ FANUK 18 (X3Y310)
7. Принтер
8. Проектор с экраном
9. Учебный токарный станок с ЧПУ SP2118
10. Учебный фрезерный станок с ЧПУ SP2215
11. Лицензированное программное обеспечение токарного станка с ЧПУ SIEG
12. Лицензированное программное обеспечение фрезерного станка с ЧПУ SIEG
13. Учебный комплект кодопозитивов по теоретическому материалу.
14. Виртуальные автоматизированные рабочие места наладчиков станков с ЧПУ

Лицензированные программные продукты лабораторий: графическая среда AutoCAD 2009, система автоматизированного проектирования КОМПАС V9, КОМПАС V11, система автоматизированного проектирования T-FLEX, система автоматизированного проектирования технологических процессов КОМПАС-Автопроект, система автоматизированного проектирования

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 93   |

технологических процессов СПРУТ-ТП, системы программирования GeMMa 3D, SurfCAM, СПРУТ САМ.

Технические средства обучения: мультимедийный проектор; интерактивная доска; Интернет – ресурс; программные средства обучения; Виртуальный кабинет для самостоятельной работы студентов.

Виртуальный кабинет для выполнения самостоятельной работы, обеспечивает доступ обучающихся к информационным основным и дополнительным источникам, указанным в УМК, а также к Интернет.

Реализация профессионального модуля предполагает обязательную производственную практику. Оборудование и технологическое оснащение рабочих мест учебно – производственного участка:

1. Станки с ЧПУ:

- Вертикальный фрезерный обрабатывающий центр FADAL VMC 2216FX; Вертикальный фрезерный обрабатывающий центр FADAL VMC 3020;
- Токарный обрабатывающий центр Cincinnati Hawk TC-200M;
- Токарный обрабатывающий центр Biglia B470YSM;
- Листообрабатывающий центр TRUMPF Trumatic 2000R;

2. Технологическая оснастка;

3. Набор инструментов;

4. Заготовки.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 94   |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте была произведена разработка технологического процесса механической обработки детали «Крышка задняя» в условиях мелкосерийного производства.

Разработанный технологический процесс обеспечивает экономические показатели выпуска продукции высокого качества, в условиях существующего на предприятии современного оборудования.

При разработке проекта были учтены: особенности и свойства обрабатываемого материала, точность размеров, шероховатость поверхностей, действующие стандарты и нормативы.

Основной характеристикой технологического процесса является:

- Мелкосерийный тип производства.
- Используемая заготовка из алюминиевого сплава В95.

В экономической части разрабатываемого проекта был выполнен расчет себестоимости детали.

В методической части было разработано занятие теоретического обучения для повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

Поставленные задачи решены, цели достигнуты.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 95   |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.

2. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.

3. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.

4. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие-Екатеринбург: Издательство Урал. Гос. проф.- пед. университета 2012.- 169 с.

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

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

7. Могильников В. А. Технология производства. Технологический анализ чертежа детали: методические указания к практическим занятиям, контрольно-курсовым и контрольным работам для студентов машиностроительных специальностей / В. А. Могильников. – Тула: изд-во ТулГУ, 2009. – 18 с.

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

|      |      |           |         |      |                    |  |  |  |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|--|--|--|------|
|      |      |           |         |      |                    |  |  |  | Лист |
|      |      |           |         |      |                    |  |  |  | 96   |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата | ДП 44.03.04.563 ПЗ |  |  |  |      |



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

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

11. Технология машиностроения (специальная часть) [Текст]: учеб. для вузов. / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчуки др. – М.: Машиностроение, 1976.– 480 с.

12. Технология машиностроения [Текст]. Учеб для вузов [Гриф МО РФ] /Л.В.Лебедев и др.- М.: Изд. Центр «Академия», 2006. - 527 с.

13. Технология машиностроения[Текст]: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: учеб.пособ. для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 278 с.

14. Технология машиностроения [Текст]: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин.: учеб.пособ. для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – 2-ое изд., доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 296 с.

15. Технология машиностроения. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / [А. В. Коломейченко и др.]. - Электрон.текстовые дан. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 266 с. - (Режим доступа:<http://e.lanbook.com/view/book/67470>)

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

17. Эрганова, Н. Е. Практикум по методике профессионального обучения[Текст]: учеб.пособие для вузов / Н. Е. Эрганова, М. Г. Шалунова, Л. В. Колясникова. - 2-е изд., пересмотр. и доп. - Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2011. - 88 с.

18. Электронный каталог «СКИФ-М», Инструмент для фрезерования и сверления, 2015 г.

19. Электронный каталог «Seco», Фрезерование, 2015 г.

20. Электронный каталог «TeguaTec», Токарная обработка, 2015 г.

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

22. <http://www.studfiles.ru/preview/5897571/page:20/>

23. <http://www.irlen.ru/catalog/stanki-s-chpu/vertikalno-frezernye/leadwell-v-it/>.

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

25. [http://metallichekiy-portal.ru/marki\\_metallov/search/](http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/search/)

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 98   |

## Перечень листов графических документов

| № п/п | Наименование документа                           | Обозначение документа | Формат | Количество листов |
|-------|--|-----------------------|--------|-------------------|
| 1.    | Крышка задняя.                                   | ДП 44.03.04.563.01    | A1     | 1                 |
| 2.    | Иллюстрация техпроцесса                          | ДП 44.03.04.563.02    | A1     | 1                 |
| 3.    | Иллюстрация техпроцесса                          | ДП 44.03.04.563.03    | A1     | 1                 |
| 4.    | Иллюстрация техпроцесса                          | ДП 44.03.04.563.04    | A1     | 1                 |
| 5.    | Иллюстрация техпроцесса                          | ДП 44.03.04.563.05    | A1     | 1                 |
| 6.    | Управляющая программа на операцию 010 (фрагмент) | ДП 44.03.04.563.06    | A1     | 1                 |
| 7.    | Технико-экономические показатели                 | ДП 44.03.04.563.07    | A1     | 1                 |

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 99   |

Итоговый тест по программе обучения

1. Абсолютный отсчет размеров детали в управляющей программе задается с помощью G-кода:

- а) G90
- б) G91
- в) G01

2. Для программирования перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении против часовой стрелки с заданной скоростью служит G-код:

- а) G00
- б) G01
- в) G02
- г) G03

3. Установите соответствие между размерностью запрограммированной подачи и G-кодом, определяющим эту размерность:

- 1. Подача на оборот    А. G94
- 2. Минутная подача    Б. G95

Форма ответа: 1 \_\_\_; 2 \_\_\_.

4. Обработка детали в плоскости ZOX в управляющей программе задается с помощью G-кода:

- а) G17
- б) G18
- в) G19

5. В кадр управляющей программы, задающий движение рабочего органа с рабочей подачей по прямой линии, обязательно должен входить G-код:

- а) G00
- б) G01
- в) G02

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 100  |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

6. Управляющая программа разрабатывается в системе координат:

- а) детали
- б) инструмента
- в) станка с ЧПУ
- г) приспособления

7. Для включения автоматической коррекции на радиус инструмента, находящегося слева от обрабатываемой поверхности применяется G-код:

- а) G40
- б) G41
- в) G42

8. У станков с ЧПУ координатная ось Z:

- а) параллельна направляющим для перемещения инструментальной головки
- б) совпадает с осью главного шпинделя
- в) перпендикулярна оси главного шпинделя

9. При наладке станка положение системы координат детали определяется относительно:

- а) ноля инструмента
- б) ноля станка
- в) референтной точки

10. Ноль станка на токарном станке расположен:

- а) в рабочей зоне станка
- б) на пересечении правого торца шпинделя и оси вращения
- в) на пересечении правого торца патрона и оси вращения

11. Вызов коррекции на длину инструмента положительно осуществляется функцией:

- а) G43 H1
- б) G42 D1
- в) G42 D2

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 101  |

12. Остановка прогона программы на промежуточных этапах выполняется функцией:

а) M00

б) M01

в) M02

13. Создание и редактирование управляющей программы осуществляется в режиме:

а) AUTO

б) JOG

в) EDIT

г) MDA

14. Для определения положения нуля детали необходимо измерить смещение:

а) по оси X

б) по оси Z

в) по осям X и Z

15. При возникновении аварийной ситуации, грозящей поломкой узлов станка, необходимо:

а) остановить подачу инструмента

б) остановить вращение шпинделя

в) нажать кнопку аварийного останова

16. Диапазон изменения частоты вращения шпинделя от запрограммированного значения составляет:

а) 0-100%

б) 0-120%

в) 50-100%

г) 50-120%

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 102  |

17. Настройка корректоров инструмента осуществляется в режиме:

а) AUTO

б) JOG

в) MDA

18. После каждого аварийного останова необходимо:

а) включить приводы станка

б) вывести револьверную головку в референтную точку

в) инициализировать кнопку аварийного останова

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
|      |      |           |         |      |                    | 103  |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    |      |

Управляющая программа

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| %                       | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| O0001                   | G01 Y-18.251            |
| G49                     | X3.5                    |
| G28G91X0Y0              | Z17.5                   |
| N1                      | Y0.                     |
| G40 G80 G90             | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| <b>T1 M6 (25 END)</b>   | G01 Y-18.251            |
| G5.1Q1                  | X3.5                    |
| S2000 M03               | Z17.0                   |
| G00 X0. Y0.             | Y0.                     |
| G17 G54 X3.5 Y-18.251   | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| G43 H1 Z66.468 M08      | G01 Y-18.251            |
| Z24.0                   | X3.5                    |
| G01 Z20.5 F400.         | Z16.5                   |
| Y0.                     | Y0.                     |
| G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| G01 Y-18.251            | G01 Y-18.251            |
| X3.5                    | X3.5                    |
| Z20.0                   | Z16.0                   |
| Y0.                     | Y0.                     |
| G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| G01 Y-18.251            | G01 Y-18.251            |
| X3.5                    | X3.5                    |
| Z19.5                   | Z15.5                   |
| Y0.                     | Y0.                     |
| G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| G01 Y-18.251            | G01 Y-18.251            |
| X3.5                    | X3.5                    |
| Z19.0                   | Z15.0                   |
| Y0.                     | Y0.                     |
| G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| G01 Y-18.251            | G01 Y-18.251            |
| X3.5                    | X3.5                    |
| Z18.5                   | Z14.5                   |
| Y0.                     | Y0.                     |
| G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. | G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0. |
| G01 Y-18.251            | G01 Y-18.251            |
| X3.5                    | X3.5                    |
| Z18.0                   | Z14.0                   |
| Y0.                     | Y0.                     |



G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z13.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z13.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z12.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z12.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z11.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z11.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z10.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z10.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5

Z9.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z9.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 X3.5  
 Z8.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-18.251  
 G00 Z66.468  
 X3.5 Y-53.0  
 Z11.5  
 G01 Z8.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z7.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z7.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z6.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z6.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z5.5

Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z5.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z4.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z4.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z3.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z3.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z2.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z2.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z1.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0

X3.5  
 Z1.0  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z0.5  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 X3.5  
 Z0.  
 Y0.  
 G03 X-3.5 Y0. I-3.5 J0.  
 G01 Y-53.0  
 G00 Z66.468  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N2  
 G40 G80 G90  
**T2 M6 (SV 21 MEH)**  
 G49  
 G5.1 Q1  
 S800 M03  
 G17 G54 G00 X0. Y0.  
 G43 H2 Z66.56 M08  
 G83 G98 Z-27.5 R3.092 Q1.0 F40.  
 G80  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N3  
 G40 G80 G90  
**T3 M6 (16 END MEH)**

G49  
G5.1 Q1  
S3000 M03  
G17 G54 G00 X0. Y0.  
G43 H3 Z66.468 M08  
Z3.0  
G01 Z-0.5 F1000.  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-1.0  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-1.5  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-2.0  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-2.5  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915

X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-3.0  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-3.5  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-4.0  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-4.5  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.  
Z-5.0  
X3.75  
X4.462 Y1.398  
G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
G01 X1.201 Y3.552  
X0. Y0.

|      |      |           |         |      |  |  |  |  |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--|--|--|--|--------------------|------|
|      |      |           |         |      |  |  |  |  | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |  |  |  |  |                    | 107  |

Z-5.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-6.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-6.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-7.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-7.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-8.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398

G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-8.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-9.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-9.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-10.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-10.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 108  |

G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-11.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-11.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-12.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-12.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-13.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-13.5

X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-14.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-14.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-15.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-15.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-16.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 109  |

X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-16.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-17.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-17.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-18.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-18.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552

X0. Y0.  
 Z-19.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-19.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-20.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-20.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-21.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-21.5  
 X3.75

X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-22.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-22.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-23.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-23.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-24.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915

X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-24.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-25.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-25.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-26.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.  
 Z-26.5  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 X0. Y0.

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 111  |

Z-27.0  
 X3.75  
 X4.462 Y1.398  
 G03 X4.062 Y2.915 I-2.187 J0.235  
 X4.062 Y2.915 I-4.063 J-2.915  
 X2.754 Y3.78 I-1.788 J-1.283  
 G01 X1.201 Y3.552  
 G00 Z66.468  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N4  
 G40 G80 G90  
**T4 M6 (CENTR 4)**  
 G49  
 G5.1 Q1  
 S3000 M03  
 G17 G54 G00 X0. Y-20.0  
 G43 H4 Z66.468 M08  
 G81 G98 Z-0.7 R3.0 F100.  
 Y-32.0  
 G80  
 M5  
 G00Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N5  
 G40 G80 G90  
**T5 M6 (SV 5)**  
 G49  
 G5.1 Q1  
 S1000 M03  
 G17 G54 G00 X0. Y-20.0  
 G43 H5 Z66.468 M08  
 G83 G98 Z-13.502 R3.0 Q1.5 F30.  
 G80

M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N7  
 G40 G80 G90  
**T7 M6 (FAS 12X90)**  
 G49  
 G5.1 Q1  
 S2000 M03  
 G17 G54 G00 X0. Y-20.0  
 G43 H7 Z66.468 M08  
 G81 G98 Z-3.25 R3.0 F80.  
 G80  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N18  
 G40 G80 G90  
**T18 M6 (M6X1)**  
 G49  
 G5.1 Q1  
 S80 M03  
 G17 G54 G00 X0. Y-20.0  
 G43 H18 Z66.468 M08  
 G84 G98 Z-12.0 R3.0 F80.  
 G80  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N8  
 G40 G80 G90

|      |      |           |         |      |                    |      |
|------|------|-----------|---------|------|--------------------|------|
|      |      |           |         |      | ДП 44.03.04.563 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум.№ | Подпись | Дата |                    | 112  |



**T8 M6 (FAS 10X30 GRAD)**

G49  
 G5.1 Q1  
 S2500 M03  
 G17 G54 G00 X-9.497 Y0.  
 G43 H8 Z66.468 M08  
 Z3.0  
 G01 Z-6.232 F125.  
 G03 X-9.622 Y-0.696 I1.303 J-0.593  
 F250.  
 X-9.647 Y0. I9.622 J0.696  
 G02 X-9.707 Y-0.546 I-2.525 J0.  
 G03 X-9.736 Y-1.094 I1.633 J-0.361  
 X-9.797 Y0. I9.736 J1.094  
 G02 X-9.857 Y-0.544 I-2.496 J0.  
 G03 X-9.887 Y-1.09 I1.628 J-0.364  
 X-9.947 Y0. I9.887 J1.09  
 G02 X-10.007 Y-0.542 I-2.468 J0.  
 G03 X-10.038 Y-1.087 I1.623 J-0.366  
 X-10.097 Y0. I10.038 J1.087  
 G02 X-10.158 Y-0.541 I-2.442 J0.  
 G03 X-10.189 Y-1.084 I1.619 J-0.368  
 X-10.247 Y0. I10.189 J1.084  
 G01 X-10.345 Y-0.536  
 G03 X-10.341 Y-1.081 I2.853 J-0.247  
 X-10.341 Y-1.081 I10.341 J1.081  
 X-9.819 Y-3.417 I10.341 J1.081  
 X-9.592 Y-3.913 I2.704 J0.941  
 G01 X-9.275 Y-4.356  
 G00 Z66.468  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N11  
 G40 G80 G90

**T11 M6 (20 END)**

G49  
 G5.1 Q1  
 S800 M03  
 G17 G54 G00 X6.0 Y-50.5  
 G43 H11 Z66.468 M08  
 Z24.0  
 G01 Z0. F200.  
 G41 D11 Y-40.5 F40.  
 Y0.  
 G03 X-6.0 Y0. I-6.0 J0.  
 G01 Y-40.5  
 G40 Y-50.5  
 G00 Z66.468  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0. X0.  
 G5.1Q0  
 M1  
 N12  
 G40 G80 G90  
**T12 M6 (RAST D26)**  
 G49  
 G5.1 Q1  
 S400 M03  
 G17 G54 G00 X0. Y0.  
 G43 H12 Z66.468 M08  
 G85 G98 Z-27.0 R3.0 F40.  
 G80  
 M5  
 Z200.0 M09  
 G28 G91 Z0.  
 G90 X0. Y0.  
 G28 G91 Y0.  
 G5.1Q0  
 M30  
 %

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