



---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**  
**(БГТУ)**

---

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО БГТУ

\_\_\_\_\_/ О.Н. Федонин  
«20» апреля 2023г.

**Методические рекомендации**  
**по изучению учебной дисциплины**  
**ОП.06 Технологическое оборудование**

|   |  |
|---|--|
| Специальность:  | <b>15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)</b> |
| Уровень образования выпускника:                                   | среднее профессиональное образование (СПО)   |
| Присваиваемая квалификация:                                       | Техник-механик   |
| Форма обучения:   | очная  |
| Срок получения СПО по ППССЗ:                                      | 3 года 10 месяцев  |
| Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ: | основное общее образование   |

Брянск 2023

**Методические рекомендации  
по изучению учебной дисциплины  
ОП.06 Технологическое оборудование (далее – МР)**

*для специальности 15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт  
промышленного оборудования (по отраслям)*

Разработал преподаватель ПК БГТУ

П.П. Антропов

МР рассмотрены и одобрены на заседании  
предметно-цикловой комиссии «Монтаж и  
техническая эксплуатация промышленного  
оборудования» ПК БГТУ (далее – ПЦК)

от «20» апреля 2023г., протокол № 9

Председатель ПЦК

П.П. Антропов

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ  
по учебно-методической работе

Т.Е. Балашова

© Антропов П.П.  
© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»

## **Лабораторная работа №1**

**Тема: «Составление с натуры кинематической схемы узла универсального станка».**

### **Цель работы:**

1. Ознакомиться с внутренним устройством коробки скоростей.
2. Научиться самостоятельно разбираться в назначении механизмов и определить их взаимосвязь при работе станка.
3. Получить практические навыки составления кинематической схемы коробки скоростей с учетом условных обозначений элементов цепей по ГОСТ 2.770-68.
4. Научиться выполнять необходимые замеры.
5. Произвести необходимые математические расчеты и научиться строить графики.

### **Материальное обеспечение:**

1. Узлы коробок скоростей универсальных станков.
2. Набор масштабных линеек, штангенциркуль, кронциркуль.
3. Универсальный угломер.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с правилами по технике безопасности.
2. Ознакомиться с устройством коробки скоростей и определить назначение и принцип действия каждого механизма.
3. Проследить пути передачи движения от электродвигателя к шпинделю коробки скоростей.
4. Определить механизмы, с помощью которых изменяются частоты вращения шпинделя; Изучить устройство этих механизмов и способы управления ими.
5. Внимательно осмотреть и определить тип, устройство и расположение опор всех валов.
6. Пользуясь условными обозначениями, последовательно (по пути передачи движения от электродвигателя к шпинделю) составить эскизную кинематическую схему коробки скоростей, выдерживая соотношение размеров деталей в приблизительном масштабе, т.е. сохраняя пропорцию деталей, соблюдая толщину линий элементов кинематических сетей. Указать характер посадок на валы шкивов, зубчатых колес, муфт, тормозов и других деталей. Взаимно расположить валы на схеме так, чтобы существующие на станке варианты зацепления зубчатых колес были изображены ясно и четко.
7. Изобразить на схеме опоры валов, показав соответствующим условным обозначением, какой тип подшипника поддерживает каждый конец вала.

8. Последовательно, начиная от источника движения, определить параметры звеньев каждой кинематической пары; диаметры шкивов, числа зубьев и диаметра зубчатых колес.

9. Определить модули зубчатых колес.

Модули зубчатых колес  $m$  можно определить по следующим формулам:

$$m = P/\pi; \quad m = h/2,25; \quad m = D_{\text{нар}}/(z+2);$$

где  $P$  – шаг зубчатого зацепления, мм;  $z$  – число зубьев зубчатого колеса,  $h$  – высота зуба зубчатого колеса, мм

Наружные диаметры зубчатых колес  $D_{\text{нар}}$  можно измерить штангенциркулем или кронциркулем.

Например,

при  $z=40$   $D_{\text{нар}}=125,5$  мм,

$m=125,5/(40+2)=2,98$  мм (по ГОСТ 9563-60\* и СТ СЭВ 310-76), округляем до  $m=3$  мм;

при  $z=45$   $D_{\text{нар}}=141,4$  мм.

$m=141,4/(45+2)=3,009$  мм.

Округляем до стандартного,  $m=3$  мм.

Таким образом определяются модули всех остальных зубчатых колес в коробке скоростей.

Расчеты, связанные с определением модулей и подсчетами зубчатых колес, сводятся в Таблице 2.

10. Определить все частоты вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя определяется из уравнения кинематического баланса главного движения:

$$n_{\text{эл}} i_{\text{рем}} * 0,985 i_{\text{к.с}} = n_{\text{шп}},$$

Таблица 2

| Обозначение | Количество зубьев | Наружный диаметр<br>$D_{\text{нар}}$ , мм | Модуль зацепления $m$ , мм | Обозначение | Количество зубьев | Наружный диаметр<br>$D_{\text{нар}}$ , мм | Модуль зацепления $m$ , мм |
|-------------|-------------------|---|----------------------------|-------------|-------------------|---|----------------------------|
| Вал I       | 47                |   |                            | Вал IV      | 29                |   |                            |
|             | 42                |   |                            |             | 29                |   |                            |
|             | 37                |   |                            |             |                   |   |                            |
| Вал II      | 37                |   |                            | Вал V       | 29                |   |                            |
|             | 58                |   |                            |             | 29                |   |                            |
|             | 42                |   |                            |             |                   |   |                            |

|         |    |  |  |         |    |  |  |
|---------|----|--|--|---------|----|--|--|
|         | 47 |  |  |         |    |  |  |
| Вал III | 68 |  |  | Вал VI  | 29 |  |  |
|         | 37 |  |  |         | 16 |  |  |
|         | 53 |  |  |         |    |  |  |
|         | 29 |  |  |         |    |  |  |
|         |    |  |  | Вал VII | 64 |  |  |

Где  $n_{эл}$  – частота вращения электродвигателя, об/мин;  $i_{рем}$  – передаточное отношение ременной передачи; 0,985 – коэффициент, учитывающий скольжение ремней;  $i_{к.с}$  – общее передаточное отношение коробки скоростей;  $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$  – передаточные отношения зубчатых передач в коробке скоростей между валами I и II, II и III, III и IV, V и VI, VI и VII соответственно;  $n_{эл} i_{рем} * 0,985 = c$  – частота вращения вала I коробки скоростей. Эта величина для каждого станка, имеющего ременную передачу, постоянна.

Для зубофрезерного станка, изображенного на рисунке 1,  
 $c = (1440 * 140) / 320 * 0,985 = 620$  об/мин,

$$n_{шп}(1) = c i_{к.с} = 620 * \frac{37}{47} * \frac{27}{68} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 48,36 \text{ об/мин (50)}$$

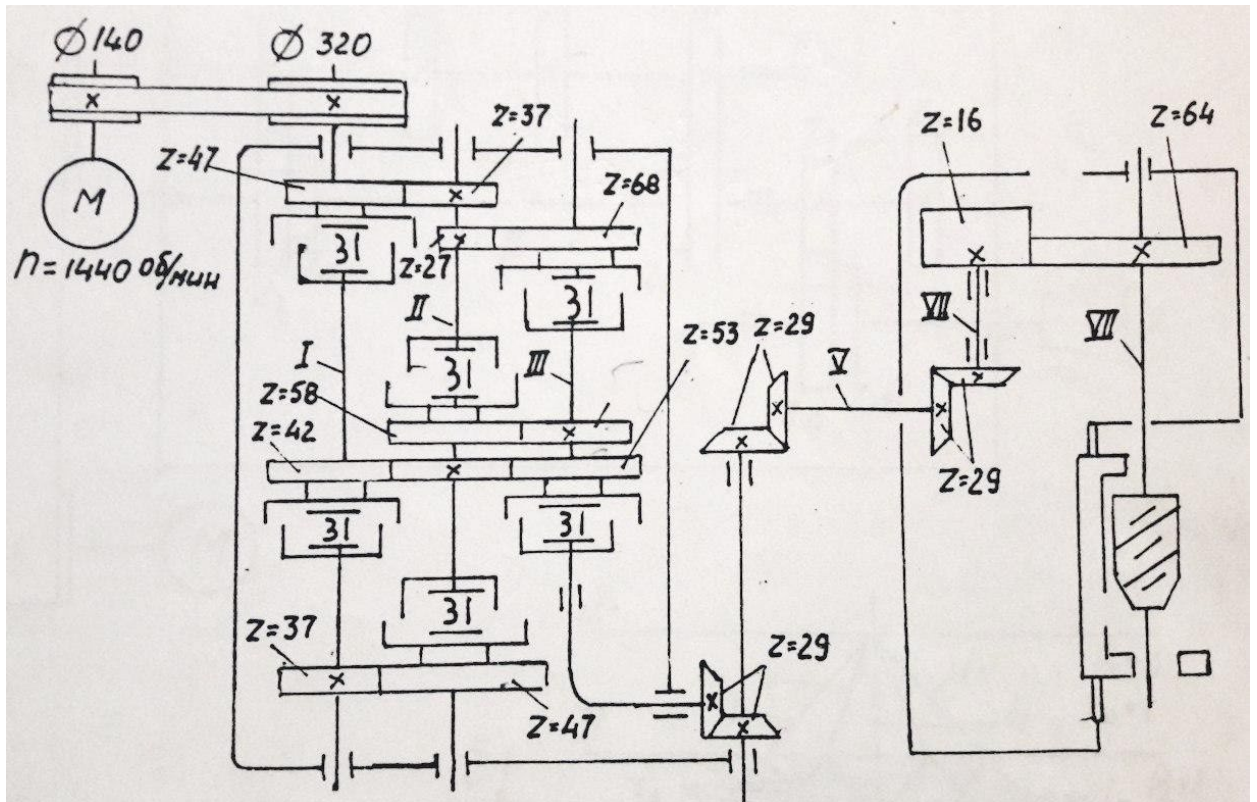
$$n_{шп}(2) = 620 * \frac{42}{42} * \frac{27}{68} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{24} = 62 \text{ об/мин (63)}$$

$$n_{шп}(3) = 620 * \frac{47}{37} * \frac{27}{68} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 77,5 \text{ об/мин (80)}$$

$$n_{шп}(4) = 620 * \frac{37}{47} * \frac{42}{53} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 96,1 \text{ об/мин (100)}$$

$$n_{шп}(5) = 620 * \frac{42}{42} * \frac{42}{53} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 122,45 \text{ об/мин (125)}$$

$$n_{\text{шп}}(6) = 620 * \frac{47}{37} * \frac{42}{53} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 155 \text{ об/мин (160)}$$



**Рисунок 1** Кинематическая схема коробки скоростей зубофрезерного станка

$$n_{\text{шп}}(7) = 620 * \frac{37}{47} * \frac{58}{37} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 191,27 \text{ об/мин (200)}$$

$$n_{\text{шп}}(8) = 620 * \frac{42}{42} * \frac{58}{37} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 243,35 \text{ об/мин (250)}$$

$$n_{\text{шп}}(9) = 620 * \frac{47}{37} * \frac{58}{37} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{29}{29} * \frac{16}{64} = 310 \text{ об/мин (315)}$$

Примечание: 1. В скобках указаны стандартные значения частоты вращения шпинделя.

2.  $n_{\text{шп}}(9)$  – частота вращения шпинделя от 1-й до 9-й ступени.

## Построение графика частот вращения шпинделя

Построение графика основывается на кинематическом расчете коробки скоростей. Для кинематического расчета коробки скоростей используют чаще всего графоаналитический метод, который позволяет находить быстро наилучшие варианты решения задач.

Графоаналитический метод кинематического расчета коробки скоростей состоит из двух этапов:

построение структурной сетки;

построение графика вращения.

## Построение структурной сетки.

Число ступеней  $z$  частоты вращения шпинделя при наладке последовательно включенными

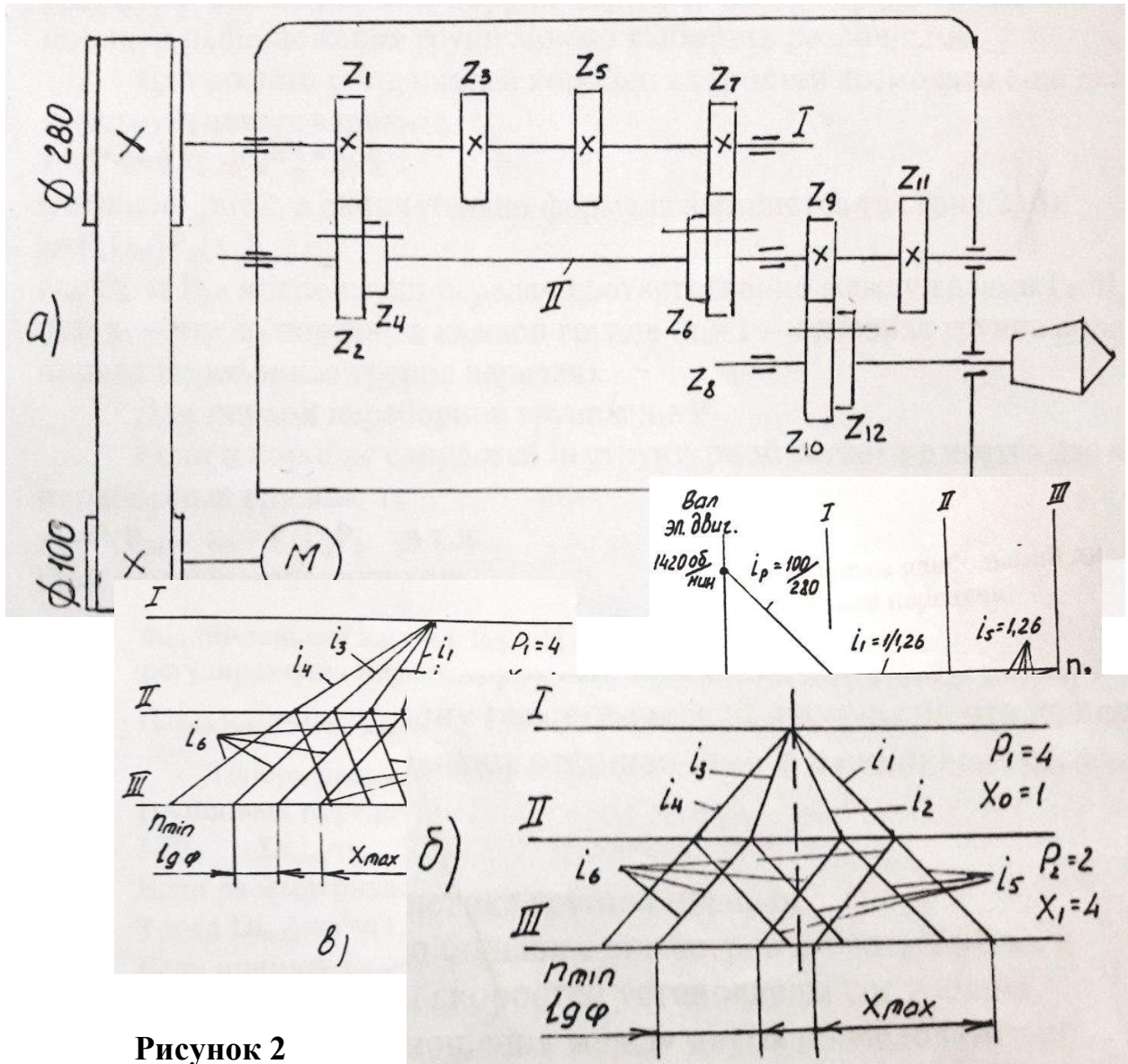


Рисунок 2

Кинематическая схема:

а – коробка скоростей; б, в – структурные сетки; г – график частоты вращения валов коробки скоростей.

групповыми передачами равно произведению числа групп передач:

$$z = P_1 P_2 P_3 \dots P_n$$

Применительно к коробке скоростей, изображенной на рисунке 2, а,  $z = 4 * 2 = 8$ .



При заданном (или выбранном) числе ступеней  $z$  ряда частоты вращения шпинделя число групп передач, число передач в каждой группе и порядок расположения групп можно выбирать различными.

Для восьми ступенчатой коробки скоростей возможны еще два конструктивных варианта:

$$z=2 \cdot 4=8 \text{ и } z=2 \cdot 2 \cdot 2=8.$$

Согласно рис.2, а окончательно формула запишется так (рис.2, б):

$$z=P_1(x_0)P_2(x_1),$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – число групп передач соответственно между валами I и II, II и III;  $x_0$  и  $x_1$  – число передач в каждой группе ( $x_0=1$  – основная группа передач,  $x_1$  – первая переборная группа передач).

Для первой переборной группы  $x_1=P_1$ .

Если в коробке скоростей (в структурной сетке) и имеется две и больше переборные группы, то

$$x_2=P_1P_2; x_3=P_1P_2P_3 \text{ и т.д.}$$

При конструировании коробок скоростей, имеющих два вала и более, с изменением ступеней  $n$  по закону геометрической прогрессии отношения передаточных отношений заменяют отношениями  $\varphi$  в различных степенях  $x$ , т.е.

$$i_1:i_2:i_3:\dots:i_p=1:\varphi^x:\dots:\varphi^{(p-1)x},$$

где  $x$  – целое число, характеристика группы передач.

Во избежание чрезмерно больших диаметров зубчатых колес и габаритных размеров коробки скоростей установлены следующие предельные передаточные отношения между двумя последовательно соединенными валами:  $1/4 \leq i \leq 2$ . Отсюда определяется наибольший диапазон регулирования передаточного отношения групповой передачи:

$$(Di_{\max})_{\text{пред}} = (i_{\max}/i_{\min})_{\text{пред}} = \frac{2}{1/4} \leq 8.$$

Теперь рассмотрим диапазон регулирования передаточных отношений групповых передач между валами (рис. 2, б).

$$\text{I-II: } Di_{\max} = i_{\max}/i_{\min} = i_1/i_2 = \varphi^{(p-1)x} = \varphi^{(4-1)1} = \varphi^3.$$

Если рассматривается коробка скоростей универсального станка, то  $\varphi=1,26$ .

$$\text{Тогда } Di_{\max} = \varphi^3 = (1,26)^3 = 2.$$

Если принять  $i_{\max} = i_1 = i/\varphi = 1/1,26$ , то

$$i_{\min} = i_4 = I_{\max}/Di_{\max} = i_1/Di_{\max} = \frac{1/\varphi}{\varphi^3} = 1/\varphi^4 = 1/2,5.$$

Промежуточные значения передаточных отношений (см. рис. 2, б, в):

$$i_2 = 1/\varphi^2 = 1/1,58, i_3 = 1/\varphi^3 = 1/2.$$



$$\text{II-III: } Di_{\max} = I_{\max}/i_{\min} = i_5/i_6 = \varphi^{(p_1-1)x} = \varphi^{(2-1)4} = \varphi^4 = (1,26)^4 = 2,5.$$

Принимаем, например,  $i_{\max} = i_5 = \varphi = 1,26$ , тогда

$$I_{\min} = i_6 = I_{\max}/Di_{\max} = \varphi/\varphi^4 = 1/\varphi^3 = 1/2.$$

Значения показателей степени для  $\varphi$  зависят от заданной минимальной и максимальной частоты вращения шпинделя, частоты вращения электродвигателя, число ступеней частоты вращения шпинделя.

Имея значения передаточных отношений, структурная сетка коробки скоростей будет иметь вид, показанный на рис. 2, в.

Подробнее с кинематическим расчетом коробок скоростей можно ознакомиться в работе 8.

**Построение графика частоты вращения шпинделя.** На равном расстоянии друг от друга проводят вертикальные линии, число которых равно числу валов коробки скоростей плюс вал электродвигателя (если имеется ременная передача): на расстоянии, равном  $\lg \varphi$ , проводят горизонтальные линии (по количеству частот вращения), которым присваивают (снизу вверх) порядковые номера частот вращения с  $n_1$  по  $n_g$ . Лучи, проведенные между вертикальными линиями, обозначают передачу между двумя валами с соответствующим передаточным отношением, которое заранее определено.

По найденным передаточным отношениям определяют числа зубьев зубчатых колес.

В станкостроении межосевые расстояния, суммы чисел зубьев сопряженных колес, числа зубьев червячных колес и модули нормализованы.

При постоянном расстоянии между осями ведущего ведомого валов и одинакового модуля колес группы передач сумма чисел зубьев каждой пары зубчатых колес является постоянной величиной, т.е.

$$\Sigma z = z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = z_7 + z_8 = z_9 + z_{10} = z_{11} + z_{12} = \text{const.}$$

Передаточные отношения пар зубчатых колес, которые могут находиться в зацеплении при переключении блоков зубчатых колес в коробке скоростей (см. рис.2, а), определяются:

$$\begin{aligned} i_1 &= z_1/z_2 = 1/1,26; & i_2 &= z_3/z_4 = 1/1,58; & i_3 &= z_5/z_6 = 1/2; \\ i_4 &= z_7/z_8 = 1/2,5; & i_5 &= z_9/z_{10} = 1,26; & i_6 &= z_{11}/z_{12} = 1/2; \end{aligned}$$

Если принять  $\Sigma z = 72$ , то можно определить все числа зубьев зубчатых колес.

## **Отчет**

по лабораторной работе

### **Составление с натуры кинематической схемы узла универсального станка.**

1. Составить с натуры кинематическую схему узла универсального станка.
2. Рассчитать ряд частот вращения шпинделя.
3. Начертить график частот вращения шпинделя.

*Группа*

*Выполнил*

*Принял*



#### 4. Типоразмер передачи ВГК.

Таблица 1 Технические параметры регулируемой передачи ВГК.

| Условный диаметр винта d, мм | Шаг резьбы P, мм | Диаметр шарика d <sub>ш</sub> , мм | Количество шариков в передаче, шт | Допускаемая статическая жёсткость Q, кН | Длина винта L, мм |
|------------------------------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------|
| 25                           | 5                | 3                                  | 26×6                              | 5,3                                     | 710               |

Таблица 2 Технические характеристики регулируемой ВГК.

|           | Число делений по индикатору динамометрического ключа | Осевые нагрузки Q, кН | Осевой зазор Δ <sub>0</sub> , мкМ | Осевая жёсткость j, $\frac{\text{кН}}{\text{мкМ}}$<br>(Не менее) | Момент холостого хода М <sub>0</sub> ·М <sub>кр</sub> , Н·м<br>(Не более) |
|-----------|--|-----------------------|-----------------------------------|--|---|
| По ТУ     |  |                       |                                   | 0,45   | 0,26  |
| Измерения | 20   | 5,3                   | 15                                | 0,35   | 0,1   |

#### 5. Расчет жёсткости.

$$j_{\Phi} = Q/\Delta_0 = 5,3/15 = 0,35 \frac{\text{кН}}{\text{мкМ}}$$

Вывод: данная передача ВГК по моменту холостого хода соответствует ТУ (0,1<0,26), ТУ(0,35<0,45). Требуется увеличивать осевую жёсткость за счет создания натяга.

**6. Расчет силы предварительного натяга.**

$$F_n = 3,5 \cdot d_{ш} \cdot K, Н$$

Где  $d_{ш}$  – диаметр шарика;

$K$  – количество шариков в одном витке.

$$F_n = 3,5 \cdot 3 \cdot 26 = 270 Н$$

**7. Расчет величины сближения полугаек для создания предварительного натяга.**

$$\Delta_n = 1,3 \sqrt[3]{F_n / d_{ш}}, мкМ$$

Где  $F_n$  – величина предварительного натяга;

$d_{ш}$  – диаметр шариков.

$$\Delta_n = 1,3 \sqrt[3]{2,7 / 3} = 35 мкМ$$

**8. Расчет суммарной величины сближения полугаек.**

$$\Delta_{сум} = \Delta_0 + \Delta_n, мкМ$$

Где  $\Delta_0$  – зазор в сопряжении;

$\Delta_n$  – величина сближения полугаек.

$$\Delta_{сум} = 15 + 35 = 50 мкМ$$

**9. Расчет числа зубьев необходимых для поворота полугаек в одну сторону.**

$$Z = 10^{-3} (\Delta_{сум} / P) \cdot Z_1 (Z_1 + 1)$$

Где  $\Delta_{сум}$  – суммарная величина сближения полугаек;

$P$  – шаг ходового винта;

$Z_1$  – число зубьев ходового винта.

$$Z = 10^{-3} \cdot (50 / 5) \cdot 46 \cdot 47 = 21 \text{ зубьев}$$

Вывод: данная передача по осевой жёсткости не соответствует требованиям Т.У., для восстановления её работоспособности требуется поворот двух полугаек на 21 зуб в одну сторону.

## Практическое занятие №2

**Тема: «Кинематический расчет и составление схем привода оборудования для механической обработки»**

**Цель:** изучение кинематического расчета и составления схемы привода оборудования для механической обработки.

### 1 Материальное обеспечение

1.1 Инструкция к практической работе.

1.2 Справочная и техническая литература.

1.2.1 Технологическое оборудование машиностроительного производства: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [Б.И. Черпаков, Л.И. Вершинина] – 2-е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2006-416с.

### 2 Порядок выполнения работы

В соответствии с индивидуальным заданием выполнить кинематическую схему привода оборудования для механической обработки заготовок. В следующей последовательности:

2.1 Определить геометрический ряд частот вращения шпинделя и принять предпочтительные числа.

$$n_1 = n_{\min}$$

$$n_2 = n_1 \cdot \varphi$$

$$n_3 = n_2 \cdot \varphi$$

$$n_4 = n_3 \cdot \varphi$$

$$n_z = n_{z-1} \cdot \varphi$$

2.2 Определить диапазон регулирования

$$R_n = n_{\max} / n_{\min}$$

2.3 Вычертить коробку скоростей в соответствии с выбранным структурным вариантом.

2.4 Построить 2- 3 варианта структурных сеток.

2.5 Произвести анализ структурных сеток и выбрать из них наиболее приемлемый вариант.

2.6 Пользуясь выбранным вариантом структурной сетки произвести построение графика частот вращения шпинделя.

2.7 Произвести расчет чисел зубьев зубчатых колес.

2.8 Произвести проверку (достаточно составить уравнение кинематической цепи для  $n_{\max}$ ).

2.9 Написать отчет по работе в соответствии с пунктами 2.1...2.8.

### 3 Таблица 1 Варианты заданий

| Обозначения  | Номер задачи |      |      |      |      |      |      |    |      |      |
|--|--------------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|
|  | 1            | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8  | 9    | 10   |
| Знаменатель<br>геометрического ряда<br>частот вращений, $\phi$                         | 1,26         | 1,41 | 1,41 | 1,26 | 1,58 | 1,26 | 1,58 | 2  | 1,41 | 1,26 |
| Количество различных<br>частот<br>вращений шпинделя, $z$                               | 8            | 8    | 6    | 4    | 6    | 6    | 8    | 4  | 4    | 6    |
| Минимальная частота<br>вращения<br>шпинделя в минуту,<br>$n_1 = n_{\min}$              | 80           | 63   | 125  | 160  | 100  | 50   | 40   | 63 | 180  | 200  |
| Частота вращения электродвигателя для всех вариантов $n_{э.д.} = 900 \text{ мин}^{-1}$ |              |      |      |      |      |      |      |    |      |      |

### 4 Пример выполнения задания

Задание 3. Составить кинематическую схему коробки скоростей. Определить геометрический ряд частот вращения шпинделя и диапазон регулирования. Произвести построение структурных сеток и графика частот вращения шпинделя. По графику определить передаточные отношения. Определить число зубьев шестерён.  $\phi = 1.26$ ;  $z = 6$ ;  $n_1 = n_{\min} = 200 \text{ об/мин}$ ;  $n_{дв} = 900 \text{ об/мин}$ .

Решение:

$$1) n_1 = 200 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = n_1 \cdot \phi = 200 \cdot 1.26 = 252 = 250 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = 250 \cdot 1.26 = 315 = 315 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_4 = 315 \cdot 1.26 = 396.9 = 400 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_5 = 400 \cdot 1.26 = 504 = 500 \text{ мин}^{-1}$$

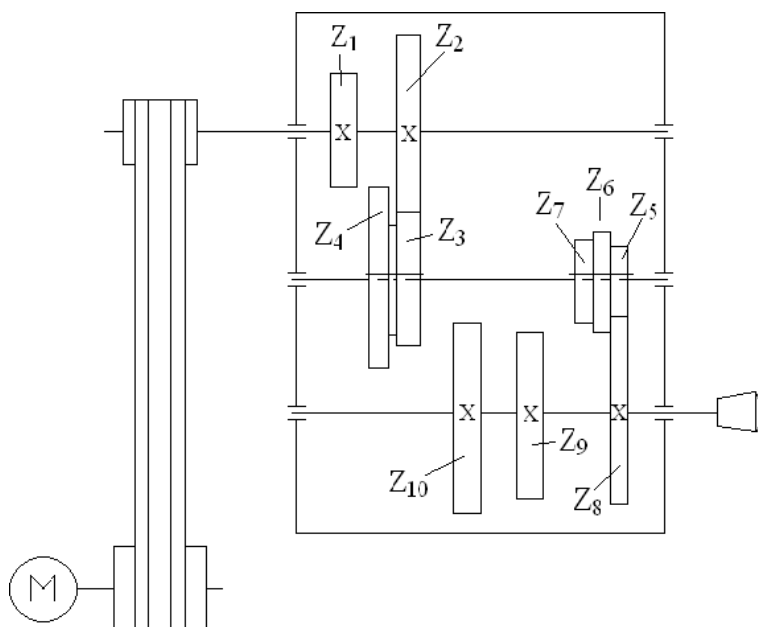
$$n_6 = 500 \cdot 1.26 = 630 = 600 \text{ мин}^{-1}$$



2) Диапазон регулирования D:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{630}{200} = 3.15;$$

3) Вычерчиваем коробку скоростей в соответствии с выбранным структурным вариантом.

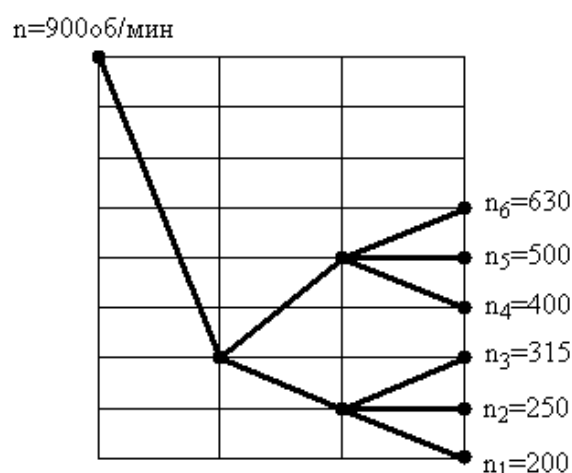
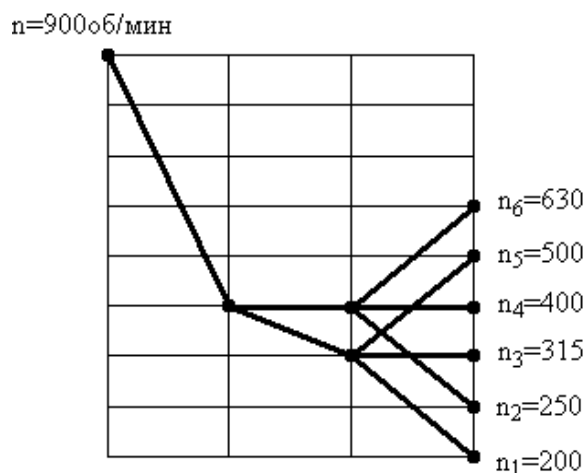
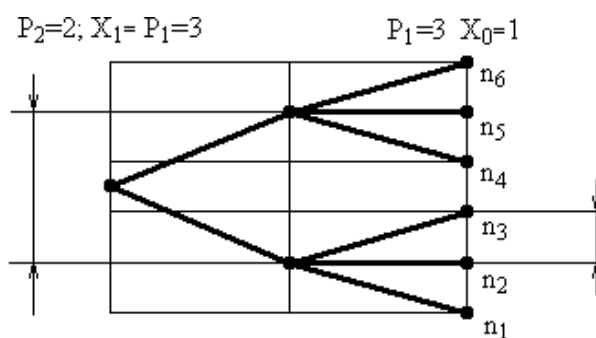
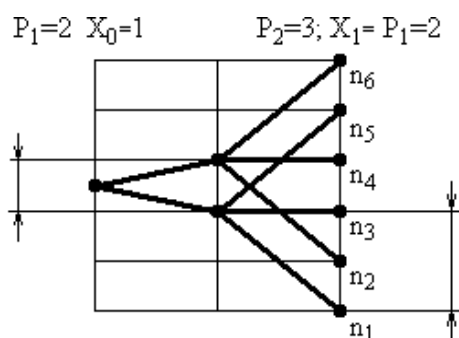


4) Строим структурные сетки.

$$z=6=2(1) \cdot 3(2)$$

$$5) z=6=2(3) \cdot 3(1)$$

5



### Практическое занятие №3

#### Тема: Изучение устройства машин для изготовления литейных форм

1. Цель занятия: изучить назначение и устройство машин для изготовления литейных форм.

#### 2 Задание

2.1 Изучить устройство машин для изготовления литейных форм.

2.2 Составить схему формовочной (стержневой) машины (по заданию преподавателя)

2.3 Оформить отчет

#### 3 Продолжительность работы

Продолжительность работы – 4 часа.

#### 4 Материальное обеспечение

4.1 Методические указания по выполнению лабораторной работы

4.2 Техническая и справочная литература:

1 Шейнгольд М.Н. , Нечаев Л.Н., Технология ремонта и монтажа промышленного оборудования. -Л.: Машиностроение, 1973.

2 Иванов В.Н., Киян Э.Ф. Наладка формовочных и стержневых машин.- М.: Высшая школа, 1976.

4.3 Схемы-плакаты формовочных машин.

4.4 Модель формовочной машины.

4.5 Стенды учебные.

5 Краткие теоретические сведения

Линейное производство является заготовительной базой машиностроительных заводов. В литейных цехах большинство технологических операций связано с большой затратой труда. Современные литейные цехи высокомеханизированы. Для улучшения условий труда широко применяется комплексная механизация и автоматизация технологических процессов и транспортных операций.

**Устройство формовочных машин.** Формовочные машины должны быть установлены в цехе так, чтобы была обеспечена возможность механизации машинной формовки путем установки ленточных транспортеров, рольгангов, устройства бункеров и использования транспортных средств цеха.

### **Формовочная машина модели 271**

Формовочная машина модели 271 предназначена для изготовления как нижних, так и верхних полуформ в опоках размером до 500Ч400Ч200 мм по односторонним модельным плитам. Чтобы получать формы целиком, работу ведут на двух рядом стоящих машинах.

Основной деталью машины является станина, в которой располагаются встряхивающий и прессовый механизмы. Последний дополняется откидывающейся в сторону траверсой 5 (рис.1).

Работа механизмов машины видна на рис. 2. При включении встряхивания сжатый воздух вводят в канал 1, предусмотренный в столе машины. Поступая под встряхивающий поршень, сжатый воздух поднимает стол с модельной плитой и опокой (рис. 2, б). На заданной высоте подъема встряхивающий поршень открывает выхлопное отверстие 2, что приводит к резкому снижению давления под поршнем и падению стола с его ударом о торец цилиндра.

Допрессовка производится при впуске сжатого воздуха в отверстие 3 (рис. 2, в), благодаря чему осуществляется подъем стола. При этом верхние слои смеси в опоке дополнительно уплотняются при соприкосновении с прессовой колодкой, закрепленной на траверсе. Подъем штифтов 5 (рис. 2, г) происходит при подаче масла или сжатого воздуха в канал 9. Оказывая давление на поршень 8, связанный с траверсой 7, несущей штифты, масло или сжатый воздух обеспечивают извлечение модели из поднимаемой при этом готовой полуформы 6.

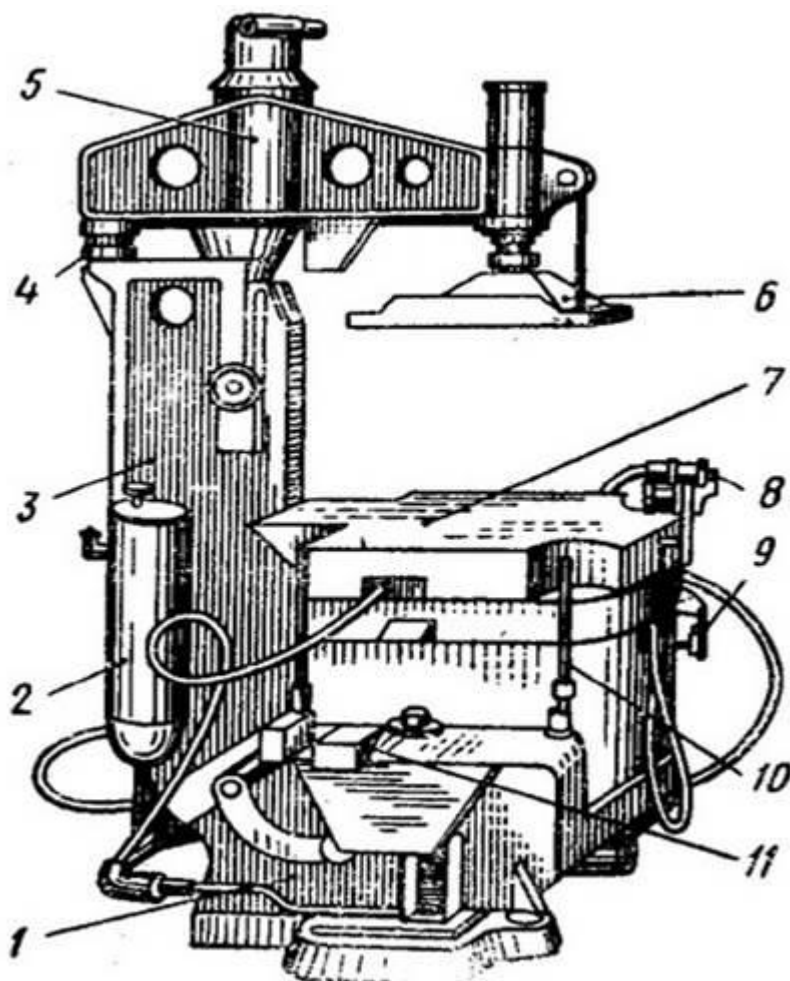
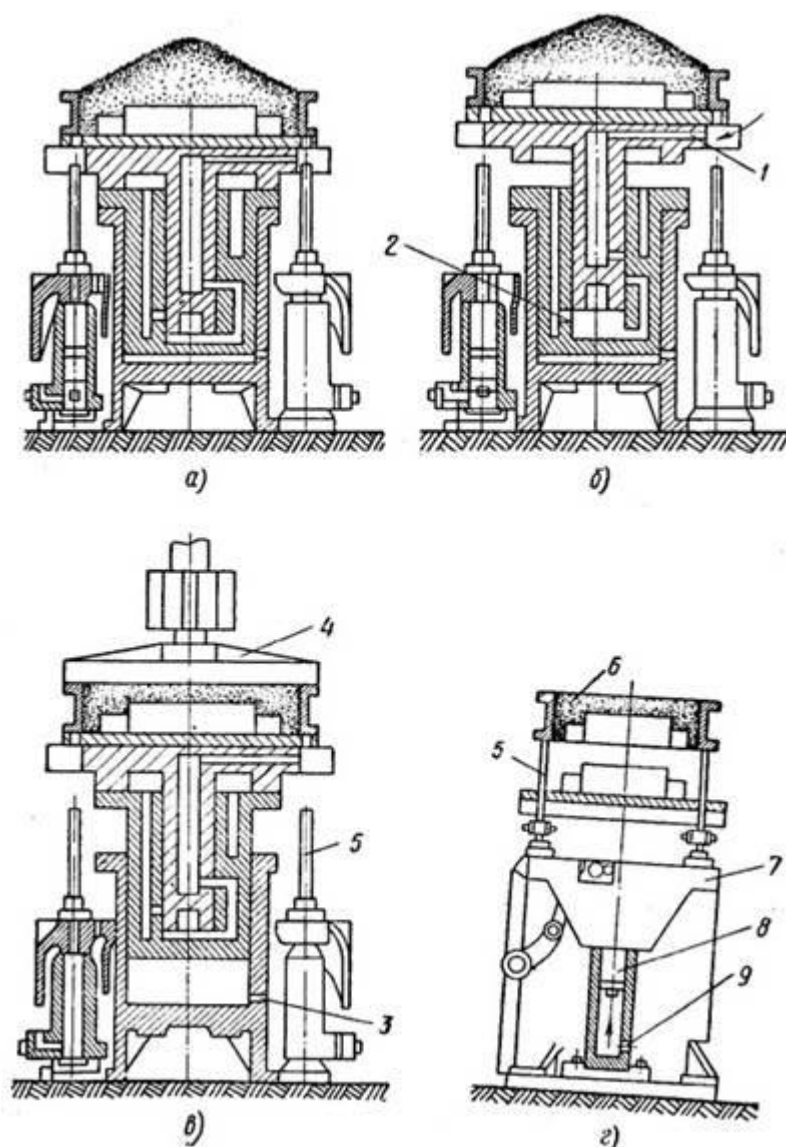


Рисунок 1 - Формовочная машина модели 271:

1-станина; 2-резервуар для масла; 3-колонна; 4-упор; 5- траверса; 6-прессовая колодка; 7-стол; 8 -воздухораспределитель; 9-коленный клапан; 10-штифты; 11-штифтоподъемный механизм.



**Рис. 2 Кинематическая схема машины 271:**

а -- насыпка смеси в опоку, б -- встряхивание, в -- допрессовка, г -- съем полуформы с модельной плиты штифтами;

1 -- канал впуска воздуха во встряхивающий механизм, 2 -- выхлопное отверстие, 3 -- отверстие для впуска воздуха в прессовый механизм, 4 -- траверса с прессовой колодкой, 5 -- штифты, 6 -- готовая полуформа, 7 -- траверса штифтов, 8 -- поршень механизма вытяжки штифтов, 9 -- канал для впуска масла в цилиндр вытяжки.

Включение встряхивания производится коленным клапаном, допрессовка -- автоматическим клапаном давления, штифтоподъемного механизма -- цилиндром, а вибраторов -- воздухораспределителем (воздухораспределительным клапаном). Чередование подъема и падения стола осуществляется поршнем встряхивающего механизма, который открывает и закрывает отверстия впуска сжатого воздуха и выхлопа. Число ударов

встряхивающего стола задается формовщиком -- путем длительности нажатия им педали коленного клапана 6.

Производительность машины 271 при полной механизации формовочного участка около 80 съемов в час.

В настоящее время формовочная машина 271 снята с производства и на ее базе выпускается формовочная машина модели 22111М.



Рисуно 3 – машина формовочная 22111М

Машина литейная формовочная встряхивающе-прессовая без поворота полуформ с последующей допрессовкой. Предназначена для изготовления песчано-глинистых полуформ с размером опок 500х400 мм в литейных цехах серийного производства.

#### **Конструкция изделия:**

Основные узлы: механизм встряхивающе-прессовый, траверса, стойка, пневмооборудование, система смазки, пульт управления.

Механизм встряхивающе-прессовый, расположенный внутри станины осуществляет следующие операции: встряхивание, встряхивание с одновременным прессованием, встряхивание с последующим прессованием, вытяжку модели.

Уплотнение формовочной смеси в опоке происходит в режиме встряхивания соударением встряхивающего стола с ударником. В режиме встряхивания с одновременным прессованием вместе со встряхиванием происходит движение вверх прессового поршня.

После прижатия опоки к прессовой плите траверсы уплотнение происходит также за счет ударов, наносимых ударником по встряхивающему столу. Этот режим уплотнения является наиболее эффективным.

После окончания процесса встряхивания с одновременным прессованием происходит опускание прессового поршня. В нижнем положении прессового поршня поступает команда на отвод в исходное положение прессовой траверсы

и подъема вытяжного механизма. Вытяжной механизм отделяет уплотненную полуформу от модели посредством подъема вытяжных штырей. Полуформа снимается, штифты опускают в исходное положение.

Режим работы — полуавтоматический, пооперационный

Машина литейная формовочная встряхивающе-прессовая без поворота полуформ с последующей допрессовкой. Предназначена для изготовления песчано-глинистых полуформ с размером опок 500х400 мм в литейных цехах серийного производства.

#### **Область применения**

Литейные цеха серийного производства.

#### **Конструкция изделия:**

Основные узлы: механизм встряхивающе-прессовый, траверса, стойка, пневмооборудование, система смазки, пульт управления.

Механизм встряхивающе-прессовый, расположенный внутри станины осуществляет следующие операции: встряхивание, встряхивание с одновременным прессованием, встряхивание с последующим прессованием, вытяжку модели.

Уплотнение формовочной смеси в опоке происходит в режиме встряхивания соударением встряхивающего стола с ударником. В режиме встряхивания с одновременным прессованием вместе со встряхиванием происходит движение вверх прессового поршня.

После прижатия опоки к прессовой плите траверсы уплотнение происходит также за счет ударов, наносимых ударником по встряхивающему столу. Этот режим уплотнения является наиболее эффективным.

После окончания процесса встряхивания с одновременным прессованием происходит опускание прессового поршня. В нижнем положении прессового поршня поступает команда на отвод в исходное положение прессовой траверсы и подъема вытяжного механизма. Вытяжной механизм отделяет уплотненную полуформу от модели посредством подъема вытяжных штырей. Полуформа снимается, штифты опускают в исходное положение.

Режим работы — полуавтоматический, пооперационный.

### **6 Выполнение работы**

6.1 Описание конструкции и назначение формовочной (стержневой) машины (по указанию преподавателя).

6.2 Составление схемы формовочной (стежневой) машины.

### **7 Содержание отчета**

7.1 Номер работы

7.2 Наименование работы

7.3 Цель работы

7.4 Материальное обеспечение



7.6 Описание конструкции и назначение формовочной (стержневой) машины.

7.7 Схема формовочной (стержневой) машины.

7.8 Вывод

## **Практическое занятие №4**

### **Тема: «Изучение устройства и определение основных параметров гидравлического пресса»**

**Цель работы:** Изучение принципа работы и особенностей гидравлического пресса, экспериментальное и расчетное определение его основных параметров.

Продолжительность работы — 4 часа.

#### **Задание.**

1. Ознакомиться с принципиальной схемой работы гидравлических прессов и конструктивными особенностями обследуемого пресса.
2. Экспериментально определить основные параметры пресса и занести их значения в протокол работы.
3. Рассчитать значения номинального усилия, усилия обратного хода и выталкивателя, а также подачу насоса и скорости перемещения подвижной поперечины.
4. Сравнить паспортные, расчетные и экспериментально определенные значения.
5. Написать отчет по работе в соответствии с пунктами 2—4 задания.

**Оборудование, инструмент, оснастка.** Гидравлический пресс рамного типа с индивидуальным насосным приводом усилием 1000—2500 кН, штангенциркуль для измерения больших диаметров (до 600 мм), линейка метровая, хронометр для измерения скорости подвижной поперечины, иллюстративный плакат.

^Устройство и работа гидравлического пресса. Гидравлический пресс — это кузнечно-штамповочная машина, принцип работы которой основан на законе Паскаля. Перемещение траверсы гидравлического пресса в отличие от ползуна кривошипного пресса не является строго фиксированным. Вместо характерной для кривошипных прессов закрытой высоты в гидравлических задается открытая высота, определяемая наибольшим расстоянием между столом и опорной поверхностью ползуна в его верхнем положении. Вместо параметра «частота хода ползуна» приводятся скорости рабочего и холостого ходов.

Для сокращения времени полного цикла работы пресса возвратные цилиндры постоянно подключают к трубопроводу высокого давления и тогда усилие пресса определяют следующим образом:

$$P_n = (\pi/4) p(D_r - D_o) \cdot 10^{-3}.$$

Усиление обратного хода

$$P_o = 2(\pi/4) p D_o^2 \cdot 10^{-3}$$

Для повышения быстродействия выталкивателя над поршневую полость цилиндра также постоянно подключают к трубопроводу высокого давления, а усилие выталкивателя рассчитывают по следующей формуле:

$$P_v = (\pi/4) p(D_v^2 - d_v^2) \cdot 10^{-3}.$$

где  $P_n$ ,  $P_o$ ,  $P_v$  — номинальное усилие, усилия обратного хода и выталкивания соответственно, кН;  $p$  — давление жидкости в трубопроводе высокого давления, МПа;  $D_r$ ,  $D_o$  — диаметры плунжеров главного и возвратного цилиндров соответственно, м;  $D_v$ ,  $d_v$  — диаметры поршня и штока выталкивателя соответственно, м.

Расход жидкости  $Q$ , м<sup>3</sup>, за цикл прессы определяют следующим образом:

$$Q = (\pi/4) s (D_r^2 + 2D_o^2)$$

где  $s$  — перемещение подвижной траверсы прессы, м.

В зависимости от вида обрабатываемого материала различают прессы для неметаллических материалов и прессы для металла. Последние по технологическому принципу подразделяют на следующие основные группы: дляковки, для листовой штамповки, для объемной штамповки, для правильных и сборочных работ, для выдавливания и для обработки металлических отходов.

В гидравлических прессах применяется рабочая жидкость в основном двух типов: минеральное масло и эмульсия.

Привод гидравлического прессы определяет его конструктивное исполнение и технологические возможности. Различают прессы с насосным безаккумуляторным и насосным аккумуляторным приводом, а также прессы с мультипликаторным приводом.

Станины гидравлических прессов могут быть одно и двухстоечными, колонными и рамного типа.

При рамной конструкции прессы нижняя часть штампа закрепляется на столе прессы, находящемся на нижней неподвижной поперечине, а верхняя — на подвижной поперечине (иногда называемой траверсой). Главный цилиндр прессы чаще всего размещают на верхней неподвижной поперечине.

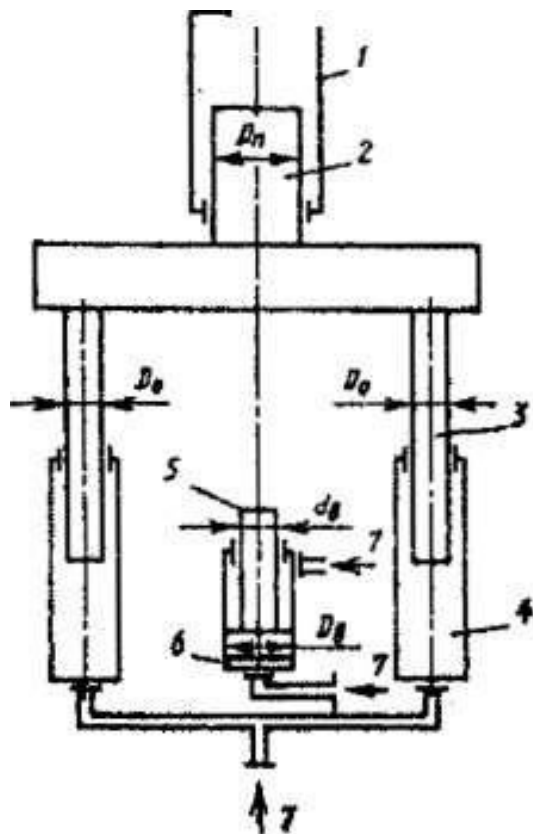
Важнейшие характеристики прессы, определяющие его производительность: скорость подвижной поперечины при ходе вниз, м/с,

$$v_p = (4/\pi) (Q_n/D_r^2)$$

И скорость подвижной поперечины при ходе вверх, м/с,

$$\rho_o = 2(4/\pi) (Q_n/D_o^2) \text{ Где}$$

$Q_n$  - производительность насоса, м<sup>3</sup>/с



**Принципиальная схема гидравлического пресса:** 1 — главный цилиндр; 2 — плунжер главного цилиндра; 3 — плунжер возвратного цилиндра; 4 — возвратный цилиндр; 5 — поршень выталкивателя; 6 — цилиндр выталкивателя; 7 — трубопровод высокого давления

### Методические рекомендации по выполнению работы и оформлению результатов

1. Ознакомиться с принципиальной схемой работы гидравлического пресса и занести ее в отчет.

2. Изучить конструкцию обследуемого пресса, установив его технологическое назначение, конструктивные особенности и тип привода.

В протокол № 1 занести данные с таблички, прикрепленной к станине пресса.

3. Занести в протокол № 2 результаты измерений, выполненных с помощью штангенциркуля и линейки.

4. В соответствии с формулами рассчитать значения  $P_n$ ,  $P_o$ ,  $P_v$  и  $Q$ .

5. С помощью хронометра провести троекратное измерение времени хода подвижной поперечины как вниз, так и вверх. Результаты измерений занести в протокол № 2. Вычислить по три значения скорости поперечины и, определив среднее арифметическое значение, занести его в протокол.

6. Рассчитать скорости рабочего и обратного хода по формулам и сравнить расчетные данные с результатами, полученными экспериментальным путем.

7.Сделать выводы о совпадении паспортных, экспериментальных и расчетных значений.

| Полное название прессы | Модель | Номинальное усилие, кН | Полный ход, мм | Рабочее давление, МПа |
|------------------------|--------|------------------------|----------------|-----------------------|
|                        |        |                        |                |                       |

| Наименование параметров      | Обозначение | Размерность | Значение |
|------------------------------|-------------|-------------|----------|
| Диаметр главного плунжера    | $D_r$       | м           |          |
| Диаметр обратных плунжеров   | $D_o$       | м           |          |
| Диаметр поршня выталкивателя | $D_v$       | м           |          |
| Диаметр штока выталкивателя  | $d_v$       | м           |          |
| Ход выталкивателя            | $h_s$       |             |          |
| Ход подвижной поперечины     | $s$         | м           |          |

| Параметр         |                                      | 1-е измерение | 2-е измерение | 3-е измерение | Скорость хода, м/с                            |
|------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---|
| <b>Ход вниз</b>  | $h_p, \text{ м}$<br>$t_p, \text{ с}$ |               |               |               | $(U_p^1 + U_p^2 + U_p^3)/3 = U_p^{\text{ср}}$ |
| <b>Ход вверх</b> | $h_o, \text{ м}$<br>$t_o, \text{ с}$ |               |               |               | $(U_o^1 + U_o^2 + U_o^3)/3 = U_o^{\text{ср}}$ |

## Лабораторная работа №2

### Тема: «Определение основных параметров работы токарного станка и его технических возможностей».

Задание 1. Ознакомиться с конструкцией и работой основных узлов токарно-винторезного станка.

2. Отразить в бланке паспорта техническую характеристику токарно-винторезного станка.

3. Измерить габариты станка, наибольшее перемещение суппорта в продольном и поперечном направлениях в соответствии с индивидуальным заданием.

4. Выполнить проверку станка на геометрическую точность по заданным параметрам.

5. Заполнить паспорт пресса в соответствии с пунктами 2, 3.

**Цель работы.** Паспортизация токарных станков, приобретение навыков и проверки токарного станка на геометрическую точность.

### Оборудование, инструмент, оснастка

1. Токарный станок модели 16K20
2. Индикатор со штативом.
3. Оправка проверочная с конусом Морзе № 4  $\varnothing 32$  мм а L=250мм.
4. Оправка проверочная с конусом Морзе № 5  $\varnothing 32$  мм L= 250 мм.
5. Оправка проверочная центровочное  $\varnothing 60$  мм L=600 мм.
6. Центр с конусом Морзе № 4.
7. Центр с конусом Морзе № 5.
8. Микрометр.
9. Масштабная линейка L=500мм.
10. Набор слесарно-монтажного инструмента.
11. Измерительная метровая линейка.
12. Бланки паспорта токарно-винторезного станка.

### Паспортизация токарного станка

В целях правильной эксплуатации токарных станков, каждый из них должен иметь технический паспорт, который изготавливается заводом-изготовителем на основе приемочных испытаний и конструкторских расчётов, а также на основе натуральных испытаний, проводимых заводом, эксплуатирующим станок.

Наличие паспорта позволяет обоснованно выбрать станок для выполнения тех или иных технологических операций, избежать перегрузок при работе.

### **Общие положения о проверке на точность**

В соответствии с ГОСТ 8-82 каждый вновь установленный или прошедший средний и капитальный ремонт металлорежущий станок положен подвергаться испытанию на точность.

Точность станка зависит от ряда показателей характеризующих точность обработки образцов деталей геометрическую точность станка.

В настоящей лабораторной работе студентам предлагается произвести несколько проверок на точность токарного станка 16К20 в соответствии с ГОСТ 18097 - 72.

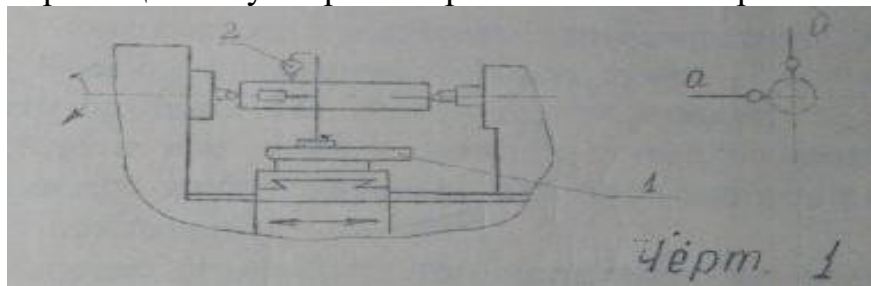
Количество и виды проверок по решению предметных комиссий могут быть изменены.

При наличии в лаборатории токарного станка другой модели необходимо уточнить размеры проверочных оправок и нормы точности, руководствуясь паспортом станка и требованиям ГОСТ 8-82 и ГОСТ 18097-72

Рекомендуется работу проводить группами по 5 - 8 человек. Остальные в это время должны быть заняты с составлением формы отчёта и ее заполнения. Каждый студент должен производить 1-2 проверки самостоятельно. Вся работа проводится под руководством преподавателя. В конце отчета студент должен сделать вывод о пригодности станка к работе или указать дефекты для устранения при ремонте.

Проверка станка на геометрическую точность

1. проверка №1 (черт.1). Проверить прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной и вертикальной плоскости



Метод проверки. В центрах передней и задней бабок установить проверочную центровочную оправку. На суппорте 1 (в резцедержателе) укрепить индикатор 2 так, чтобы его измерительный наконечник касался образующей оправки и был направлен к её оси перпендикулярно образующей по схеме:

- а) - боковой образующей,
- б) - верхней образующей.

Показания индикатора на концах оправки должны быть одинаковыми.

Суппорт перемещает в продольном направлении по всей длине оправки

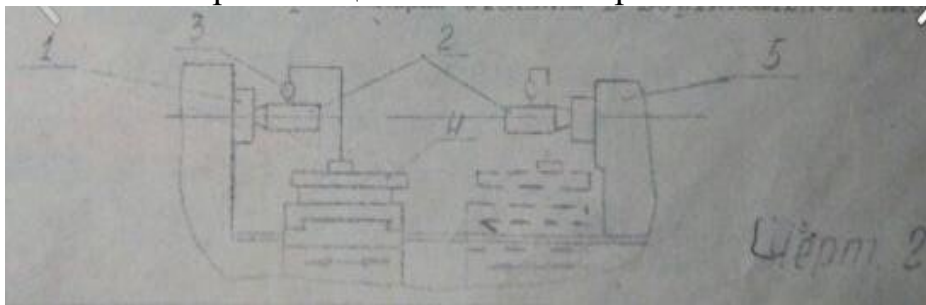
Отклонение определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора.

Норма точности при  $L = 600$  мм.

по схеме а) = 0,016 мм.;

по схеме б) = 0,025 мм.

2. Проверка №2. (Черт.2). Проверить одновысотность оси вращения шпинделя передней бабки и оси отверстия пиноли задней бабки по отношению к направляющим станины в вертикальной плоскости.



Метод проверки. Заднюю бабку 5 с полностью выдвинутой пинолью установить на расстоянии 600 мм. от торца шпинделя до торца пиноли.

Заднюю бабку и пиноль закрепляют. В отверстия шпинделя 1 и в отверстия пиноли вставляют оправки 2 с цилиндрической измерительной поверхностью одинакового диаметра.

В резцедержателе суппорта 4 укрепляют индикатор 3 так, чтобы его измерительный наконечник касался измерительной поверхности оправки пиноли на расстоянии 60 мм. от торца пиноли и был направлен к её оси перпендикулярно образующей.

Затем суппорт перемещают в сторону шпинделя и, не изменяя положение индикатора, производят проверку одновысотности второй оправки. Касание индикатора оправок должна проводиться в наивысшей точке. Что определяется поперечным перемещением салазок

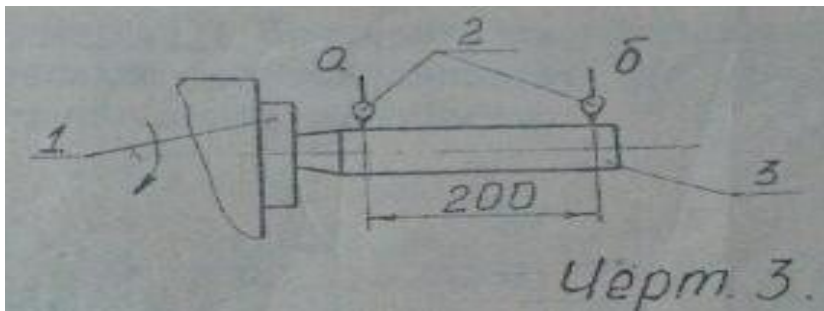
Результат измерения шпинделя устанавливают как среднюю арифметическую двух измерений, для чего шпиндель после первого измерения поворачивать на  $180^\circ$

Отклонение определяет как наибольшее алгебраическую разность показаний индикатора в пиноли и у шпинделя норма точности равно

Норма точности = 0,03 мм.

Проверка 3 (черт.3). Проверить радиальное биение конического отверстия шпинделя передней бабки у торца и на длине 200 мм.





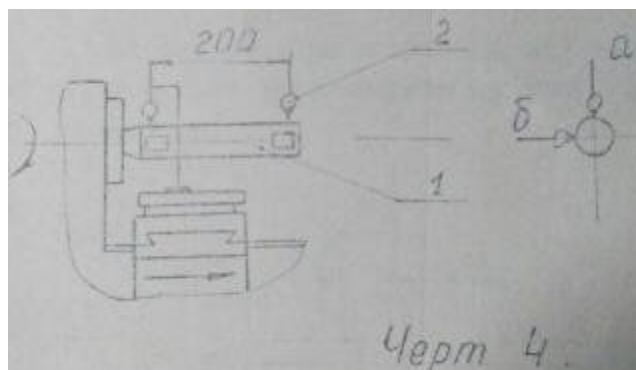
Метод проверки. В отверстие шпинделя 1 вставляют проверочную оправку 3, В резцедержателе суппорта закрепляют индикатор 2, измерительный наконечник которого касается поверхности оправки и направлен к оси перпендикулярной его образующей. Шпиндель приводит во вращение (в рабочем направлении).

Отклонения определяют как наибольший алгебраическую разность показаний индикатора в каждом его положение

Норма точности: по схеме а) - 0,01 мм

по схеме б) - 0,016 мм.

Проверка 4 (черт. 4). Проверить параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскости.

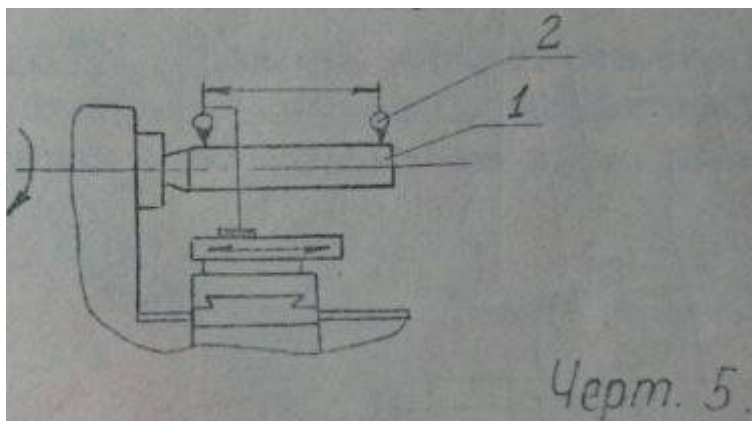


Метод проверки. Установить оправки 1 и индикатора 2 аналогично проверки 3. Суппорт перемещают в продольном направлении на длину 200 мм. Измерения производят по двум диаметрально противоположным образующим оправкам (при повороте шпинделя на 180°). Отклонение определяют как среднюю арифметическую результатов не менее чем двух измерений в каждой плоскости, каждое из которых определяют как наибольшую алгебраическую разность показателей индикатора при перемещении суппорта.

Норма точности: по схеме а) - 0.016 мм.

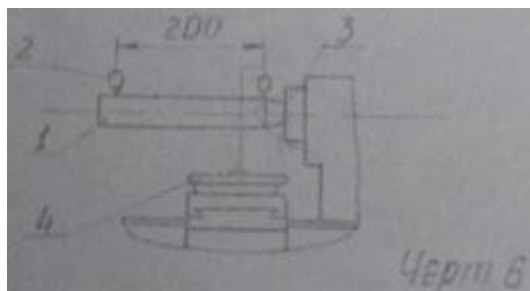
б) - 0,008 мм.

Проверка №5 (черт.5). Проверить параллельность продольного перемещения верхних салазок суппорта оси вращения шпинделя передней бабки в вертикальной плоскости



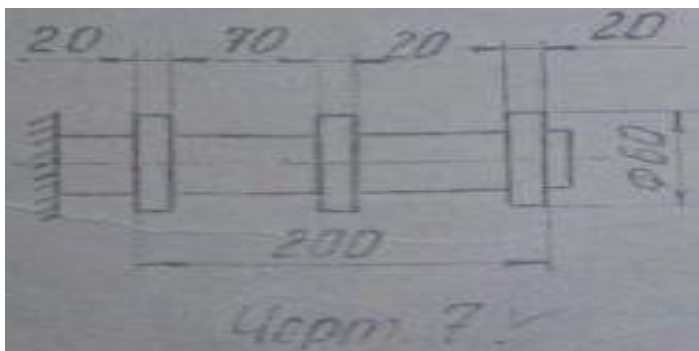
Метод проверки. Установить оправку 1 и индикатор 2 аналогично проверкам 3 и 4. Верхние салазки суппорта перемещают вдоль оси шпинделя на длину 100 мм. Измерение производят не менее чем в 3-х поперечных сечениях оправки - крайних и среднем. Измерения производят по двум диаметрально противоположным образующим оправки. Отклонение определяют как среднюю арифметическую результатов двух указанных измерений, каждое из которых определяются как наибольшая алгебраическая разность показаний индикатора в указанных в положениях салазок суппорта. Нормы точности 0,02 мм

Проверка 6 (черт. 6). Проверить параллельность оси конического отверстия пиноли задней бабки перемещению суппорта вертикальной и горизонтальной плоскости.



Метод проверки. Заднюю бабку, с полностью выдвинутой зажатой пинолью устанавливают, на расстоянии 400 мм от торца пиноли до торца шпинделя и закрепляют. В отверстие пиноли 3 вставляют проверочную оправку 1. В резцедержателе суппорта 4 закрепляют индикатор 2, его измерительный наконечник касается измерительной поверхности оправки аналогично предыдущим проверкам. Суппорт перемещают на длину 200 мм. Отклонения определяют как наибольшую алгебраическую разность показаний индикатора в диапазоне указанных положений суппорта  
Норма точности: по схеме а) - 0,02мм  
по схеме б) - 0,02мм

Проверка 7 (черт.7). Проверить точность геометрической формы цилиндрической поверхности образца в патроне на постоянство диаметра в любом сечении.



На станке в патроне закрепляют образец 1 и производят обработку его наружной цилиндрической поверхности (поясков, шириной 20 мм.) Образец предварительно обработан, проверку постоянства диаметра обработанной поверхности производят микрометром.

Отклонение определяют по разности обработанных диаметров в любых двух и более поперечных сечениях

Норма точности - 0,02 мм.

Результаты проверок заносят в таблицу.

Форма отчета прилагается.

### Методические указания по выполнению работы и оформлению отчета

1. Ознакомиться с конструкцией и работой основных узлов токарного станка.
2. Ознакомиться с формой паспорта и заполнить его.
3. Выполнить проверку станка на геометрическую точность (проверки указанные преподавателем)
4. Результаты фактических проверок занести в таблицу, сравнить с нормами по ГОСТ и сделать вывод о возможности применения станка.

| № проверки | Наименование проверки | Чертеж проверки | Точность станка |         |
|------------|-----------------------|-----------------|-----------------|---------|
|            |                       |                 | По ГОСТ         | Фактич. |
|            |                       |                 |                 |         |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

### **Лабораторная работа №3**

**Тема: «Определение основных параметров работы фрезерного станка его технических возможностей».**

Задний 1. Ознакомиться с конструкцией и работой основных узлов вертикально-фрезерного станка модели 6P12.

2. Отразить в бланке паспорта техническую характеристику вертикально-фрезерного станка.

3. Измерить габариты станка, рабочее пространство станка, наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, наибольшее перемещение стола в продольном и поперечном направлении.

4. Измерить минимальную и максимальную частоту вращения шпинделя.

5. Выполнить проверку станка на геометрическую точность по заданным параметрам.

6. Заполнить паспорт станка в соответствии с пунктами 2 и 4

**Цель работы:** паспортизация фрезерных станков, приобретение навыков проверки фрезерного станка на геометрическую точность.

#### **Оборудование, инструменты, оснастка**

1. Вертикально-фрезерный станок модели 6P12.

2. Индикатор со штативом

3. Оправка проверочная с корпусом 7:24  $\varnothing 40$  мм,  $l = 250$  мм,

5. Набор слесарно-монтажного инструмента

6. Измерительная метровая линейка

7. Бланки паспорта вертикально фрезерного станка.

#### **Паспортизация фрезерного станка**

В целях правильной эксплуатации фрезерных станков, каждый из них должен иметь технический паспорт, который составляется заводом - изготовителем на основе приемочных испытаний и конструкторских расчетов, а также на основе натурных испытаний, проводимых заводом, эксплуатирующим станок.

Наличие паспорта позволяет обоснованно выбрать станок для выполнения тех или иных технологических операций, избежать перегрузок при работе.

### **Общее положение о проверке на точность**

В соответствии с ГОСТ 8 - 82, каждый вновь установленный или прошедший средний или капитальный ремонт станок должен подвергаться испытанию на точность.

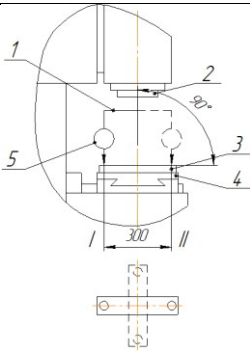
Точность станка зависит от ряда показателей, характеризующих точность обработки образцов детали на геометрическую точность станка.

В настоящей лабораторной работе студентам предлагается провести несколько проверок на точность вертикально-фрезерного станка модели 6Р12 в соответствии с ГОСТ 17734—88.

Количество и виды проверок по решению ПЦК могут быть изменены.

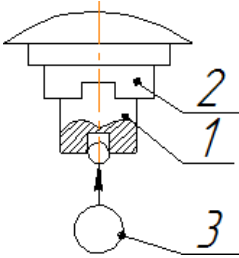
Рекомендуется производить работу группами по 4-6 человек, остальное время должно быть занято составлением формы отчета и ее заполнения. Каждый студент должен произвести 1-2 проверки самостоятельно. Вся работа производится под руководством преподавателя. В конце отчета студенты должны сделать вывод о пригодности станка к работе или указать дефекты для устранения при ремонте.

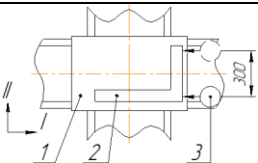
| № проверки | Что проверяется   | Схема проверки  | Метод проверки   | Допуски мкм | Фактическое отклонение мкм |
|------------|---|---|--|-------------|----------------------------|
| 1          | Радиальное биение конического отверстия фрезерного шпинделя |  | В отверстие шпинделя 1 плотно устанавливается контрольная оправка 2. Индикатор 3 укрепляется на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался | 10          |                            |

|   |   |   |   |    |  |
|---|---|---|---|----|--|
|   |   |   | <p>цилиндрической поверхности оправки и был направлен к оси, перпендикулярно образующей линии. Рабочий орган приводят во вращение и перемещают измерительный прибор вдоль оси шпинделя на расстояние 300 мм. Биение определяется как алгебраическую разность показаний индикатора в каждом его положении.</p> |    |  |
| 2 | <p>Перпендикулярность оси вращения вертикального фрезерного шпинделя рабочей поверхности стола в плоскостях параллельной и перпендикулярной к продольному</p> |  | <p>Коленчатую оправку 1 устанавливают на рабочем органе 2 вдоль оси, относительно которой проводится измерение. Поверочную линейку 3 устанавливают на проверяемой плоскости 4 в заданной</p>  | 25 |  |

|  |                      |  |   |  |  |
|--|----------------------|--|---|--|--|
|  | перемещению<br>стола |  | <p>плоскости измерения непосредственно или при помощи двух концевых плоскопараллельных мер длины одинакового размера.</p> <p>Измерительный прибор 5 закрепляют на коленчатой оправке на заданном расстоянии от ее оси так, чтобы его измерительный наконечник касался рабочей поверхности поверочной линейки.</p> <p>Измерения проводят в сечениях I и II, расположенных на заданном расстоянии 300 мм. Определяют показание измерительного прибора в сечении I, а после поворота рабочего органа вместе с коленчатой</p> |  |  |
|--|----------------------|--|---|--|--|



|   |                                   |  |  |    |  |
|---|-----------------------------------|--|--|----|--|
|   |                                   |  | <p>оправкой и измерительным прибором на <math>180^\circ</math> - в сечении II. Отклонение от перпендикулярности оси относительно плоскости равно алгебраической разности показаний измерительного прибора в сечениях I и II.</p>   |    |  |
| 3 | Осевое биение фрезерного шпинделя |  | <p>В отверстие фрезерного шпинделя 2 устанавливают: контрольную оправку с шариком 1. Измерительный прибор 3 устанавливают на неподвижной части станка соосно с фрезерным шпинделем так, чтобы его измерительный наконечник касался шарика оправки. После чего шпиндель</p> | 10 |  |

|   |   |   |  |    |  |
|---|---|---|--|----|--|
|   |   |   | <p>проворачивают.</p> <p>Биение определяется как разница между максимальным и минимальным показанием измерительного прибора.</p>   |    |  |
| 4 | <p>Перпендикулярность поперечного перемещения стола к направлению его продольного перемещения</p> |  | <p>Поверочный угольник 2 закрепляется на рабочем столе 1 так чтобы одна из его сторон была расположена параллельно продольному перемещению стола I. Затем измерительный прибор 3 устанавливают на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался другой измерительной поверхности поверочного угольника и был перпендикулярен ей. Рабочий стол перемещают в поперечном</p> | 20 |  |

|  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  | направлении II на<br>длину 300.<br>Отклонение от<br>перпендикулярно<br>сти направлений<br>перемещений<br>рабочего органа<br>равно<br>алгебраической<br>разности<br>показаний<br>измерительного<br>прибора, в начале<br>и конце<br>перемещения<br>рабочего органа. |  |  |
|--|--|--|---|--|--|

### Методические указания по выполнению работы оформлению отчета

1. Ознакомиться с конструкцией и работой основных узлов вертикально-фрезерного станка.
2. Измерить заданные параметры фрезерного станка.
3. Ознакомиться с формой паспорта и заполните его.
4. Выполнить проверку станка геометрическую точность (проверки указаны преподавателем)
5. Результаты проверки записать в таблицу сравнить среднеарифметическое значение с нормами по ГОСТ и сделать вывод о возможности применения станка.

Таблица 1

| №<br>проверк<br>и | Что проверяется | Схема проверки | Метод проверки | Допуски<br>мкм | Факти-<br>ческое<br>откло-<br>нения<br>мкм |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|                   |                 |                |                |                |  |

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

## Практическое занятие №5

**Тема: «Определение последовательности обработки детали на токарном станке с ЧПУ. Назначение режима резания».**

Цель занятия: Подготовка исходных данных для разработки УП обработки детали на токарном станке с ЧПУ.

### 1. Материальное обеспечение

1.1 Инструкция к практическому занятию.

1.2 Чертеж (эскиз) детали.

1.3 Справочная и техническая литература

### 2. Порядок выполнения работы

2.1 Сообщение темы, плана, постановка цели урока.

2.2 Определение последовательности обработки детали. Выбора режущего инструмента.

2.3 Назначение режима резания.

2.4 Построение циклограмм движения инструмента.

### 3. Пример выполнения практического занятия

3.1 Определяем последовательность обработки детали.

Переход 1. Установить деталь, закрепить, снять.

Переход 2. Точить поверхность  $\varnothing 50$ , подрезать торец в размер, точить поверхность  $\varnothing 70$  на проход, точить фаску  $2 \times 45^\circ$ , точить конус.

Режущий инструмент: резец проходной, подрезной MWLNR 2525M08,  $\varphi = 95^\circ$ , T15K6, ТУ 2-035-829-82.

Переход 3. Точить канавку.

Режущий инструмент: резец канавочный 035-2126-1183, T15K6, ОСТ 2И10-7-84

3.2 Назначение режима резания.

Переход 2.

$t = 3 \text{ мм}; S_o = 0,6 \text{ мм/об}; V = 85,4 \text{ м/мин}$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 85,4}{3,14 \cdot 50} = 540 \text{ мин}^{-1}$$

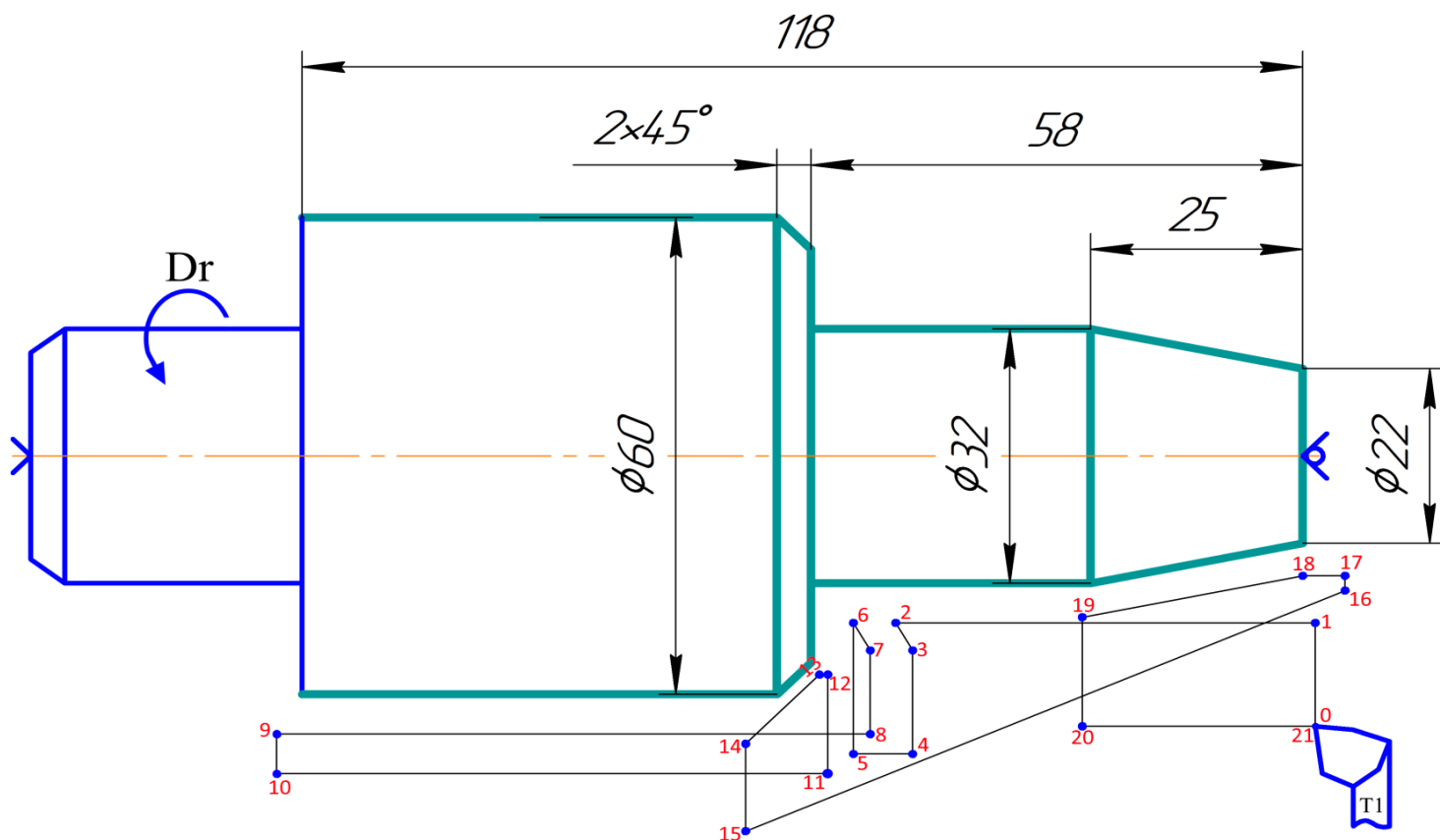
Переход 3.

$t=3\text{мм}$ ;  $S_o=0,15\text{мм/об}$ ;  $V=100\text{м/мин}$

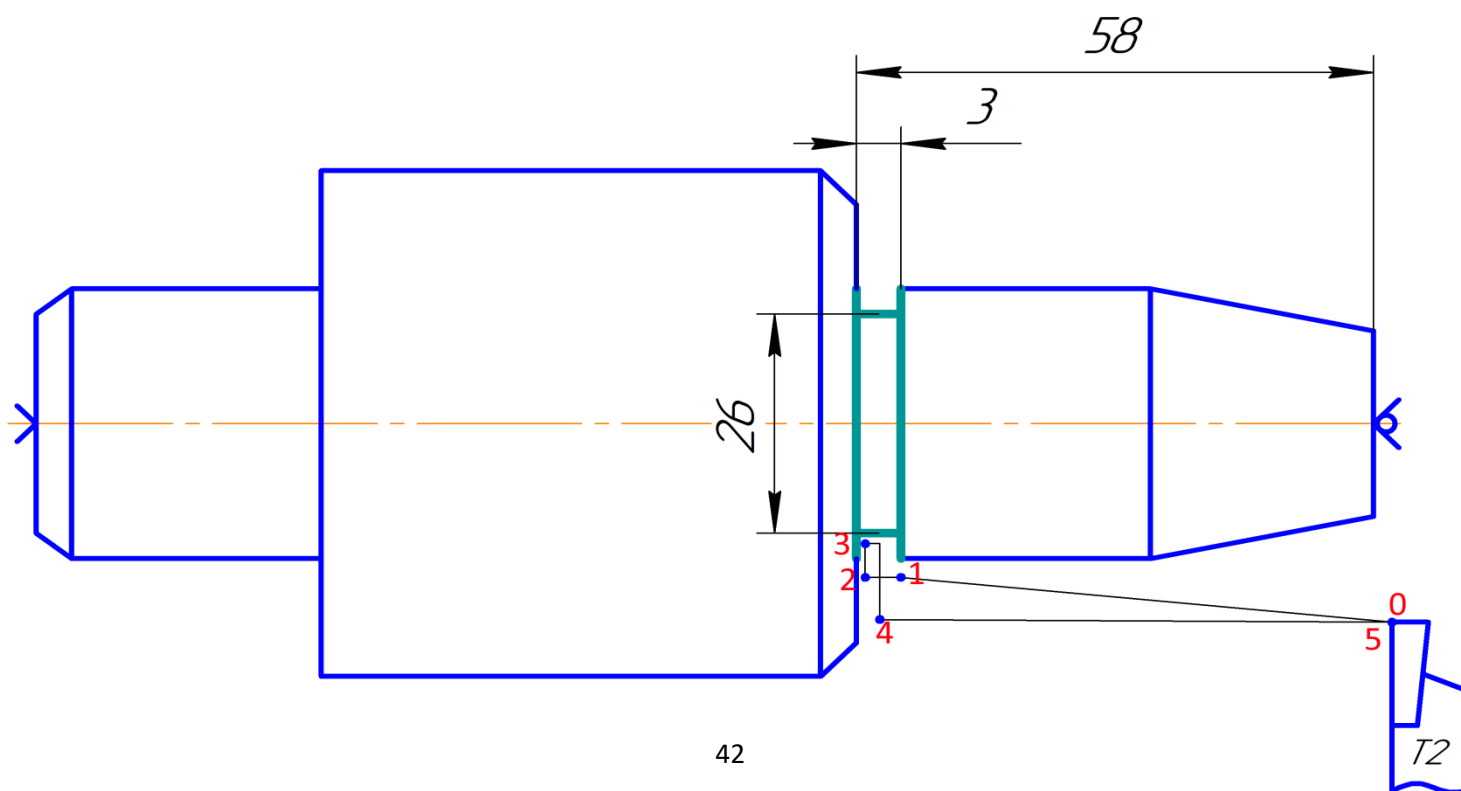
$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 50} = 630\text{мин}^{-1}$$

4. Построение циклограмм движения инструмента.

Переход 2.



Переход 3.



## Лабораторная работа №4

**Тема: «Разработка УП обработки детали для токарного станка с ЧПУ. Ввод УП и редактирование».**

Цель: приобретение практических навыков разработки УП для обработки детали на токарном станке с ЧПУ.

### 1 Материальное обеспечение

1.1 Инструкция к практическому занятию.

1.2 Чертежи (эскизы) деталей.

1.3 Чертежи (эскизы) заготовок.

1.4 Расчетно-технологическая карта.

1.5 Руководство программиста ТС для устройства числового программного управления типа NC-201M.

### 2 Порядок выполнения работы

2.1 Сообщение темы, плана, постановка цели урока.

2.2 Индивидуальная и групповая консультация студентов во время работы.

2.3 Выполнить технологический эскиз детали.

2.4 Выбрать систему координат.

2.5 Разработать управляющую программу для обработки детали на токарном станке с ЧПУ.

2.6 Оформить отчет.

### 3 Характеристики программирования

#### 3.1 Системы измерения

Миллиметры или дюймы, выбираемые посредством функции G71/G70.

#### 3.2 Программирование абсолютное или по приращениям

Подготовительная функция G90 – абсолютное программирование, G91 – программирование по приращениям.

#### 3.3 Программирование относительно нуля станка

Перемещение, запрограммированные в кадре, могут быть отнесены к нулю станка заданием функции G79.

#### 3.4 Программирование с десятичной точкой

Размеры программируются так, как читаются (без нулей в начале или конце) с указанием точки разделения целой части от десятичной (пример: Ч-20.275).

#### 3.5 Код ленты

EIA RS244, ISO 840 с автоматическим распознаванием.

#### 3.6 Координаты осей

Координаты программируются в миллиметрах или в дюймах от  $+(-)0,001$  до  $+(-)99999,9999$ .

#### 3.7 Координаты I, Y

Определяют координаты центра окружности в круговой интерполяции I по оси абсцисс и Y по оси ординат.

### 3.8 Функция F

Программируется 0,01 до 99999

G94 – определяет скорость подачи осей в мм/мин

G95 – определяет скорость подачи осей в мм/об

### 3.9 Функция S

Может выражать:

- число оборотов/мин шпинделя (G97)

- скорость резания в м/мин(G96)

### 3.10 Функция T

Определяет требуемы для обработки инструмент и номер коррекции для данного инструмента. Программируемая величина: 1,0 до 9999,999. Цифры перед десятичной точкой определяют инструмент, после – номер корректора.

### 3.11 Подготовительные функции

G00 – быстрое позиционирование;

G01 – линейная интерполяция;

G02 – интерполяция круговая по часовой стрелки;

G03 – интерполяция круговая против часовой стрелки;

G04 – выдержка времени заданная в кадре;

G09 – замедление в конце кадра;

G17 – выбирает плоскость интерполяции (X,Y);

G18 – выбирает плоскость интерполяции (Z,X);

G19 – выбирает плоскость интерполяции (Y,Z);

G27 – непрерывная обработка с автоматическим уменьшением скорости на углах;

G28 – непрерывная обработка без автоматического уменьшения скорости на углах;

G29 – позиционирование от точки к точки;

G33 – нарезание резьбы с постоянным или изменяющимся шагом;

G34 – нарезание резьбы с постоянным или изменяющимся шагом;

G35 – синхронизированное начало движение со шпинделем;

G40 – отмена корректировки на профиле;

G41 –приводит в действие корректировку на профиле (инструмент слева);

G42 –приводит в действие корректировку на профиле (инструмент справа);

G70 – программирование в дюймах;

G71 – программирование в миллиметрах;

G79 – программирование относительно нуля станка (действительно только в данном кадре);

G80 – отмена постоянных циклов;

G81 – цикл сверления;

G82 – цикл растачивания;

G83 – цикл глубокого сверления;

G84 – цикл нарезания резьбы метчиком;

G85 – цикл рассверливания;

G86 – цикл развертывания;

G89 – цикл развертывания с установкой;



G90 – абсолютное программирование;  
 G91 – программирование по приращениям;  
 G94 – скорость подачи осей, мм/мин;  
 G95 – скорость подачи осей мм/об;  
 G96 – скорость вращения шпинделя, м/мин;  
 G97 – скорость вращения шпинделя об/мин;

### 3.12 Вспомогательные функции M

M00 – остановка программы;  
 M01 – условная остановка программы;  
 M02 – конец программы;  
 M03 – вращение шпинделя по часовой стрелке;  
 M04 – вращение шпинделя против часовой стрелки;  
 M05 – остановка вращения шпинделя;  
 M06 – смена инструмента;  
 M07 – включение вспомогательного охлаждения;  
 M08 – включение основного охлаждения;  
 M09 – выключение охлаждения;  
 M10 – блокировка осей;  
 M11 – разблокировка осей;  
 M12 – блокировка вращающихся осей;  
 M13 – вращение шпинделя по часовой стрелке и охлаждение;  
 M14 – вращение шпинделя против часовой стрелки и охлаждение;  
 M19 – остановка вращения шпинделя с угловой ориентацией;  
 M30 – конец программы и возврат к первому кадру.

### 3.13 Постоянные циклы

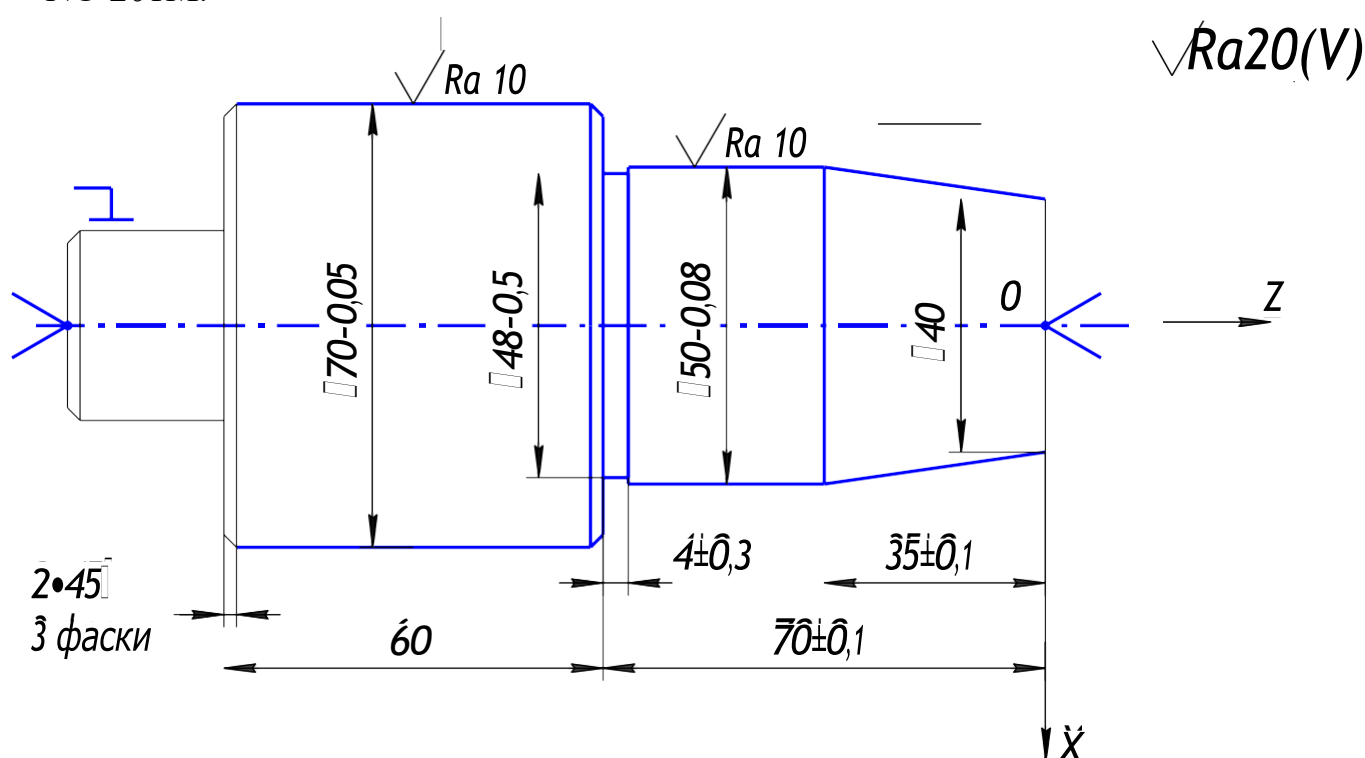
С использованием подготовительных функций G81-G89 определение подготовительного цикла можно программировать ряд операций (сверление, нарезание резьбы метчиком, растачивание и т.д.) без повторения для каждой из них параметров отверстия, запрограммированную обработку которого надо осуществить. Характеристики постоянных постоянных циклов приведены в таблице 1

Таблица 1 – Характеристики постоянных циклов

| Постоянный цикл | Подход  | Функции на дне отверстия |                   | Возврат |
|-----------------|---------|--------------------------|-------------------|---------|
|                 |         | Выдержка времени         | Вращение шпинделя |         |
| G81             | рабочая | нет                      | рабочая           | быстрый |

|                                      |  |     |                       |                |
|--------------------------------------|--|-----|-----------------------|----------------|
| сверление                            | подача                                   |     | скорость              | ход            |
| G82                                  | рабочая                                  | да  | рабочая               | быстрый        |
| расточивание                         | подача                                   |     | скорость              | ход            |
| G83 глубокое сверление               | в прерывистой работе                     | нет | рабочая скорость      | быстрый ход    |
| G84<br>нарезание резьбы метчиком     | рабочая подача, начало вращения шпинделя | нет | изменение направления | рабочая подача |
| G85<br>рассверливание                | рабочая подача                           | нет | рабочая скорость      | рабочая подача |
| G86<br>развертывание                 | рабочая подача, начало вращения шпинделя | нет | останов               | быстрый ход    |
| G89<br>развертывание с растачиванием | рабочая подача                           | да  | рабочая скорость      | рабочая подача |

4 Пример разработки УП для обработки детали «Вал» на токарном станке с УЧПУ типа NC-201M.



№1 T1.1 M06 (проходной резец)  
№2 M04 S540  
№3 G0 G90 G95 X40 Z2  
№4 G1 Z0 F0.6  
№5 X50 Z-35  
№6 Z-70  
№7 X70  
№8 Z-132  
№9 G0 X75  
№10 Z-68  
№11 X64  
№12 G1 Z-70 F0.6  
№13 Z70.2 Z-72.1  
№14 G0 X70 Z20  
№15 T2.2 M06 (канавочный резец)  
№16 S630  
№17 G0 Z-68 X54  
№18 G1 Z-70 G4  
№19 F0.15  
№20 X48  
№21 X55  
№22 Z20 X80  
№23 M5  
№24 M30