



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
В Г. ВОЛГОДОНСКЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**(Институт технологий (филиал) ДГТУ в г. Волгодонске)**



Методические указания по проведению практических занятий

по дисциплине

«Оборудование машиностроительных предприятий»

для обучающихся по направлению подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств

профиль Технология машиностроения

2021 года набора

Волгодонск

2021

## **Лист согласования**

Методические указания по дисциплине «Оборудование машиностроительных производств» составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «ТСиИТ» протокол № 13  
от «01» июля 2021 г

## Содержание

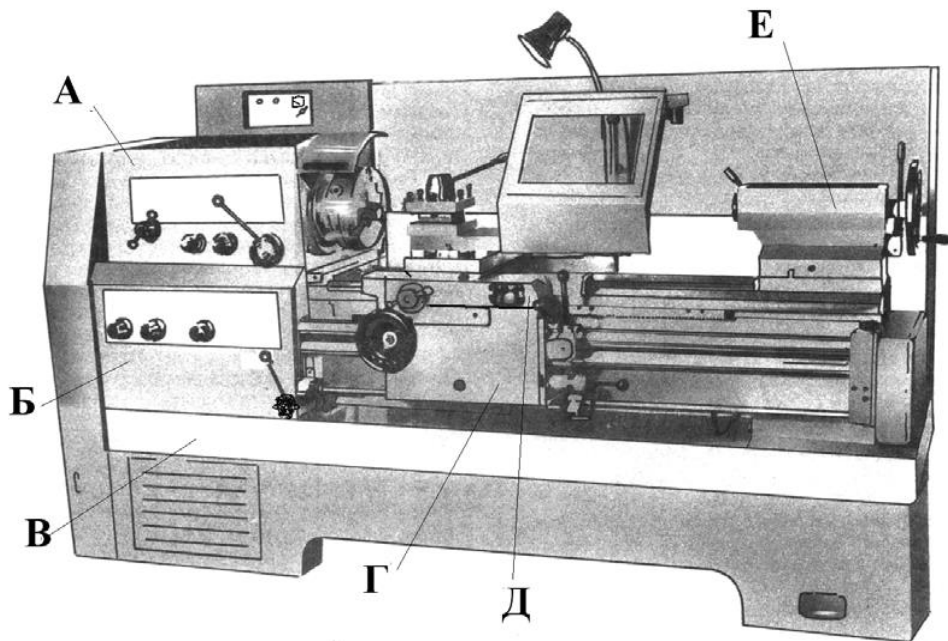
<i>Практическая работа № 1</i>	
Изучение конструкции и наладка токарно-винторезного станка.....	4
<i>Практическая работа № 2</i>	
Изучение конструкции, кинематики и принципа действия вертикально - сверлильного станка.....	25
<i>Практическая работа № 3</i>	
Изучение конструкции, кинематики, и наладки плоскошлифовального станка .....	29
<i>Практическая работа № 4</i>	
Изучение конструкции, кинематики и принципа действия зубодолбежного станка .....	39
<i>Практическая работа № 5</i>	
Изучение конструкции, кинематики и принципа действия зубофрезерного полуавтомата.....	48
<i>Практическая работа № 6</i>	
Изучение конструкции, кинематики и принципа действия зубострогательного полуавтомата.....	56

## Практическая работа № 1

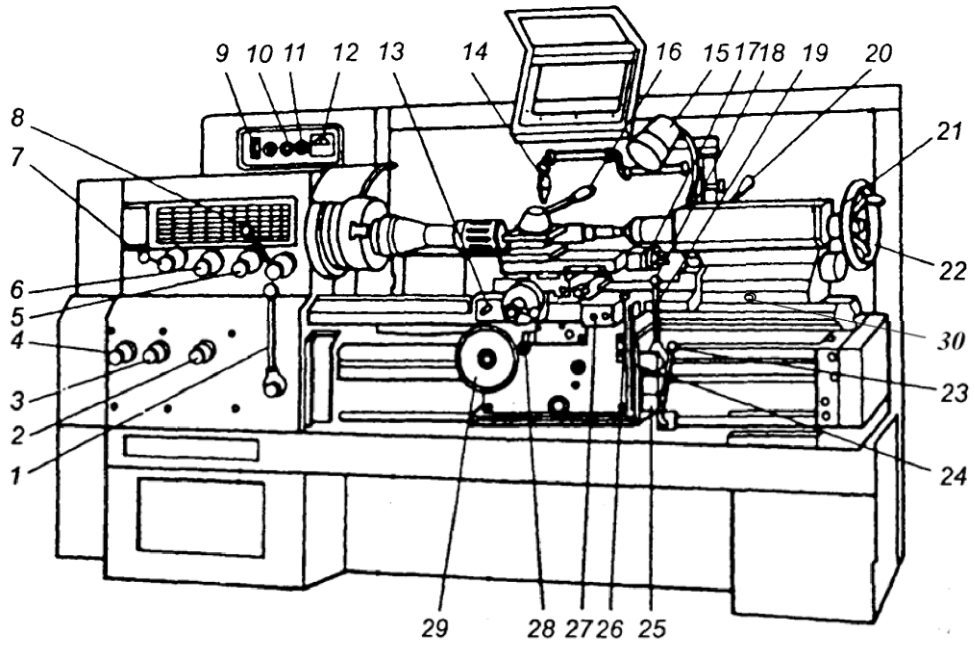
### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

При выполнении схемы обработки, исходя из назначения станка, используем данные о назначении станка. Токарно-винторезный станок предназначен для выполнения различных токарных работ: наружного продольного и поперечного точения; нарезания левой и правой метрической, дюймовой, однозаходных и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом; обработки фасонных поверхностей и конусов; отрезания заготовок; обработки отверстий и т. д. На станке можно обрабатывать заготовки как из незакаленной, так и из закаленной стали.

Для выполнения различных токарных работ токарно-винторезные станки состоят из типовых узлов. На рис. 1 приведен общий вид типовой компоновки станка.



a)



б)

Рис. 1 - Токарно-винторезный станок:

а – общий вид; б – компоновка: А – передняя бабка; Б – коробка подач; В – станина; Г – фартук; Д – суппорт; Е – задняя бабка

Органы управления (рис. 1, б):

- 1 – рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода;
- 2 – рукоятка установления подачи, шага резьбы и механизма отключения подачи;
- 3 – рукоятка установления подачи и типа нарезаемой резьбы;
- 4 – рукоятка установления подачи и шага резьбы;
- 5 – переключатель на левую, правую и другие резьбы;
- 6 – рукоятка установки нормального и увеличенного шага резьбы и нейтральное положение при делении на ходы резьбы;
- 7, 8 – рукоятки установки частоты вращения шпинделя;
- 9 – вводный автоматический выключатель;
- 10 – лампа сигнальная;
- 11 – включение насоса СОЖ;
- 12 – указатель нагрузки станка;
- 13 – рукоятка перемещения поперечного суппорта;
- 14 – регулируемое сопло СОЖ;
- 15 – освещение местное;
- 16 – рукоятка поворота и зажима резцедержателя;
- 17 – рукоятка перемещения верхних салазок суппорта; 18 – кнопка включения двигателя ускоренного хода; 19 – рукоятка управления перемещениями суппортов; 20 – рукоятка зажима пиноли задней бабки;
- 21 – рукоятка закрепления задней бабки на станине;
- 22 – маховик перемещения пиноли задней бабки;
- 23, 24 – рукоятки включения и отключения муфты главного привода;
- 25 – рукоятка включения подачи;
- 26 – винт закрепления суппорта на станине;
- 27 – кнопочная станция двигателя главного привода;
- 28 – рукоятка включения и выключения реечной шестерни;
- 29 – маховик ручного перемещения продольного суппорта.

При подборе инструмента для требуемой наладки станка и назначении режимов обработки по справочнику необходимо изобразить схемы обработки с указанием длины рабочего хода, величины врезания и перебега инструмента.

Затем подобрать инструмент и назначить режимы резания.

При определении кинематических связей в станке и изображении структурной схемы необходимо определить движения в станке и записать их кинематические связи, используя кинематическую схему (рис. 3). Изобразить структурную схему

станка, воспользовавшись обозначениями, показанными на рис. 2, и записать краткую формулу кинематического баланса. Например, для простой кинематической группы внешняя кинематическая связь есть цепь 1–2 между источником движения  $M$  и исполнительным органом группы I (рис. 2, з).

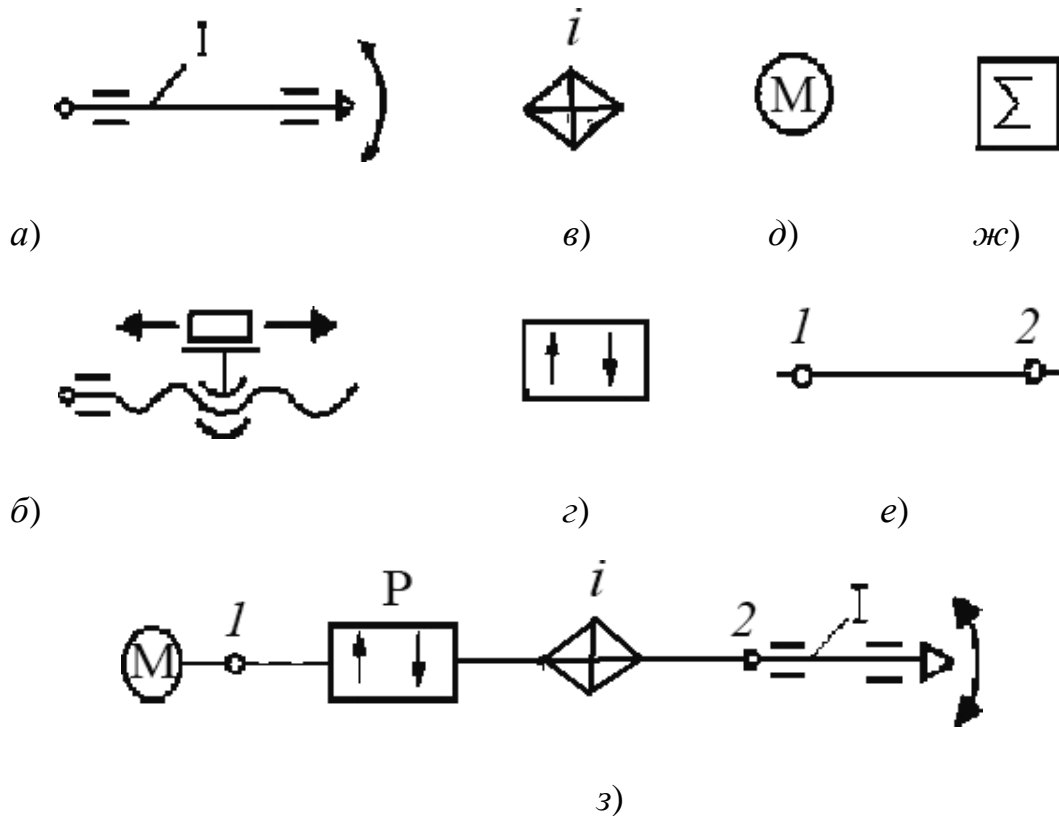


Рис. 2 Кинематические обозначения исполнительных элементов:

$a$  – исполнительный орган (вращение);  $b$  – поступательный орган (ползун);  $в$  – орган регулирования параметров движения ( $i$ );

$г$  – орган настройки направления движения ( $P$ );  $д$  – электродвигатель;  $e$  – внешняя кинематическая связь (цепь);  $ж$  – суммирующий механизм;  $з$  – пример простой структурной кинематической схемы

Токарно-винторезные станки имеют практически однотипную компоновку, примером может служить станок модели ГС526.

### Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки:

над станиной 400 мм

над суппортом 200 мм

Расстояние между центрами 710, 1000, 1400, 2000 мм

Наибольший диаметр обрабатываемого прутка,

проходящего через отверстие шпинделя 50 мм

Пределы частот вращения шпинделя 12,5–1600 об./мин

Число продольных и поперечных подач 24

Предельная подача: продольная 0,05–2,8 мм/об., поперечная 0,025–1,4 мм/об.

Шаг нарезаемой резьбы: метрической 0,5–112 мм, дюймовой, ниток на 1" .56–0,5

Мощность электродвигателя 10 кВт

Частота вращения вала электродвигателя 1460 об./мин

#### ***Движения в станке:***

- *главное движение* – вращение шпинделя с заготовкой;
- *движения подач* – перемещение продольного суппорта в продольном и поперечного суппорта (салазок) в поперечном направлении; перемещение пиноли задней бабки;
- *вспомогательные движения* – быстрые перемещения продольного суппорта в продольном и поперечного суппорта в поперечном направлениях от отдельного привода; перемещения верхней каретки;
- *установочные перемещения* – перемещение задней бабки по направляющим станины; смещение корпуса задней бабки в поперечном направлении относительно опорной плиты; поворот верхней каретки относительно поперечного суппорта.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 3.

***Привод главного движения.*** Конечные звенья привода: вал главного электродвигателя – шпиндель с заготовкой ( $n_{\text{д}} \rightarrow n_{\text{шп}}$ ).

В

Как видно на кинематической схеме, главное движение осуществляется от двигателя через ременную передачу на вал I, от него через зубчатые колеса с числом зубьев 56–34 или 51–39 на вал II. Затем с вала II через зубчатые колеса 29–47 или 21–55, или 38–38 на вал III. Вращение с вала III на шпиндель VI может передаваться по двум кинематическим цепям:

- по короткой цепи через колеса 60–48 или 30–60;
- по длинной цепи через колеса 45–45 или 15–60 на вал IV, а с него через колеса 18–72 и 30–60 на шпиндель. Для того чтобы составить уравнение кинематического баланса, необходимо передаточные отношения передач, расположенных последовательно, перемножать, а расположенных параллельно – складывать.



Уравнение кинематического баланса кинематической цепи главного движения будет иметь вид:

$$n_{\text{шп}} = 1460 \frac{148}{268} \cdot \frac{56}{34} \left( \frac{51}{39} \right) \cdot \frac{29}{47} \left( \frac{21}{55}; \frac{38}{38} \right) \cdot \left( \left( \left( \frac{60}{48} \right) \frac{30}{60} \right) \text{или} \left( \frac{45}{45} \left( \frac{15}{60} \right) \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} \right) \right)$$

Число частот вращения шпинделя можно выразить, обозначив каждую группу передач в зависимости от количества отдельных передач, числами равными их количеству.

Тогда для привода главного движения:

$$z = 1 \cdot 2 \cdot 3(2 + 2 \cdot 1 \cdot 1) = 24.$$

Две частоты вращения в приводе главного движения совпадают, т. е. могут быть получены по двум кинематическим цепям.

Тогда шпиндель будет вращаться с различными частотами вращения:  $z_p = z - 2 = 24 - 2 = 22$ .

Максимальную частоту можно определить по выражению (1.1):

$$n_{\text{шпmax}} = 1460 \frac{140}{268} \cdot \frac{56}{34} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{60}{48}$$

Тогда минимальная величина равна:

$$n_{\text{шпmin}} = 1460 \frac{140}{268}$$

Для придания обратного вращения шпинделю с помощью рукояток 1 или 23 (рис. 1, б) включают в работу правую половину фрикционной муфты М1 на первом валу коробки скоростей (рис. 3). При этом уравнение кинематического баланса будет иметь вид:

$$n_{\text{шп}} = 1460 \frac{148}{268} \cdot \frac{50}{24} \cdot \frac{36}{38} \cdot \frac{29}{47} \left( \frac{21}{55}; \frac{38}{38} \right) \cdot \left( \left( \left( \frac{60}{48} \right) \frac{30}{60} \right) \text{или} \left( \frac{45}{45} \left( \frac{15}{60} \right) \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} \right) \right)$$

Частота обратного вращения шпинделя больше частоты прямого вращения в 1,3 или 1,6 раза.

### ***Привод подач***

*Продольная подача.* Конечные звенья цепи подач: шпиндель с заготовкой – продольный суппорт с реечным колесом.

Расчетные перемещения конечных звеньев имеют вид: 1 оборот шпинделя → перемещение реечного колеса (продольная подача  $S_{\text{пр}}$ ).

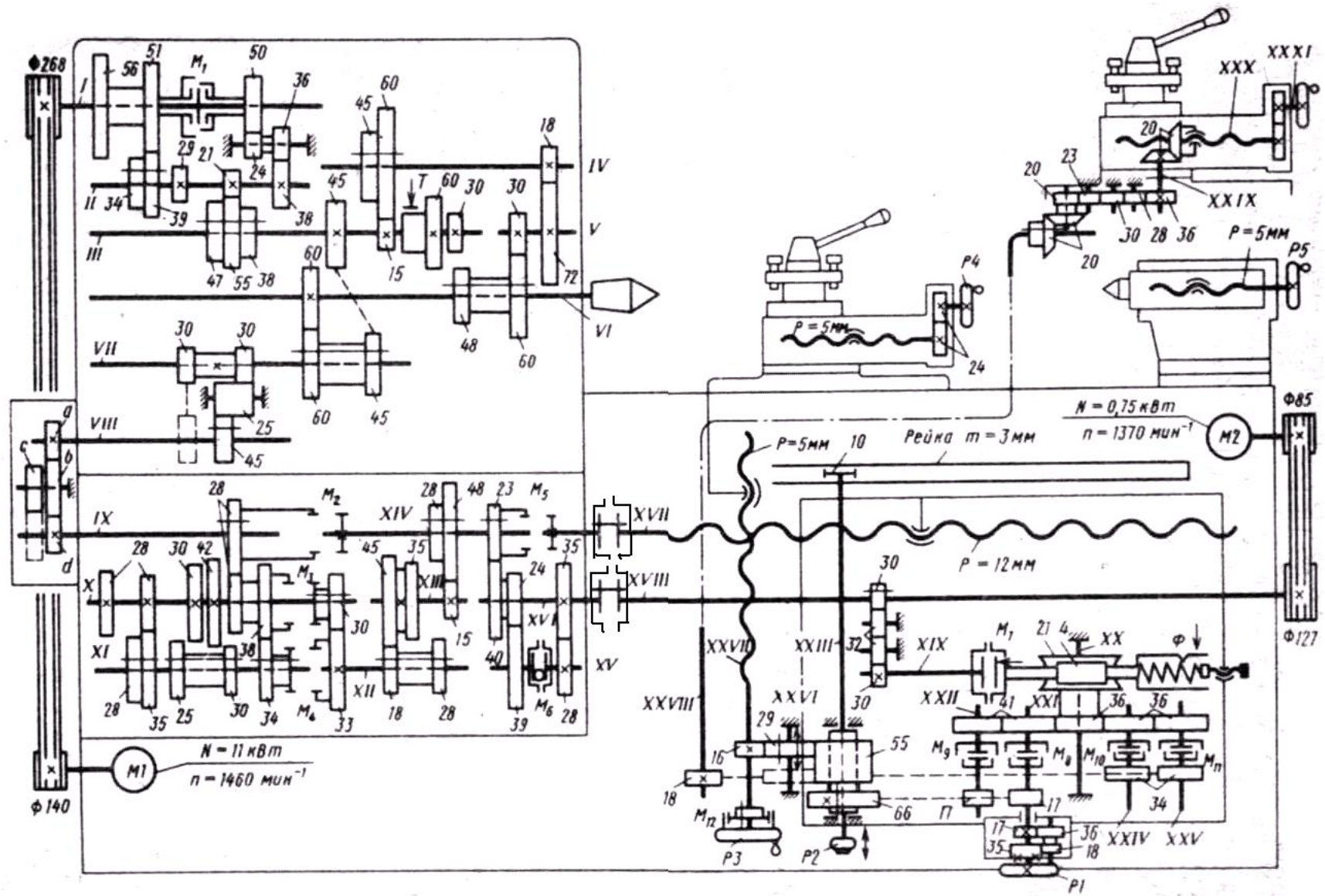


Рис. 3 - Кинематическая схема токарно-винторезного станка

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

$$S_{\text{пр}} = 1 \left( \frac{60}{60} \text{ или } \frac{48}{60} \left( \frac{60}{30} \right) \cdot \frac{45}{45} \text{ или } \frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{45}{45} \left( \frac{60}{15} \right) \cdot \frac{45}{45} \right) \times \\ \times \frac{30}{45} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{42}{30} \left( \frac{30}{25}; \frac{28}{35}; \frac{28}{28} \right) \cdot \frac{18}{45} \left( \frac{28}{35} \right) \cdot \frac{35}{28} \left( \frac{15}{48} \right) \times \\ \times \frac{23}{40} \cdot \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10. \quad (1.2)$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64} \quad \text{— это пере}$$

В уравнении кинематического баланса

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64}$$

даточное отношение гитары сменных зубчатых колес.

Число скоростей подач:

$$z = 1(1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 80.$$

Направление продольной подачи можно изменять включением кулачковых муфт М9 или М8.

Максимальное значение подачи можно определить по выражению (1.2):

$$S_{\text{прmax}} = 1 \frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{60}{15} \cdot \frac{45}{45} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{42}{30} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{35}{28} \cdot \frac{23}{40} \cdot \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \times \\ \times \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10.$$

*Поперечная подача.* Конечные звенья: шпиндель с заготовкой – поперечный суппорт с гайкой (1 оборот шпинделя →  $S_{\text{поп}}$ ).

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

$$S_{\text{поп}} = 1 \left( \frac{60}{60} \text{ или } \frac{48 \left( \frac{60}{30} \right) \cdot 45}{60 \left( \frac{60}{30} \right) \cdot 45} \text{ или } \frac{60 \cdot 72 \cdot 45 \left( \frac{60}{15} \right) \cdot 45}{30 \cdot 18 \cdot 45 \left( \frac{60}{15} \right) \cdot 45} \right) \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64} \cdot \frac{28}{28} \times \\ \times \frac{42 \left( \frac{30}{25}; \frac{28}{35}; \frac{28}{28} \right) \cdot 18 \left( \frac{28}{35} \right) \cdot 35 \left( \frac{15}{48} \right) \cdot 23 \cdot 24 \cdot 28 \cdot 30 \cdot 32}{30 \left( \frac{30}{25}; \frac{28}{35}; \frac{28}{28} \right) \cdot 45 \left( \frac{28}{35} \right) \cdot 28 \left( \frac{15}{48} \right) \cdot 40 \cdot 39 \cdot 35 \cdot 32 \cdot 32} \times \\ \times \frac{32}{30} \cdot \frac{4}{21} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{34}{55} \cdot \frac{55}{29} \cdot \frac{29}{16} \cdot 5.$$

Значение поперечной подачи в два раза меньше значения соответствующей продольной подачи.

Реверс поперечной подачи осуществляется включением кулачковых муфт М11 или М10.

### ***Нарезание резьб***

*Метрическая резьба.* Конечные звенья: шпиндель – продольный суппорт (1 оборот шпинделя →  $P_p$ ).

Уравнение кинематического баланса от шпинделя к ходовому винту при нарезании резьбы резцом составляется из условия, что за один оборот шпинделя с заготовкой суппорт с режущим инструментом должен перемещаться в продольном направлении на величину шага нарезаемой резьбы  $P_p$  если резьба однозаходная.

Уравнение кинематического баланса цепи имеет вид:

$$P_p = 1 \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{42}{30} \left( \frac{30}{25}; \frac{28}{35}; \frac{28}{28} \right) \cdot \frac{18}{45} \left( \frac{28}{35} \right) \cdot \frac{35}{28} \left( \frac{15}{48} \right) \cdot 12,$$

где  $P_p$  – шаг нарезаемой резьбы, мм.

Число скоростей подач при нарезании резьбы:  $z = 4 \cdot 2 \cdot 2 = 16$

По данной кинематической цепи можно нарезать 16 значений стандартных шагов метрических резьб. При этом в коробке подач используется короткая кинематическая цепь, что обеспечивает высокую точность нарезания резьбы по шагу. При нарезании метрической резьбы с большим допуском муфту М2 выключают, а муфты М3–М5 включают.

В кинематической цепи при нарезании резьбы используется механизм

реверса. При этом движение подачи происходит от шпинделя через ряд передач.

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

$$P_p = 1 \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{25} \cdot \frac{25}{45} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{42}{30} \left( \frac{30}{25}; \frac{28}{35}; \frac{28}{28} \right) \cdot \frac{18}{45} \left( \frac{28}{35} \right) \cdot \frac{35}{28} \left( \frac{15}{48} \right) \cdot 12.$$

Дюймовая резьба. Конечные звенья: шпиндель с заготовкой –  
 продольный суппорт (1 оборот шпинделя  $\rightarrow P = \frac{25,4}{n_p}$ ).

Уравнение кинематического баланса цепи имеет вид:

$$P_d = \frac{25,4}{n_p} = 1 \frac{60}{60} \cdot \frac{30}{45} \cdot \frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{38}{34} \cdot \frac{30}{42} \left( \frac{25}{30}; \frac{35}{28}; \frac{28}{28} \right) \times \\ \times \frac{30}{33} \cdot \frac{18}{45} \left( \frac{28}{35} \right) \cdot \frac{35}{28} \left( \frac{15}{48} \right) \cdot 12,$$

где  $n_p$  – число ниток на 1 дюйм.

Количество численных значений шагов наружных резьб:  
 $z = 4 \cdot 2 \cdot 2 = 16$ .

При нарезании дюймовых резьб в кинематической цепи изменяют сменные зубчатые колеса на  $\frac{60}{73} \cdot \frac{86}{36}$  (передаточное отношение

гитары сменных зубчатых колес  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$ ).

При этом увеличение шага нарезаемой резьбы будет в 2, 8, 32 раза.

### ***Описание работы узлов токарно-винторезного станка***

Токарно-винторезные станки имеют практически однотипную компоновку, примером которой может служить станок 16К20. Основными его узлами являются (рис. 1): станина; передняя (шпиндельная) бабка, в которой может быть размещена коробка скоростей; коробка подач; суппорт с резцедержателем и фартуком; задняя бабка.

*Станина* служит для монтажа всех основных узлов станка и является его основанием. Наиболее ответственной частью станины являются направляющие, по которым перемещаются суппорт и задняя бабка.

*Передняя бабка* закреплена на левом конце станины. В ней находится коробка скоростей станка, основной частью которой является шпиндель.

*Задняя бабка* служит для поддержания обрабатываемой заготовки при работе в центрах, а также для закрепления инструментов (сверл, зенкеров, разверток) при обработке отверстий и нарезания резьбы (метчиков, плашек).

*Коробка подач* служит для передачи вращения от шпинделя или от отдельного привода ходовому валу XVIII или ходовому винту XVII (рис. 1.3), а также для изменения их частоты вращения для получения необходимых подач или определенного шага при нарезании резьбы. Это достигается изменением передаточного отношения коробки подач. Коробка подач связана со шпинделем станка гитарой со сменными зубчатыми колесами. Муфты 1 и 5 служат для передачи напрямую вращения ходовому винту и ходовому валу.

*Фартук* обеспечивает преобразование вращательного движения ходового вала и ходового винта в прямолинейное поступательное движение суппорта.

*Суппорт* является важным узлом станка, предназначенным для перемещения режущего инструмента, установленного в резцедержателе (рис. 1). Продольный суппорт может перемещаться вручную по направляющим станины с помощью маховика 29. По направляющим продольного суппорта перемещается поперечный суппорт с помощью рукоятки 13. Он обеспечивает перемещение режущего инструмента (резца) перпендикулярно оси вращения заготовки. На этом суппорте размещают поворотную плиту, которую крепят гайками к поперечному суппорту. По верхним направляющим поворотной плиты с помощью рукоятки 17 перемещаются верхние салазки, которые вместе с плитой могут поворачиваться вокруг вертикальной оси. Верхние салазки обеспечивают перемещение режущего инструмента (резца) под углом к осевращению заготовки.

*Резцедержатель* крепится к салазкам с помощью рукоятки 16.

Продольный суппорт перемещается механически от ходовых винта и вала (расположенного под ходовым винтом). С помощью рукоятки 19 производят включение механических подач суппортов станка.

На станке 16К20 может применяться держатель для осевого инструмента (рис. 4) (сверла, зенкера, развертки и т. п.). Этот инструмент применяют при обработке отверстий с ручной и механической подачей продольного суппорта.

Держатель 1 устанавливают в ту позицию резцедержателя, которая имеет соответствующую маркировку, обозначающую сверло. В цилиндрическое отверстие держателя вставляют втулку 2 с коническим отверстием для инструмента и стопорят винтом 3. Совмещение осей режущего инструмента и шпинделя осуществляют перемещением поперечного суппорта.

Резцовую оправку для обработки деталей над выемкой в станине (рис. 5) применяют на станке 16К20 при обработке заготовок диаметром до 600 мм и длиной 295 мм от торца фланца шпинделя, что предотвращает свисание суппорта с направляющих станины. Оправку 1 устанавливают в держателе 2, а резец 3 крепят винтами 4. Обработку с использованием оправки следует производить на минимальных режимах.

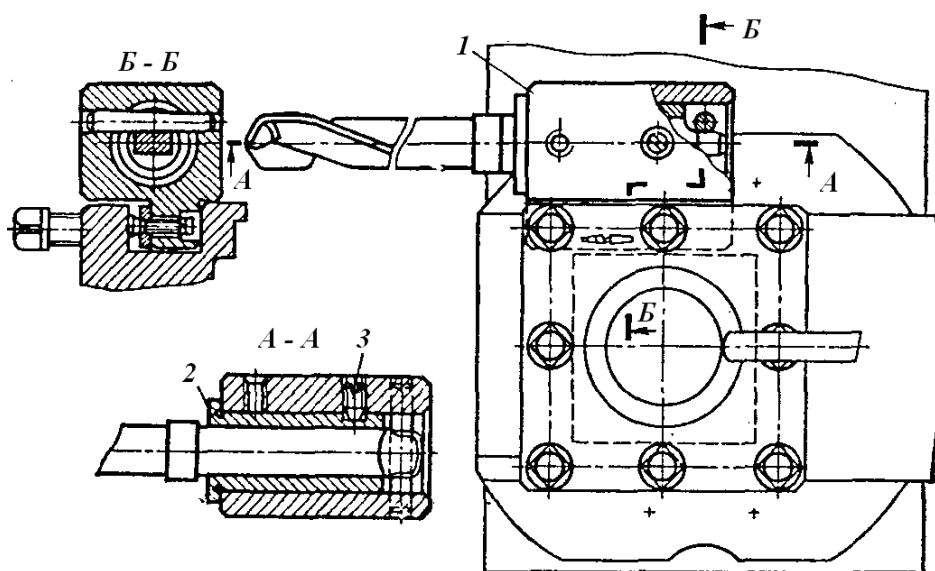


Рис. 4. Держатель для осевого инструмента



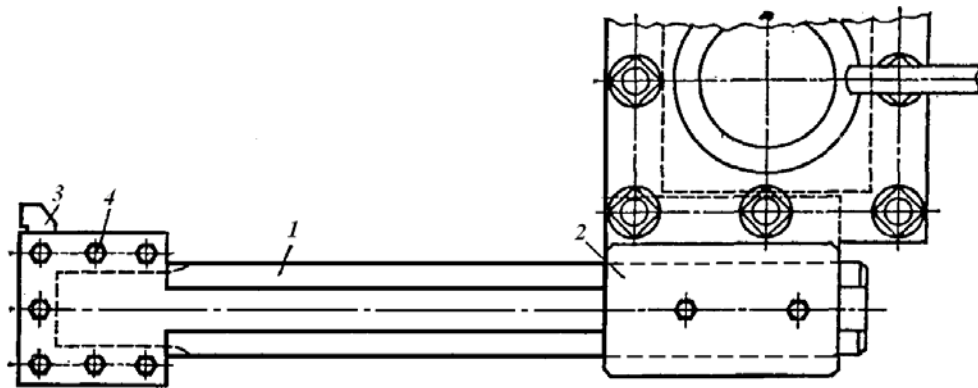
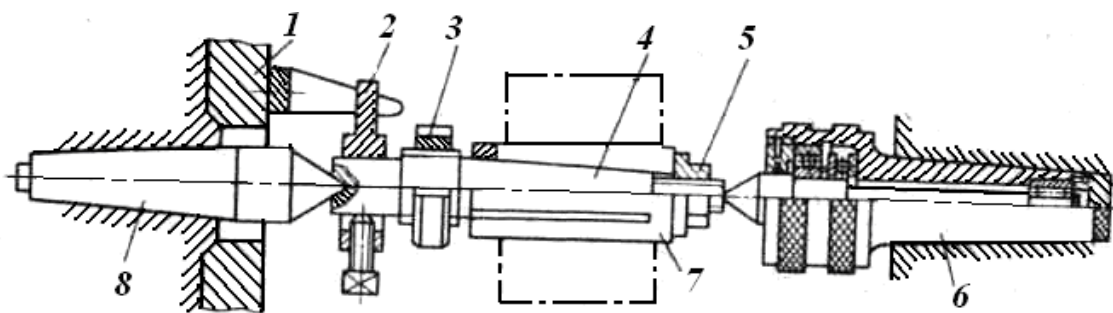


Рис. 5 - Резцовая оправка для обработки деталей над выемкой в станине

*Приспособления.* Для установки заготовок в зависимости от их размеров и формы применяют центры, патроны, планшайбы, оправки. В центрах (рис. 6, а) обрабатывают длинные заготовки типа валов или заготовки, насаженные на оправки. Задний центр может быть не вращающимся, той же конструкции, что и передний центр 8, или вращающимся 6. Оправки бывают цилиндрические, конические и разжимные. Последняя состоит из втулки 7 с прорезями, которую устанавливают наконус стержня 4 и закрепляют гайкой 5. Втулка разжимается и закрепляет надетую на нее заготовку. Для освобождения готовой детали служит гайка 3. Крутящий момент передается со шпинделя на оправку через поводковый патрон 1 и хомутик 2. Длинные, нежесткие заготовки поддерживаются люнетом – неподвижным (рис. 6, б), установленным на станине, или подвижным, закрепленным на суппорте.



а)

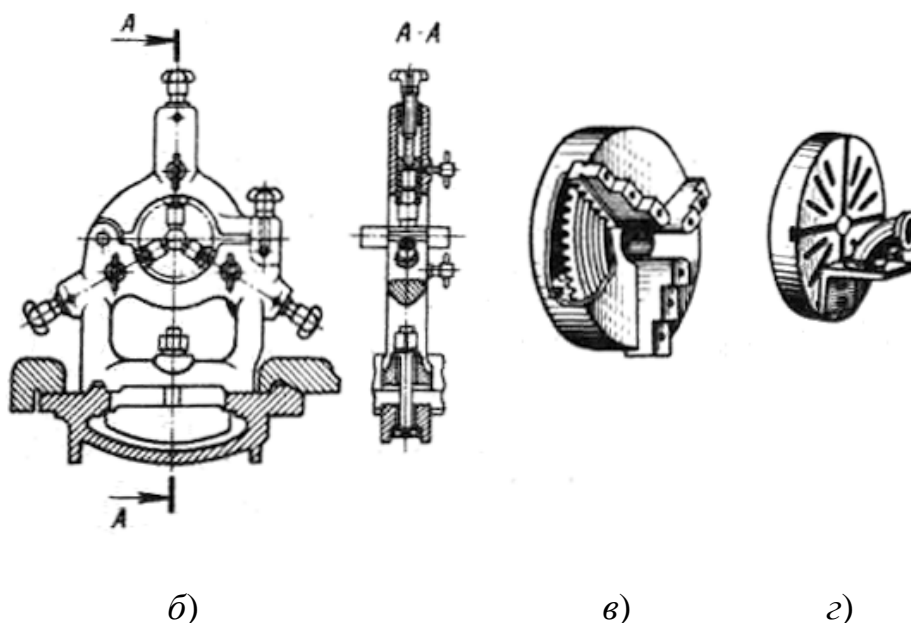


Рис. 6 - Эскизы приспособлений для установки заготовок:  
 а – в центрах; б – в люнете; в – в патроне; г – в планшайбе

В патронах закрепляют сравнительно короткие заготовки. Чаще всего применяют трехкулачковые самоцентрирующие патроны с одновременно сдвигающимися кулачками (рис. 6, в). Несимметричные заготовки закрепляют в четырех кулачковом патроне, где каждый кулачок перемещается независимо от другого. Крупные, а также несимметричные заготовки закрепляют на планшайбе (рис. 1.6, г) с помощью болтов, прихватов и других приспособлений. Для прутков используют цанговые патроны.

### ***Наладка токарно-винторезного станка модели 16К20 на нарезание многозаходной резьбы***

1. Скорость резания в зависимости от материала заготовки и марки пластины режущего инструмента выбирается по нормативам. Определяется необходимая частота вращения (об./мин) шпинделя для протачивания наружного диаметра заготовки под резьбу по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D},$$

где  $v$  – скорость резания;  $D$  – диаметр заготовки.

Частота вращения корректируется по таблице (на станке) или по паспорту. Большую частоту вращения шпинделя принимают в том случае, если разница паспортных и полученных по формуле значений не превышает 5 %. В остальных случаях выбирается ближайшее меньшее значение.

Стойкость режущего инструмента при этом увеличивается.

2. Установить рукоятки коробки скоростей согласно расчетного значения частоты вращения шпинделя.

3. Установить рукоятки коробки подач согласно табличным данным (на станке) на определенную величину подачи.

4. Установить заготовку в центрах или патроне.

5. Установить резец для обтачивания участка под резьбу.

6. Произвести обтачивание участка цилиндрической поверхности до установленного диаметра для нарезания резьбы.

7. Определить скорость резания для нарезания резьбы. Установить рукоятки коробки скоростей на определенную частоту вращения шпинделя для выполнения нарезания резьбы.

8. Установить рукоятки коробки подач для нарезания резьбы соответствующего шага согласно табличным данным станка.

9. Установить соответствующий профильный резец для нарезания резьбы.

10. Произвести один-два прохода резьбовым резцом и проверить правильность получения шага резьбы штангенциркулем на длине десяти витков, произведя затем деление на 10. Это нужно для более точного измерения шага.

11. Произвести нарезание одного захода резьбы до внутреннего диаметра.

12. Произвести деление на второй и последующие заходы резьбы одним из следующих способов:

а) на станке модели 16К20 имеется делительное устройство, которое состоит из фланца с риской, закрепленного на корпусе коробки скоростей, и диска с шестьюдесятью делениями, закрепленного на шпинделе. Количество рисок на диске одинаковое с количеством зубьев на шпиндельном зубчатом колесе, что облегчает зацепление двойного блока ( $z = 60$  и  $z = 45$ ) на валу VII.

Деление производят следующим образом. Рукояткой управления фрикционной муфтой 1 или 23 (рис. 1) обеспечивают обратное вращение шпинделя и перемещение вправо (при нарезании правозаходной резьбы) суппорта с резьбовым резцом, затем переключают шпиндель на прямое вращение и одновременно выключают вращение главного электродвигателя. Таким образом обеспечивается натяжение (выбор зазоров) всех звеньев кинематической цепи станка. Рукояткой 6 ставят двойной блок ( $z = 60$  и  $z =$

45) на валу VII в нейтральное положение. Поворачивают делительный диск со шпинделем вручную на тридцать рисков при нарезании двухзаходной резьбы и на двадцать рисков – при нарезании трехзаходной резьбы. Таким образом, заготовку поворачивают на пол-оборота при нарезании двухзаходной резьбы и на третью часть оборота – при нарезании трехзаходной резьбы и т. д.

Рукояткой б вводят в зацепление шестерню ( $z = 60$ ) двойного блока со шпиндельной шестерней ( $z = 60$ ). Включают главный электродвигатель, подводят резец до касания с заготовкой и запоминают расположение лимба на винту поперечного суппорта. Затем лимб ставят в нулевое положение и ведут отсчет глубины резьбы, используя соответствующие таблицы профиля резьбы. Нарезают в несколько проходов второй заход резьбы, затем таким же способом и третий заход резьбы. Рекомендуется все заходы нарезать не сразу на полный профиль, а оставлять припуск на чистовые проходы, которые производят на увеличенной частоте вращения шпинделя с заготовкой для снижения шероховатости;

б) деление на второй и последующие заходы производят не поворотом шпинделя с заготовкой, а смещением резцовых салазок с резьбовым резцом. При этом сначала выбирают зазор в передаче винт–гайка, а затем, вращая винт, перемещают резец и по лимбу ведут отсчет перемещения.

При нарезании двухзаходной резьбы перемещают резец на половину хода резьбы, трехзаходной резьбы – на третью часть хода резьбы и т. д. Шпиндель при делении на второй и последующие заходы не вращается, переключение двойного блока на валу VII не требуется.

Этот способ деления самый простой, производительный, но не достаточно точный;

в) деление на второй и последующие заходы осуществляют с помощью измерительной головки. В этом случае основание магнитной стойки устанавливается на верхний резцовый суппорт, шарик измерительной головки упирается в гладкую часть патрона с натяжкой в 1 мм;

Перемещение резца и головки производится винтом резцового суппорта, а отсчет производится по показаниям измерительной головки – на половину хода резьбы при нарезании двухзаходной резьбы и т. д. При этом способе деления видно, что сначала при вращении винта выбирается зазор в передаче винт–гайка, при этом стрелка индикатора не отклоняется и, следовательно, точность деления повышается.

13. Проверить правильность полученного шага резьбы.

### ***Наладка токарно-винторезного станка модели 16К20 на обработку конических поверхностей***

Обработка конических поверхностей может осуществляться: широким резцом; смещением корпуса задней бабки; поворотом резцовых салазок и с использованием копировальной конусной линейки.

*Широким резцом* (рис. 7, а) возможна обработка конусов длиной до 20 мм. Подача резца может быть как поперечная, так и продольная.

*Смещением корпуса задней бабки* (рис. 7, в) обрабатывают длинные детали с небольшим углом уклона до 8°. Точность обработки невысокая.

Величина смещения корпуса задней бабки в поперечном направлении  $h$  (мм) определяется по формуле

$$h = L \cdot \sin \alpha,$$

где  $L$  – длина детали, мм;  $\alpha$  – угол уклона детали, град.

На схеме (рис. 1.7, в) видно, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L(D - d)}{2l}.$$

Наладку станка на обработку конуса осуществляют следующим образом: с помощью двух винтов 30 (рис. 1) ключом смещают корпус задней бабки в поперечном направлении на себя – при обработке прямых конусов, от себя – при обработке обратных конусов. Отсчет смещения  $h$  ведется или по лимбу, или по упорам и плиткам (концевым мерам длины), если упоры установлены на торце задней бабки, или с помощью штангенциркуля.

В жесткие токарные центры, на конце рабочего конуса которых имеются шаровые поверхности, устанавливается заготовка с поводковым хомутиком. Последний находится внутри кожуха поводкового патрона (для безопасности). Включается станок, начинается вращение шпинделя и продольная механическая подача суппорта.

*Поворотом резцовых салазок* (рис. 7, б) обрабатывают короткие детали с наружными и внутренними коническими поверхностями. По чертежу или произведя соответствующие расчеты, устанавливают угол уклона  $\alpha$  обрабатываемой конусной поверхности – это половинный угол при вершине конуса. Гаечным ключом отпускают две гайки, крепящие поворотную часть резцовых салазок, поворачивая ее в нужном направлении. Отсчет ведется по лимбу с ценой деления в один градус. Закрепляют гайки. Обрабатывают заготовку. При этом подача режущего инструмента осуществляется вручную вращением рукоятки резцовых салазок (что непроизводительно и недостаточно точно) или механически, как в станке модели 16К20П. Обработка требует частых замеров детали и доворота салазок, в результате чего снижается производительность труда. В серийном производстве для измерения используют специальные калибр-втулки и калибр-пробки.

В серийном производстве возможна установка на станке модели 16К20 *копирной конусной линейки*. Применение ее обеспечивает обработку длинных деталей с высокой точностью и производительностью. Линейка 8 (рис. 7, в) устанавливается на кронштейнах 7 и 10, прикрепляемых к станине 13 с задней стороны, под углом  $\alpha$  путем перемещения винтов 11 в пазах кронштейнов. Отсчет перемещения (в град) ведется по шкале 12. На линейке установлен ползун 9, соединенный с поперечным суппортом 16 тягой 14. Винт поперечного суппорта должен быть вывернут или иметь специальную телескопическую конструкцию. При включении продольной подачи перемещаются одновременно каретка и поперечный суппорт, т. е. осуществляются два движения: ведущее (задающее) и следящее (копирующее). В результате обрабатывается коническая поверхность детали с заданным углом

уклона  $\alpha$ .

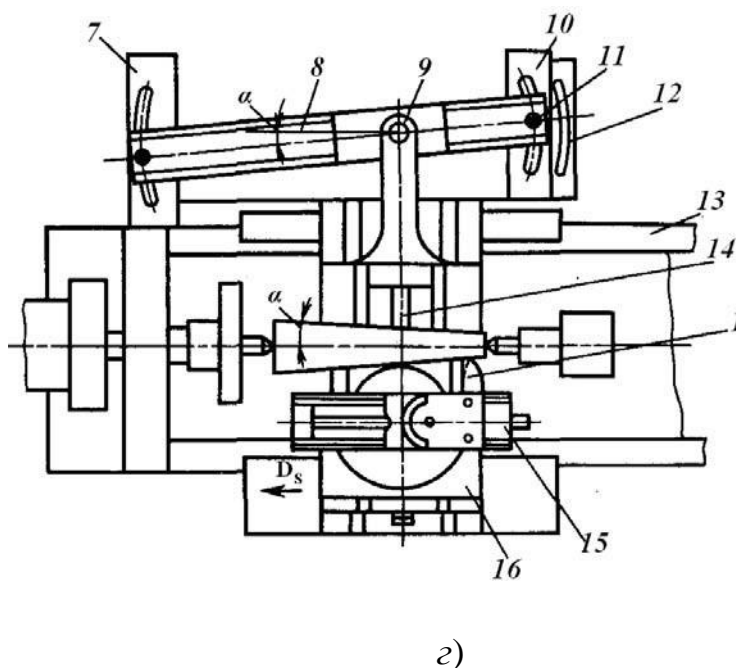
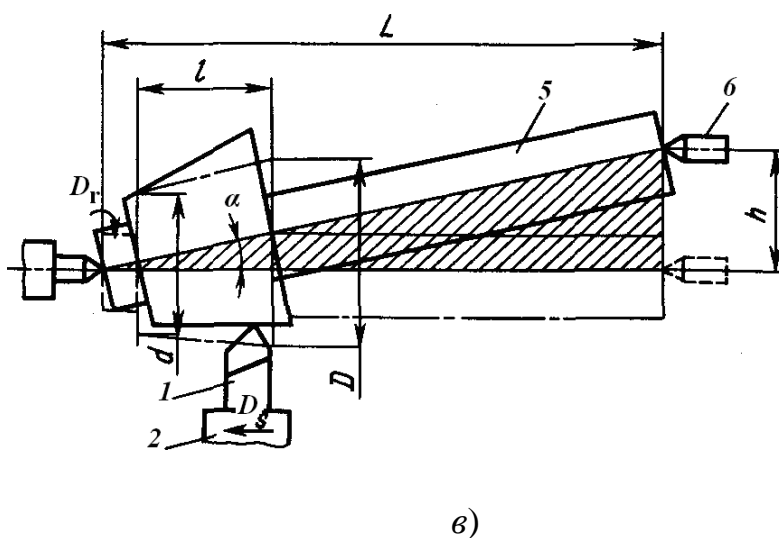
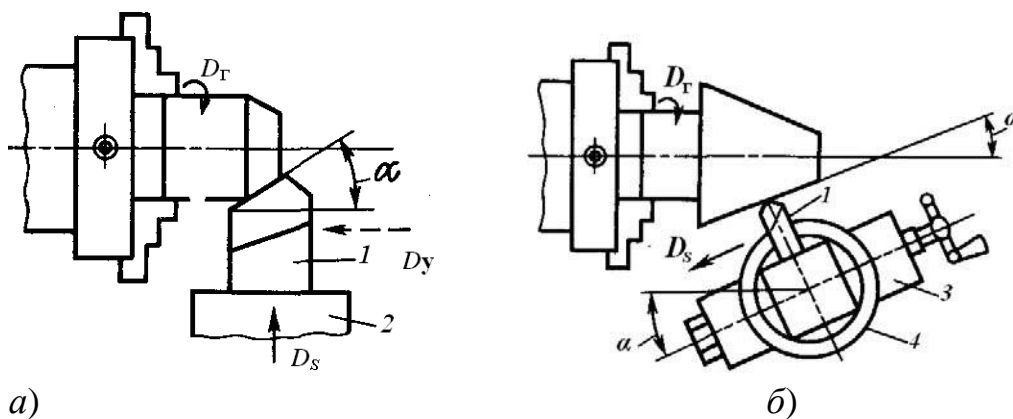


Рис. 7. Схемы обработки конических поверхностей на токарно-

винторезном станке:

$a$  – широким резцом;  $b$  – поворотом резцовых салазок;  
 $v$  – смещением корпуса задней бабки;  $z$  – с применением копирной  
конусной линейки

### Контрольные вопросы

1. Назовите назначение станка.
2. Назовите основные узлы станка.
3. Назовите движения в станке.
4. Назовите состав приводов станка.
5. Запишите уравнения кинематического баланса приводов станка.
6. Опишите порядок наладки станка.



## Практическая работа № 2

### Изучение конструкции, кинематики и принципа действия вертикально–сверлильного станка

Станок предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий в различных деталях, а также для нарезания резьб машинными метчиками в условиях индивидуального и серийного производства. На станке обрабатывают детали сравнительно небольших размеров и массы.

Таблица 1. Техническая характеристика станка

Наибольший размер сверления, мм	35
Расстояние от оси шпинделя до лицевой стороны станины, мм	300
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до стола, мм	750
Наибольший ход шпинделя, мм	225
Наибольшее установочное перемещение шпиндельной бабки, мм	200
Размеры рабочей поверхности стола, мм	
длина	500
ширина	450
Наибольшее вертикальное перемещение стола, мм	325
Число скоростей вращения шпинделя	9
Пределы частот вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	68...1100
Количество величин подач	11
Пределы величин подач, мм/об	0,115...1,6
Мощность главного электродвигателя, кВт	4,5

#### Принцип работы

Обрабатываемая деталь устанавливается на столе станка и закрепляется в машинных тисках или в специализированных приспособлениях. Совмещение оси будущего отверстия с осью шпинделя осуществляется перемещением приспособления с обрабатываемой деталью на плоскости стола станка.

Режущий инструмент в зависимости от формы его хвостовика закрепляется в шпинделе станка при помощи патрона или переходных втулок. В соответствии с высотой обрабатываемой детали и длиной режущего инструмента производится установка стола и шпиндельной бабки.

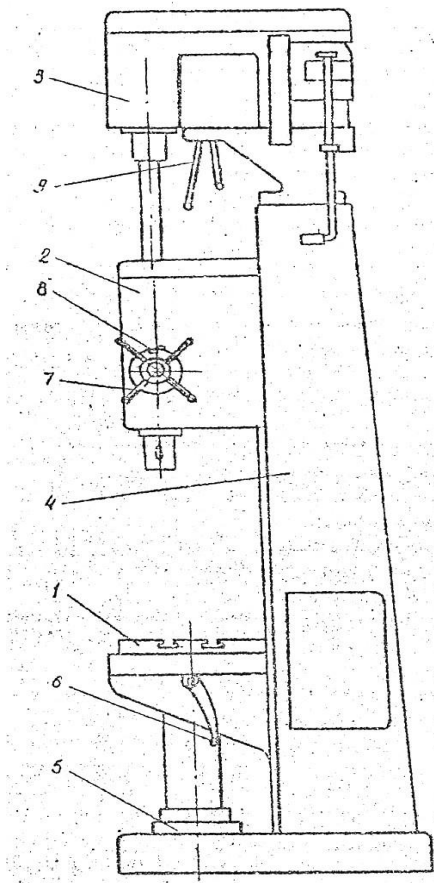


Рис. 8 - Общий вид станка 2А135:  
 1 – стол; 2 – шпиндельная бабка с коробкой подачи подъемным механизмом; 3 – коробка скоростей; 4 – станина (колонна); 5 – основание станины;  
 6 – рукоятка перемещения стола; 7 – штурвал для подъема и опускания шпинделя и для включения механической подачи; 8 – кулачок ограничения хода и реверса; 9 – рукоятка переключения скоростей

Отверстия могут обрабатываться как ручным перемещением шпинделя от штурвала, так и с помощью механической подачи.

**Движение резания (главное движение).** Шпиндель V приводится в движение электродвигателем  $M$  (рис. 9) мощностью  $4,5 \text{ кВт}$  через клиноременную передачу 140-170 и коробку скоростей.

На валу I коробки скоростей находится тройной подвижный блок шестерен  $B_1$ , обеспечивающий валу II три скорости вращения. От вала II через шестерни 34-48 вращение передается валу III, на котором расположен тройной подвижный блок  $B_2$ , приводящий в движение полый вал IV, связанный шлицевым соединением со шпинделем V, имеющим девять скоростей вращения.

Наибольшая частота вращения шпинделя с учетом упругого скольжения определяется из выражения:

$$n_{max} = 1440 \cdot (140/178) \cdot 0,985 \cdot (34/48) \cdot (34/48) \cdot (65/34) = 1070 \text{ (мин}^{-1}\text{)}.$$

**Движение подачи.** Движение подачи заимствуется от шпинделя V.

Вращение передается через шестерни 27-60 и 27-50, коробку подач с выдвигаемыми шпонками, предохранительную муфту  $M_2$ , вал X, через зубчато-реечную передачу – гильзе шпинделя.

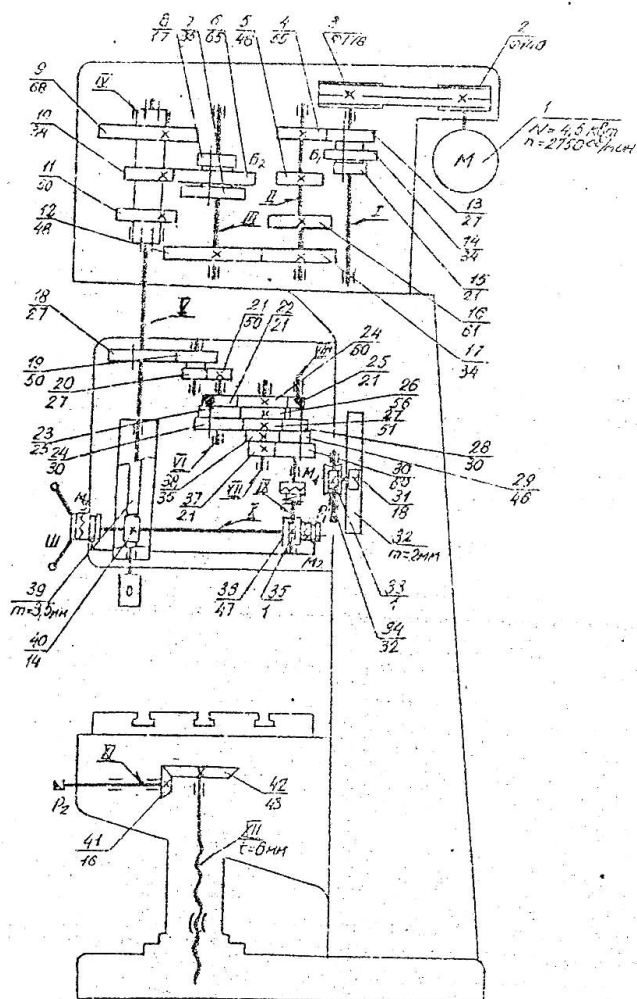


Рис. 9 - Кинематическая схема станка 2А135

В коробке подач расположены трех- и четырехступенчатые механизмы с выдвигаемыми шпонками.

От вала VI три скорости вращения сообщаются валу VII, на котором жестко закреплены шестерни 60, 56, 51, 35, 21. От вала VII четыре скорости вращения передаются валу VIII, так как одна из подач повторяется, коробка обеспечивает 11 различных значений величин подач.

От вала VIII через кулачковую муфту  $M_1$  движение сообщается валу IX, на котором закреплен червяк I.

Червячное колесо 47 расположено на одном валу с реечной шестерней 14, находящейся в зацеплении с рейкой, нарезанной на гильзе шпинделя. Муфта  $M_1$  служит для предохранения механизма подач от поломок при перегрузках, а также для автоматического отключения подачи при работе по упорам.

Наибольшая величина подачи определяется из выражения:

$$S_{max} = 1 \cdot (27/50)(27/50)(30/51)(60/51)(1/47) \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 14 = 1,6 \text{ (мм/об)}.$$

**Вспомогательные движения.** Перемещение шпиндельной бабки осуществляется от рукоятки  $P_1$  через червячную передачу от 1-32 и реечную шестерню 18, сцепляющуюся с рейкой  $m = 2$  мм, закрепленной на станине.

Вертикальное перемещение стола достигается поворотом рукоятки  $P_2$  через вал XI, конические шестерни 16-43 и ходовой винт XII. Быстрое перемещение шпинделя производится штурвалом III, связанным специальным замком с валом X. Замок позволяет штурвалу свободно поворачиваться на валу X в пределах  $20^\circ$ , а в дальнейшем соединяет их в одноцелое.

### Контрольные вопросы

- 1) Назвать основные узлы и механизмы станка.
- 2) Каково назначение и технологические возможности станка?
- 3) Перечислить виды и особенности режущих инструментов для обработки отверстий.
- 4) Охарактеризовать виды движений в станке.
- 5) Изобразить кинематические цепи формообразующих и вспомогательных движений станка.
- 6) Какие отличия имеются в кинематике станков 2A135 и 2P135Ф2?

Практическая работа № 3  
Изучение конструкции, кинематики, принципа действия и наладки  
плоскошлифовального станка

**Общие сведения**

Плоскошлифовальный станок высокой точности с прямоугольным столом, горизонтальным шпинделем и крестовым суппортом предназначен для шлифования периферией круга поверхностей деталей, массой до 150 кг. С применением различных специальных приспособлений на станке возможно профильное шлифование различных деталей. Обрабатываемые детали укрепляются на столе с помощью электромагнитной плиты или тисков.

Общий вид станка, органы управления и индикации показаны на рис. 10, 11 и 12.

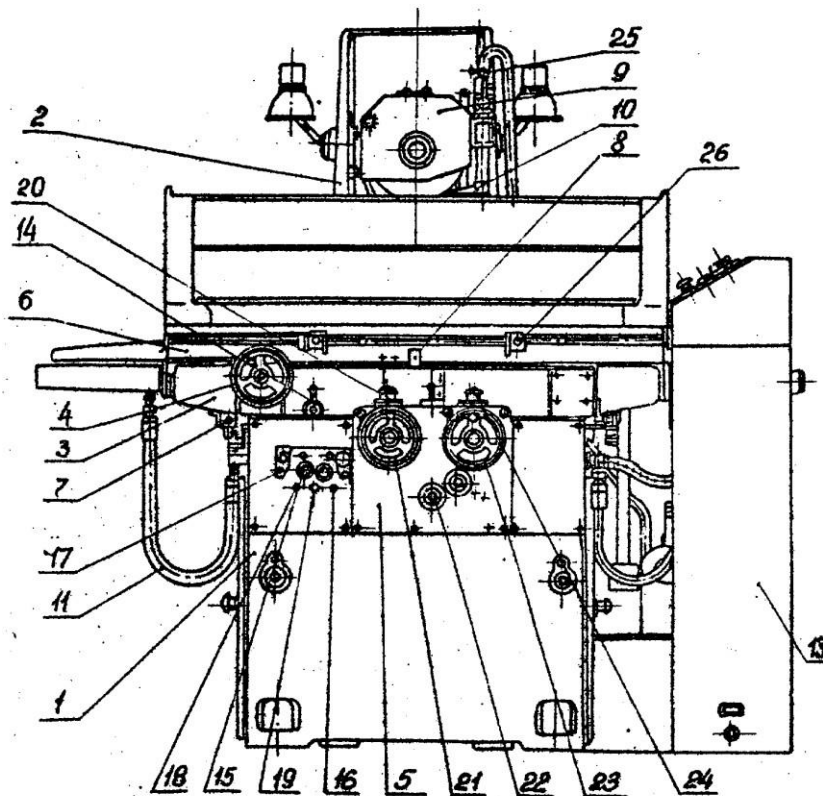


Рис. 10 - Общий вид станка 3Г71М

Станок состоит из следующих узлов и механизмов:

- 1 – станина; 2 – колонна; 3 – суппорт крестовый; 4 – механизм продольного перемещения стола; 5 – механизм подачи; 6 – стол; 7 – механизм поперечного реверса; 8 – механизм продольного реверса; 9 – шлифовальная головка;  
 10 – охлаждение; 11 – гидрокommуникация; 12 – гидропривод; 13 – шкаф электрооборудования; 14 – рукоятка ручного продольного реверса стола;  
 15 – рукоятка регулирования скорости стола; 16 – рукоятка пуска, остановки и разгрузки стола; 17 – дроссели регулировки плавного реверса стола;  
 18 – дроссели смазки направляющих стола и крестового суппорта; 19 – кнопки смазки винта и направляющих вертикальной подачи и винта поперечной подачи;  
 20 – кнопка тонкой поперечной подачи; 21 – рукоятка ручной поперечной подачи; 22 – лимб регулировки величины вертикальной подачи; 23 – рукоятка ручной вертикальной подачи; 24 – кнопка тонкой вертикальной подачи; 25 – рукоятка крана охлаждения; 26 – упор продольного реверса стола;

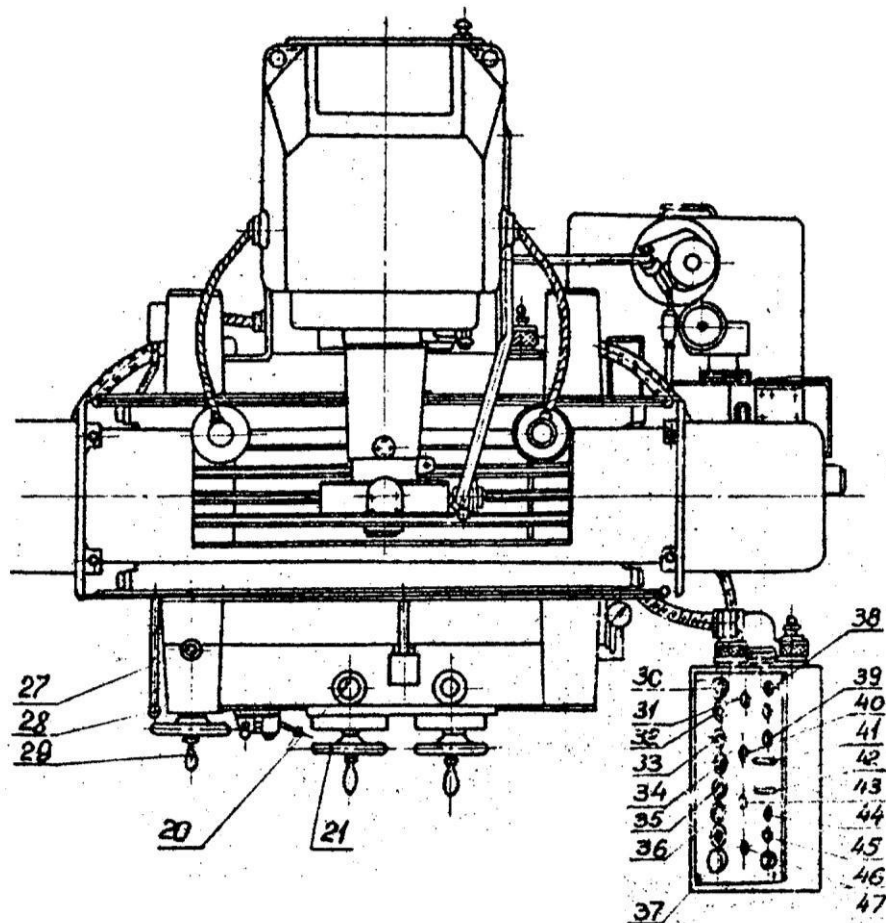


Рис. 11- Общий вид станка 3Г71М (продолжение)

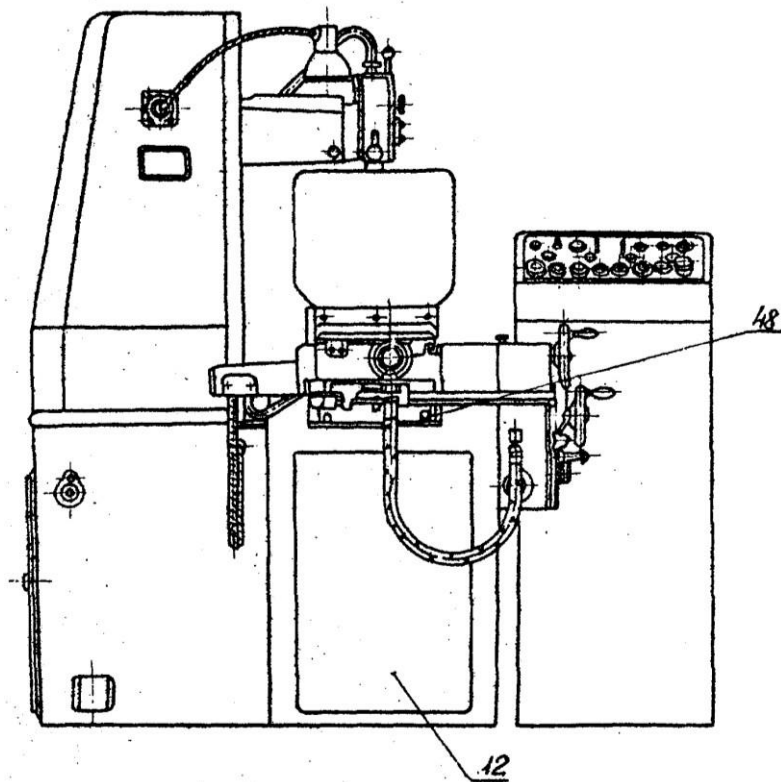


Рис. 12 - Общий вид станка 3Г71М (окончание):

27 – кнопка фиксации механизма ручного перемещения стола; 28 – рукоятка ручного поперечного реверса стола; 29 – рукоятка ручного продольного перемещения стола; 30 – сигнальная лампа "Нет смазки"; 31 – кнопка "Пуск гидропривода"; 32 – кнопка "Стоп гидропривода"; 33 – кнопка "Пуск шлифовального круга"; 34 – кнопка "Стоп шлифовального круга"; 35 – кнопка "Шлифовальная головка вверх"; 36 – кнопка "Шлифовальная головка вниз"; 37 – кнопка "Стоп"; 38 – тумблер "С плитой – без плиты"; 39 – тумблер "Магнитная плита включена"; 40 – кнопка "Ускоренное перемещение крестового суппорта"; 41 – регулятор грубой настройки величины поперечной подачи; 42 – регулятор тонкой настройки величины поперечной подачи; 43 – тумблер "Включение поперечной подачи"; 44 – тумблер "Включение вертикальной подачи"; 45 – тумблер "Вертикальная подача при реверсе стола или крестового суппорта"; 46 – сигнальная лампа "Станок включен"; 47 – переключатель "Охлаждение включено"; 48 – упор поперечного реверса.

### Принцип работы станка

Дисковый абразивный круг закрепляется на рабочем конце шпинделя шлифовальной бабки и в процессе работы ему сообщают главное вращательное движение ( $n_{\text{шп}}$ ).

Обрабатываемую деталь в зависимости от формы, размера и материала закрепляют либо на столе станка, либо на магнитной плите.

Стол с деталью получает прямолинейное возвратно-поступательное движение в продольном направлении ( $S_{\text{пр}}$ ). Длина и место хода стола определяются длиной и расположением на столе обрабатываемой детали и

ограничиваются переставными упорами, которые устанавливаются в определенных местах и на требуемом расстоянии друг от друга.

При шлифовании деталей, ширина которых больше ширины круга, столу сообщается периодическая поперечная подача после каждого двойного хода стола ( $S_{non}$ ).

После каждого прохода шлифовальной бабке сообщается вертикальная подача до полного снятия всего припуска ( $S_v$ ).

### Кинематическая схема станка

**Главное движение.** Главным движением является вращение шлифовального круга, которое осуществляется от электродвигателя  $M1 (N = 2,2 \text{ кВт}; n = 2860 \text{ мин}^{-1})$  через ременную передачу 2-3 (рис. 13).

**Расчетное перемещение:**

$$\text{за } n_{об}, \text{ мин}^{-1} \Rightarrow n_{шт}, \text{ мин}^{-1}.$$

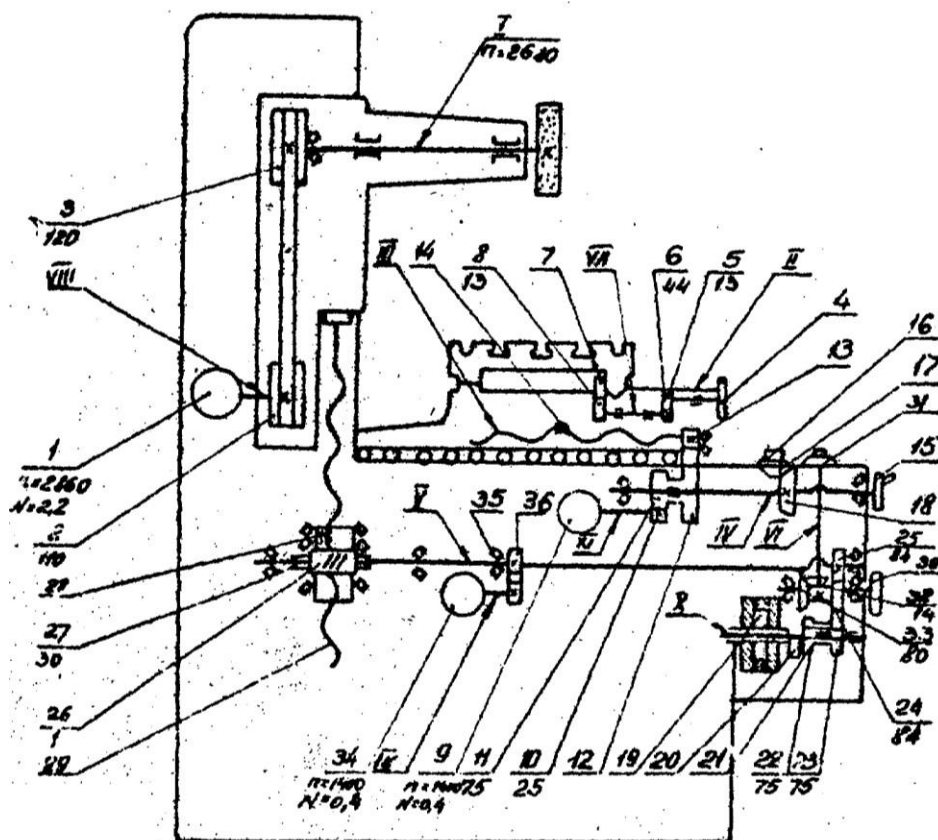


Рис. 13 - Кинематическая схема станка 3Г71М

**Движения подачи.** 1) **Продольная подача стола:** продольное возвратно-поступательное перемещение стола, осуществляется от гидропривода станка (рис. 14).



Ручное продольное перемещение стола осуществляется от маховика 4 (рис. 10), установленного на валу II (рис. 13), через шестерню 5, зубчатое колесо 6, реечную шестерню 7 – рейку 8. При включенной гидравлической подаче шестерня 7 должна быть выведена из зацепления с рейкой 8 стола.

**2) Поперечная подача стола:** осуществляется от электродвигателя *M2* ( $N = 0,4 \text{ кВт}$ ,  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ) через зубчатые колеса 10, 11, 12, 13 и ходовой винт III – гайку 14 передается крестовому суппорту.

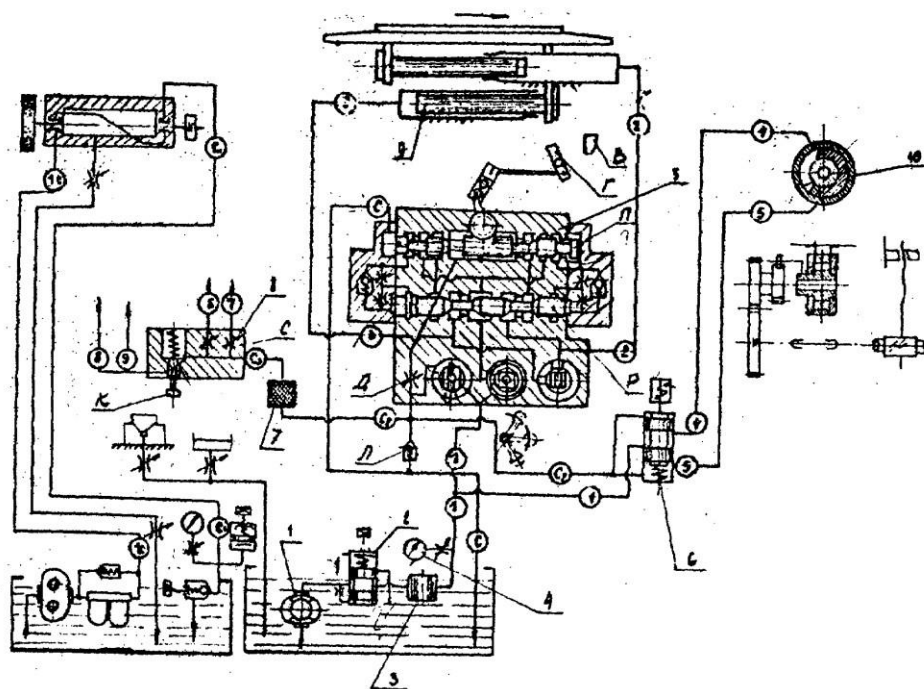


Рис. 14 - Гидравлическая схема станка 3Г71М

Величина поперечной подачи регулируется путем изменения величины импульсного тока, подаваемого к двигателю *M2*. Команда подачи импульса осуществляется от бесконтактного переключателя, связанного с механизмом продольного реверса стола. При этом изменяется направление вращения электродвигателя *M2*, осуществляется реверсирование поперечной подачи от бесконтактного переключателя поперечного реверса.

Ручная поперечная подача обеспечивается от маховика 15 через вал IV, зубчатые колеса 12, 13 и ходовой винт III – гайку 14.

Тонкая ручная поперечная подача осуществляется от кнопки 16 через конические зубчатые колеса 17, 18.

**3) Вертикальная подача шлифовальной головки:** осуществляется гидроприводом станка после каждого продольного или поперечного хода стола.

Под действием рабочей жидкости поворачивается ротор гидроцилиндра 19 с закрепленным на нем рычагом 20 с собачкой 21. Собачка поворачивает храповик 22, связанный с зубчатым колесом 23, передавая вращение

зубчатым колесам 24, 25 через вал V, червяк 26 и червячное колесо 27, внутри которого выполнена гайка 28 с размещенным в ней ходовым винтом 29, закрепленным на шлифовальной головке.

Величина подачи регулируется поворотом заслонки, которая перекрывает часть зубьев храпового колеса 22, то есть часть своего пути со- бачка 21 скользит по заслонке.

Ручное перемещение шлифовальной головки осуществляется от маховика 30, через зубчатые колеса 24, 25, вал V, червячную передачу 26, 27, гайку 28 на винт 29. Тонкая вертикальная подача осуществляется кнопкой 31, через конические колеса 32, 33, зубчатые колеса 24, 25, вал V, червячную передачу 26, 27, гайку 28 на винт 29.

Ускоренное перемещение шлифовальной головки осуществляется от электродвигателя M3 через цилиндрические колеса 35, 36, червячную передачу 26, 27, гайку 28 на винт 29.

### **Гидравлический привод станка**

Гидропривод станка осуществляет следующие функции:

— продольное возвратно-поступательное перемещение стола с регулируемой скоростью;

— автоматическую вертикальную подачу на каждый продольный ход стола или каждый поперечный реверс суппорта;

— смазку направляющих стола и крестового суппорта, винта и направляющих вертикальной подачи.

Гидропривод включает в себя следующие элементы (рис. 14):

— электродвигатель, соединенный с лопастным насосом 1;

— напорный золотник 2 для предохранения насоса от перегрузок и установки требуемого давления в гидросистеме;

— фильтр пластинчатый 3 для очистки масла, поступающего в гидросистему;

— манометр 4 для контроля давления в гидросистеме;

— гидропанель 5;

— реверсивный золотник 6 с электрическим управлением;

— фильтр сетчатый 7, предназначенный для очистки масла, поступающего на смазку;

— подпанельная плита 8, в которой смонтированы: дроссели "С" с помощью которых регулируется подача масла на смазку направляющих стола и крестового суппорта; кнопка "К" для периодической смазки винта и направляющих вертикальной подачи и винта поперечной подачи; обратный клапан "Л", предназначенный для создания подпора в системе слива;

— гидроцилиндр продольной подачи стола 9;

— гидроцилиндр 10 вертикальной подачи шлифовальной головки;

— гидрокоммуникация, назначение которой — соединение гидроцилиндров и гидроаппаратуры трубами и гибкими рукавами согласно принципиальной схеме в единую систему.

При включении электродвигателя поток масла, нагнетаемый лопастным насосом 1, через фильтр 3 по трубопроводу 1-1, поступает в центральную проточку реверсивного золотника "Р" гидропанели 5.

При положении золотника "Р", как показано на схеме, основной поток поступает в левую проточку и по трубопроводу 3-3 в гидроцилиндр 9 перемещений стола. Стол движется вправо в направлении стрелки. Слив из правой полости цилиндра, происходит по трубопроводу 2-2 через дроссель "Д", подпорный клапан "Л" в гидробак.

Скорость перемещения стола регулируется дросселем "Д". Перемещение стола вправо происходит до момента, пока упор "В", связанный со столом, не перебросит рычаг реверса "Г", который через систему рычагов производит переключение золотника управления "П" в левое положение. При этом правая торцовая камера золотника реверса соединяется с давлением, золотник "Р" перемещается влево, в результате чего, происходит реверс стола. Трубопровод 2-2 становится напорным, трубопровод 3-3 — сливным. Стол движется в обратном направлении. Далее цикл аналогично повторяется. Автоматическая вертикальная подача осуществляется с включением электромагнита реверсивного золотника 6.

Поток масла по трубопроводу 1-1 через реверсивный золотник 6 и трубопровод 5-5 поступает в нижнюю полость моментного гидроцилиндра 10, из верхней полости масло по трубопроводу 4-4, через золотник и трубопровод С-С сливается в гидробак. Происходит поворот лопасти гидроцилиндра по часовой стрелке через систему зубчатых колес и червячную пару на гайку винта вертикальной подачи.

При отключении электромагнита трубопровод 4-4 становится напорным, трубопровод 5-5 — сливным. Лопасть гидроцилиндра возвращается в исходное положение.

Смазка направляющих стола и крестового суппорта, винта и направляющих вертикальной передачи и винта поперечной подачи проводится из трубопровода С<sub>2</sub>-С<sub>2</sub> через фильтр 7 и трубопровод С<sub>3</sub>-С<sub>3</sub>.

Расход масла на смазку направляющих стола и крестового суппорта регулируется дросселем "С".

Подача масла на смазку винта и направляющих вертикальной подачи включается периодически нажатием кнопки "К".

Излишки масла, поступающие с направляющих стола и крестового суппорта, по трубопроводам сливаются в бак.

Шестеренчатый насос 11 нагнетает по трубопроводу масло в гидростатическую опору шпинделя 12 шлифовального круга. При

отключенном давлении в гидроопоре невозможно включение главного движения – вращения шлифовального круга.

### **Настройка и наладка станка**

Для обеспечения правильной работы всех узлов рекомендуется соблюдать следующий порядок настройки:

- 1) установить и закрепить деталь;
- 2) в зависимости от размеров шлифуемой детали установить кулачки 26 продольного реверса так, чтобы ход стола был больше детали на 80...100 мм;
- 3) включить шлифовальный круг (кнопка 30) и гидропривод (кнопка 31);
- 4) дроссельный кран 15 гидропанели установить в исходное положение;
- 5) рукоятку скорости 16 стола медленно поворачивать против часовой стрелы вверх;
- 6) при скорости стола 3...10 м/мин подвести шлифовальный круг к изделию, вначале пользуясь механизмом ускоренного перемещения, а затем вручную маховиком 23;
- 7) в случае работы с автоматической поперечной подачей установить необходимую величину подачи;
- 8) в случае работы с автоматической вертикальной подачей поворотом рукоятки 23 установить необходимую величину вертикальной подачи при работе с ручной вертикальной подачей лимб рукоятки 23 должен быть установлен в нулевое положение;
- 9) маховиком 23 произвести вертикальную подачу;
- 10) увеличить рукояткой 15 скорость стола до необходимой величины;
- 11) установить рукояткой требуемую поперечную подачу;
- 12) рукояткой включить автоматическую поперечную подачу в ту или иную сторону в зависимости от того, с какой стороны начинается шлифование;
- 13) правку круга осуществлять по мере затупления круга в начале грубо, затем с малой подачей алмаза (0,02...0,04 мм/об); величина снимаемого слоя при правке круга может быть в пределах 0,1...0,3 мм; держатель с алмазным карандашом устанавливается на магнитной плите или на столе станка и закрепляется; стол получает поперечное перемещение от ручной подачи;
- 14) перед установкой на станок шлифовальный круг сбалансировать статически, для чего в собранном виде круг с фланцами закрепляется на конусной оправке, которая устанавливается на ножи или валики балансировочного приспособления;
- 15) по мере износа круга необходимо периодически проверять его сбалансированность.

## Режимы работы станка

Конструкция станка позволяет выбирать различные режимы шлифования сочетанием различных подач стола и круга.

Основными технологическими факторами, определяющими режим шлифования, являются:

- 1) точность обработки;
- 2) качество обрабатываемой поверхности;
- 3) мощность главного привода станка;
- 4) стойкость шлифовального круга.

Режимы выбираются по нормативам (табл. 2) или на основании практического опыта работы.

Для получения высокой точности (плоскостности и параллельности 2-х сторон) рекомендуется шлифование производить вначале черновым проходом, а затем 1-2 чистовыми проходами с каждой стороны поочередно до получения требуемой плоскостности на одной стороне детали, причем последний проход шлифуется с вертикальной подачей не более 0,01 мм. В случае недостаточного припуска для высокой точности, необходимо базовую плоскость для крепления подготовить путем притирки или шабровки.

Качество обрабатываемой поверхности зависит от режима шлифования, характеристики круга, способа его правки, от состава и качества охлаждающей жидкости.

Следует шлифовать при обильном охлаждении и применять соответствующие по характеристике шлифовальные круги.

При шлифовании мягких материалов следует применять более твердые шлифовальные круги, а при обработке твердых и закаленных материалов рекомендуются круги на 1-2 ступени мягче. Для вязких и мягких материалов (свинец, медь, латунь и др.) следует применять мягкие круги.

Высокая точность и чистота достигаются применением мелкозернистых кругов.

Для шлифования алюминия, меди, твердых сплавов, бронз следует применять круги из карбида кремния (карборундовые).

Для инструментальных и конструкционных сталей необходимо применять электрокорундовые круги.

В числителе приведены режимы при работе без охлаждения, а в знаменателе — при работе с охлаждением.

Таблица 2. Шлифование плоских поверхностей абразивными кругами (периферией)

Сталь или сплав	Режим обработки		
	<i>S<sub>np</sub></i> , м/мин	<i>S<sub>ноп</sub></i> , м/мин	<i>S<sub>в</sub></i> , мм/об
P18, P18Ф2, P18K5Ф2, P6M5	<u>20÷23</u> 25÷30	<u>5÷6</u> 8÷10	<u>0,03÷0,06</u> 0,05÷0,1
P9, P9K5	<u>15÷20</u> 20÷25	<u>3÷4</u> 6÷8	<u>0,02÷0,04</u> 0,08÷0,06
ХВГ, 40ХН	<u>15÷20</u> 20÷25	<u>2÷3</u> 5÷7	<u>0,01÷0,03</u> 0,02÷0,04
12Х13, 40Х13	<u>15÷20</u> 20÷30	<u>5÷6</u> 8÷10	<u>0,03÷0,05</u> 0,05÷0,1
ВТ1, ВТ3	<u>15÷20</u> 20÷30	<u>5÷6</u> 8÷10	<u>0,03÷0,05</u> 0,05÷0,1
Сталь 35, 45	<u>25...0</u> -	<u>5...10</u> -	<u>0,05...0,2</u> -

## Изучение конструкции, кинематики и принципа действия зубодолбежного станка

### Назначение и устройство станка

Зубодолбежный полуавтомат мод. 5В12 предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес внешнего и внутреннего зацепления с прямыми зубьями.

В качестве режущего инструмента применяют долбяк. Схема нарезания зубьев ведется по методу обкатки (рис. 15).

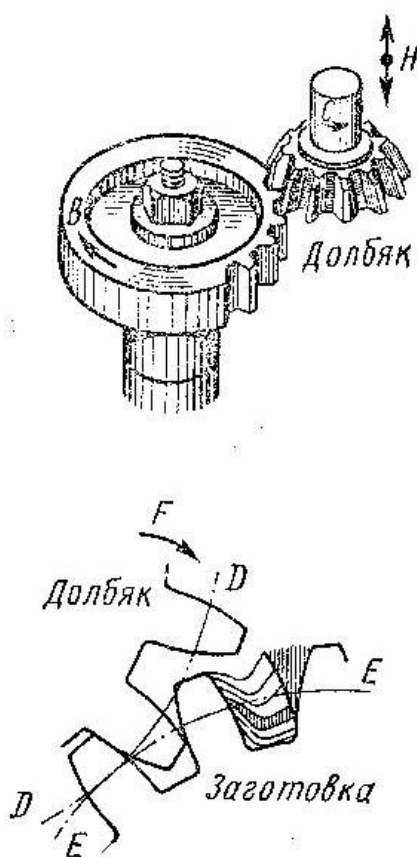


Рис. 15 - Схема нарезания зубьев долбяком

Станок имеет вертикальную компоновку и состоит из 3-х станин (рис. 16). Все узлы komponуются на нижней станине 1, в которой монтируется электро- и гидроаппаратура станка, резервуары для масла и охлаждающей жидкости. Средняя станина 2 крепится к нижней станине 1 болтами. В ней установлен стол 4 со шпинделем и червячной парой, механизм реверсирования, качания и регулирования величины отвода стола при холостом ходе. Стол 4 установлен на 2-х скалках.

Верхняя станина 3 крепится к средней станине 2. В ней смонтированы: главный вал кривошипно-шатунного механизма, механизм радиальных и круговых

подач, механизм реверсирования суппорта 12, механизм деления, механизм ручного поворота кулачков, механизм отката суппорта, конечный выключатель 19, кронштейн местного освещения и панель управления станком 16.

Суппорт 5 монтируется на направляющих верхней станины. В корпусе суппорта имеется штоссель, червячное колесо и червяк делительной пары, подвижная и неподвижная направляющие штосселя, механизм перемещения и установки суппорта, коромысло с сектором и масляный насос.

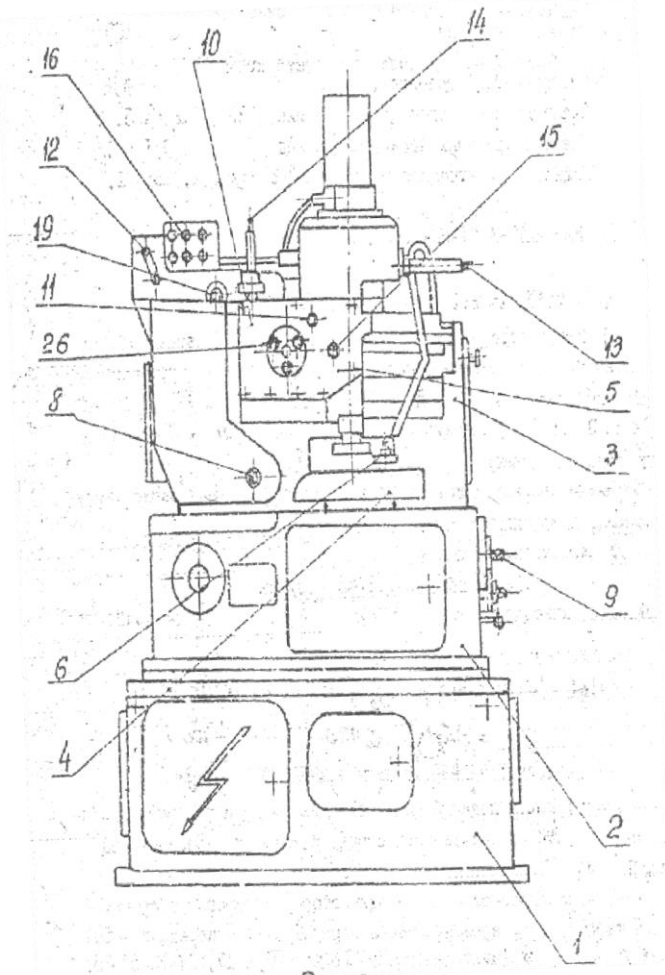


Рис. 16 - Общий вид станка 5B12

### Техническая характеристика станка

Модуль нарезаемых зубьев, мм	$m = 1 \dots 4$
Диаметр обрабатываемых колес наружного зацепления, мм	12...208
Наибольший диаметр колес внутреннего зацепления, мм	220
Наибольшая ширина нарезаемого зуба, мм	50
Наибольший ход штосселя, мм	5
Наибольшее продольное перемещение суппорта, (шпиндельной бабки), мм	250
Наибольшее расстояние от оси долбяка до оси стола, мм	150
Наибольший отход стола от режущей кромки инструмента, (долбяка), мм	0,5
Числа двойных ходов долбяка, дв. ход/мин	200; 315; 425; 600



Пределы круговых подач, мм/дв.ход	0,1...0,46
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,7

### Кинематика станка

Структурная и кинематическая схемы станка 5В12 изображены на рис. 17 и 18.

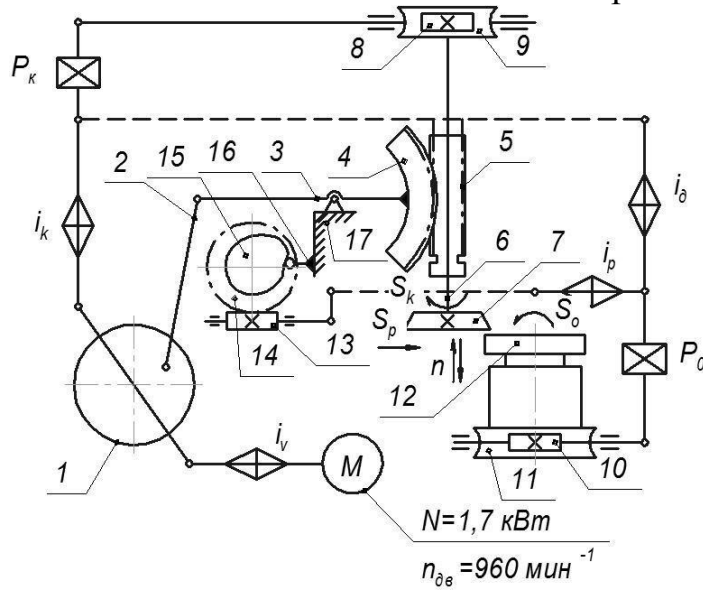


Рис. 17 - Структурная схема станка 5В12

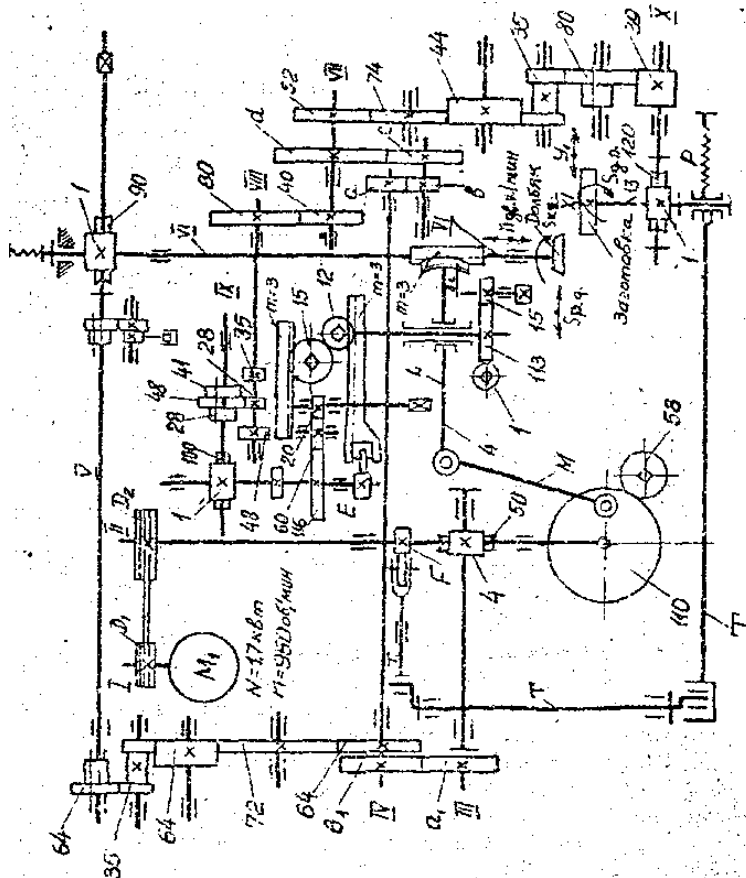


Рис. 18 - Кинематическая схема станка 5В12

**Главное движение.** Главным движением является возвратно-поступательное перемещение долбяка.

Движение передается от электродвигателя  $M$  ( $N = 1,7$  кВт,  $n_{дв} = 960$  мин<sup>-1</sup>) через орган настройки  $i_v$  (четырёхступенчатую клиноременную передачу  $D_1/D_2$ ), кривошипно-шатунный механизм 1-2-3, зубчатый сектор 4 и цилиндрическую рейку 5 штосселя на вал 6 с долбяком 7.

Число двойных ходов долбяка в минуту  $n$  равно частоте вращения кривошипного диска 1.

Расчетные перемещения главного движения:

$$n_{дв}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n, \text{ дв. ход/мин.}$$

**Движение круговой подачи ( $S_k$ ).** Круговая подача – это движение поворота долбяка по дуге делительной окружности за его двойной ход.

Расчетные перемещения круговой подачи:

$$1 \text{ дв. ход долбяка} \rightarrow S_k, \text{ мм/дв.ход.}$$

От кривошипного диска 1, за один оборот которого совершается один двойной ход долбяка, вращение через орган настройки  $i_k$  (гитару подач  $a_1/b_1$ ), реверсивную группу  $P_k$ , червячную пару 8-9 передается на вал 6 долбяку 7.

Уравнение кинематического баланса круговой подачи:

$$1 \cdot (4/50) \cdot a_1/b_1 \cdot (64/72) \cdot 72/64 \cdot (64/35) \cdot 35/64 \cdot (1/90) \pi d_d = S_k,$$

где  $d_d$  - диаметр делительной окружности долбяка. Формула настройки гитары круговой подачи:

$$a_1/b_1 = (385 \cdot S_k) / d_d,$$

где  $d_d = m \cdot z_d$  ( $m$  - модуль зуба долбяка,  $z_d$  - число зубьев долбяка).

**Движение обката ( $S_0$ ).** Цепь этого движения связывает вращение заготовки и инструмента. Эта связь осуществляется через червячную передачу 9-8, гитару деления  $i_d$  ( $a_1/b_1$ ) ( $c/d$ ), реверсивную группу  $P_o$ , червячную передачу 10-11 на стол с заготовкой 12.

Расчетные перемещения движения обката:

$$1/Z_d, \text{ об. долбяка} \rightarrow 1/Z, \text{ об. заготовки,}$$

где  $Z_d$  - число зубьев долбяка;  $Z$  - число зубьев нарезаемой заготовки.

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1/Z_d \cdot (1/90) \cdot 64/35 \cdot (35/64) \cdot 72/64 \cdot (a_1/b_1) \cdot c/d \cdot (52/74) \cdot 44/35 \cdot (80/39) \cdot 1/120 = 1/Z.$$

Формула настройки гитары деления:

$$(a/b) \cdot c/d = Z_d/Z.$$

**Движение радиальной подачи ( $S_{рад}$ ).** Радиальная подача осуществляется за счет врезания долбяка в заготовку перемещением шпиндельной бабки по направляющим станины под воздействием вращающегося кулачка (рис. 18). При вращении кулачок  $E$  за счет кривой подъема действует на ролик рейки и через реечную передачу перемещает суппорт с долбяком на величину врезания, равную величине подъема кулачка. Реечное устройство и пружины позволяют

уменьшить вибрации станка при откате суппорта.

Зубчатые колеса на станке могут обрабатываться за 1, 2 или 3 прохода. Для этого устанавливаются соответствующие кулачки (рис. 19). На участке  $ab$  (рис. 19, а) профиль кулачка имеет подъем. При вращении кулачка на этом участке суппорт шпиндельной головки перемещается вправо происходит врезание.

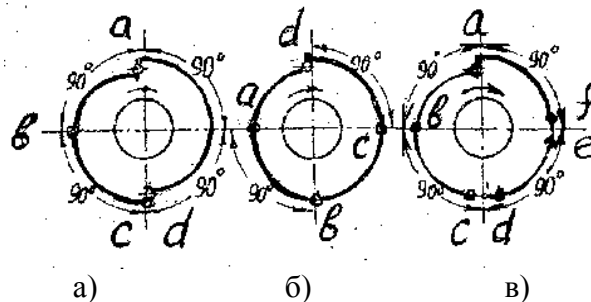


Рис. 19 - Кулачки радиальной подачи: а - однопроходный; б - двухпроходный; в - трехпроходный

На участке  $bc$ , охваченном дугой  $90^\circ$ , профиль очерчен по окружности и шпиндельная головка остается неподвижной в радиальном направлении. За этот период стол с заготовкой совершает один полный оборот. От точки  $d$  цикл повторяется. Такой кулачок называется однопроходным, при этом включена зубчатая передача 28/48 (рис. 18).

Расчетные перемещения движения радиальной подачи:

$1 \text{ об. заготовки} \rightarrow S \text{ рад, мм.}$

Уравнение кинематического баланса цепи:

$$1(120/1) \cdot 39/80 \cdot (80/35) \cdot 35/44 \cdot (44/74) \cdot 74/52 \cdot (40/80) \cdot 28/48 \cdot (1/100) = \\ = S \text{ рад.}$$

Двухпроходный кулачок (рис. 19, б) предназначен для обработки заготовки за два оборота, при этом включается передача 35/41 (рис. 18). Участки  $ab$  и  $cd$  обеспечивают врезание соответственно для первого и второго проходов.

Трехпроходный кулачок (рис. 19, в) применяется при обработке заготовки за три оборота с включением передачи 48/28 (рис. 18).

Участки  $ab$ ,  $cd$ ,  $ef$  соответствуют врезаниям при первом, втором и третьем проходах.

**Качательное движение стола.** Осуществляется от кулачка  $F$  (рис. 18) через систему рычагов. Пружина в конечном звене привода качания стола обеспечивает плавную и безударную работу механизма за счет создания предварительного натяга в соединениях.

**Вспомогательные движения станка.** К вспомогательным движениям станка относятся следующие перемещения:

- 1) ручное возвратно-поступательное перемещение долбяка через зубчатые колеса 58-110 (рис. 18);
- 2) ручной поворот кулачка радиальной подачи *E* через зубчатые колеса 20-60-116 (рис. 18);
- 3) ручное продольное перемещение суппорта посредством червячной передачи 1-132 или зубчатых колес 17-132, 15-15, двух реек (при отсоединении червячной пары 1-132);
- 4) ручное вращение долбяка через червячную пару 1-90;
- 5) ручное вращение стола с заготовкой через передачи 80-39, 1-120.

### **Наладка станка 5В12 на выполнение зубодолбежной операции**

Наладка станка выполняется в следующем порядке:

- 1) осуществляется крепление долбяка (необходимо убедиться в исправности его режущих кромок; опорное кольцо долбяка должно обеспечивать жесткое крепление инструмента; на шпинделе долбяк должен быть насажен плотно и без ударов);
- 2) производится крепление заготовки на оправке, вставленной в планшайбу стола (после установки оправки ее проверяют на биение, вращая стол при помощи съемной кривошипной рукоятки через квадрат 7 (рисунок 21), при этом рукоятка 17 должна находиться в нейтральном положении; биение оправки должно составлять не более 0,01 мм на расстоянии 200 мм от поверхности планшайбы стола; биение заготовки относительно оси оправки не более 0,02 ... 0,06 мм в зависимости от модуля, диаметра и класса точности колеса).
- 3) определяется скорость резания (*V*) и устанавливается число двойных ходов долбяка (*n*):

$$n = (1000 V)/(2 \cdot L),$$

где  $L = b + (5 \dots 7)$  мм – длина хода долбяка, *b* – ширина венца нарезаемого колеса. Установка числа двойных ходов на станке производится путем переустановки ремней четырехступенчатой клиноременной передачи на соответствующую ступень. Длина хода долбяка регулируется путем изменения радиуса вращения оси кривошипного пальца при помощи винта 22 (рис. 21), смонтированного в кривошипном диске.

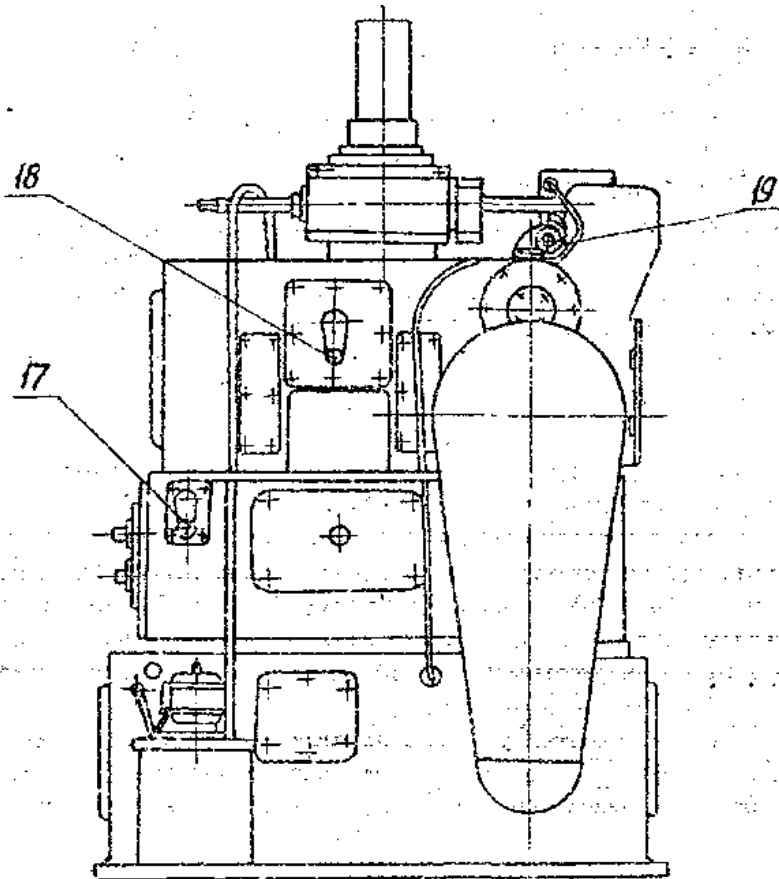


Рис. 20 - Вид сзади на станок 5B12

При этом необходимо отпустить гайку 20. Крайнее положение долбяка регулируется изменением длины шатуна 24, состоящего из двух частей. Для этого отпускают гайки 28, 23, затем подтягивают или отпускают винт

21. Проверку правильности настройки хода можно провести, сообщая вручную возвратно-поступательное движение долбяку через вал 8 с квадратным наконечником (рис. 16).

4) производится настройка гитары круговых подач по формуле

$$a_1/b_1 = 385 S_{кр}/d_{гр}$$

причем необходимо выдерживать условие  $a_1 + b_1 = 110$  для сменных зубчатых колес гитары 35, 40, 52, 58, 64, 70, 75.

Режимы резания при зубодолблении рекомендуется выбирать в зависимости от вида обработки, модуля и материала заготовки и инструмента (табл. 3).

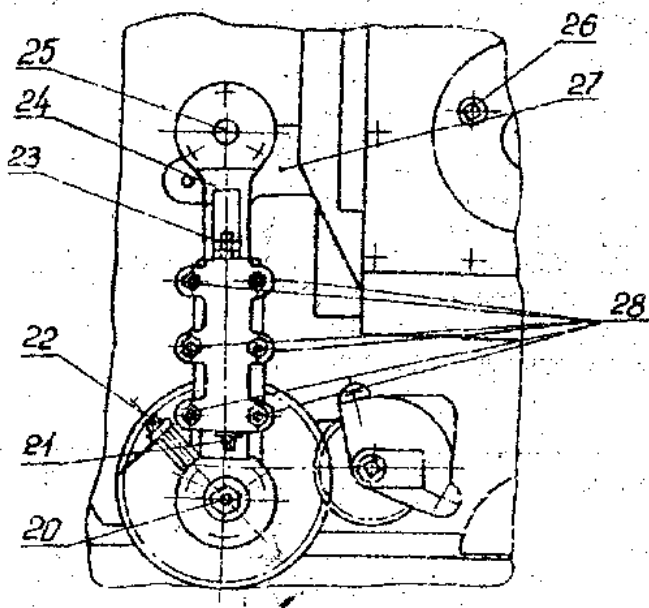


Рис. 21 - Кривошипно-шатунный механизм главного привода

Таблица 3. Рекомендуемые режимы резания при зубодолблении

Вид зубодолбления	Модуль $m$ , мм	Подача круговая $S_{кр}$ , мм/дв.ход	Скорость резания $V$ , м/мм
Черновое	$\leq 3$ 3,5...4,5	0,40...0,45 0,35...0,40	20...24 18...22
Чистовое сплошному металлу	по $\leq 3$ 3,5...4,5	0,20...0,25 0,20...0,25	22...25 20...23
Чистовое предварительно прорезанных зубьев	$\leq 3$ 3,5...4,5	0,20...0,25 0,20...0,25	25...30 24...28

Примечания: 1. Режимы даны для нарезания долбьяками из стали Р18 в один проход. При нарезании в два прохода и более режимы могут быть увеличены на 20 %. 2. В зависимости от обрабатываемого материала величины подач и скоростей необходимо умножить на поправочный коэффициент  $k_s$  и  $k_v$  (табл. 4).

Таблица 4. Поправочные коэффициенты при зубодолблении

Коэф-фициенты	Обрабатываемые материалы				
	Сталь				Чугун
	18ХГТ	30ХГТ	40Х	35, 45	
$k_s$	1,0	0,9	1,05	1,3	1,2
$k_v$	1,0	1,0	1,0	1,1	1,4

5) производится настройка механизма радиальной подачи при установке необходимого кулачка и переводе рукоятки 18 (рис. 20) в соответствующее положение (однопроходный кулачок применяется при модуле  $m \leq 2$  мм, двухпроходный – при  $(2 \text{ мм} < m \leq 3 \text{ мм})$ , трехпроходный – при  $m > 3$  мм);

б) выполняется установка долбяка на глубину врезания (равную высоте зуба нарезаемого зубчатого колеса с учетом длины врезания и перебега); Вращением валика 9 (рис. 16) приводят кулачок врезания в положение, соответствующее близкому окончанию обработки, т.е. к участку, вслед за которым ролик рейки попадает во впадину кулачка. После этого режущую кромку долбяка выводят примерно на середину высоты заготовки, при этом палец кривошипа должен находиться по левую сторону от центра кривошипного вала. Освободить гайки 26 (рис. 21), вывести червяк рукояткой 10 (рис. 16) из зацепления с колесом и, вращая валик 11, подвести долбяк к заготовке на расстояние 1 мм, червяк ввести в зацепление.

Поставить рукоятку 12 (рис. 16) в нейтральное положение и, вращая валик 13, подвести зуб долбяка в положение, при котором линия симметрии зуба долбяка совпадает с прямой линией, соединяющей центр долбяка с центром заготовки.

Вращением ролика 14 подвести зуб долбяка до касания с заготовкой, затем – перевести долбяк в крайнее верхнее положение. Поставить кольцо с делением валика 14 на "0", вращая валик, установить глубину врезания, равную высоте зуба. Затянуть гайки 26 (рис. 21) и, вращая валик 9 (рис. 16), перевести ролик рейки в выемку кулака.

Рукоятки 12 (рис. 16), 17 (рис. 20) поставить обе вправо или влево при нарезании внешнего зацепления или одну – влево, другую – вправо при нарезании внутреннего зацепления;

7) производится настройка гитары обката (деления) путём подбора сменных колёс по формуле:

$$(a/b) \cdot (c/d) = z_d/z_z.$$

Межосевое расстояние колёс  $a$  и  $b$  и сумма зубьев постоянны ( $a+b = 120$ ), кроме того при расчёте чисел зубьев сменных колёс  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  колесо ( $c$ ) выбирается с числом зубьев, кратным числу зубьев долбяка.

Набор сменных зубчатых колёс гитары обката ( $m = 1,5$  мм, ширина  $b = 18$  мм, диаметр отверстия  $\varnothing 22A$ ) включает следующие числа зубьев: **24, 25, 27, 28, 30, 31, 36, 38, 40, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60, 62, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 92, 94, 96, 98.**

### Контрольные вопросы

- 1) Принцип работы основных узлов станка 5В12.
- 2) Кинематические цепи и расчётные перемещения формообразующих движений станка.
- 3) Виды гитар сменных колёс, особенности их настройки.

4) Особенности нарезания зубьев по методу обката (деления) и последовательность наладки станка.

## Практическая работа № 5

### Изучение конструкции, кинематики и принципа действия зубофрезерного полуавтомата

#### Назначение станка

Зубофрезерный станок повышенной точности модели 5А308П предназначен для фрезерования прямозубых цилиндрических колес из чугунов, сталей, легких сплавов и пластмасс в условиях мелкосерийного, серийного и крупносерийного производств машино- и приборостроения [6, 7].

Станок при чистовых режимах обеспечивает 6-ю степень точности обработанных зубчатых колес по ГОСТ 9178-79 при условии нарезания червячными модульными фрезами класса 3а.

Нарезание прямозубых цилиндрических колес производится червячной фрезой методом обкатки. Червячной фрезе и заготовке сообщается такое вращательное движение, которое выполнялось бы червячной передачей, состоящей из червяка и червячного колеса. Вследствие вращательного движения фрезы и заготовки профили режущих кромок зубьев фрезы занимают относительно профиля зубьев колеса ряд положений, изображенных на рис. 22, эвольвентные профили зубьев колеса образуются при этом как огибающие точек кромок фрезы.

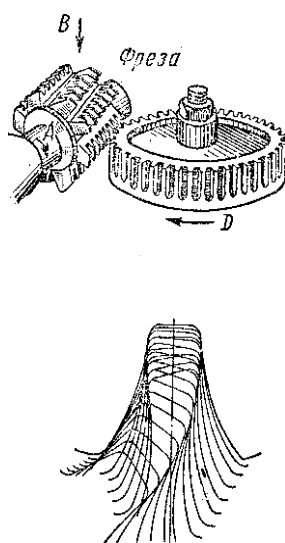


Рис. 22. Схема зубофрезерования зубчатых колес методом обкатки



## Техническая характеристика станка

Наибольший модуль нарезаемых колес, мм .....	1
Наружный диаметр нарезаемого колеса наибольший, мм .....	80
Наибольшая длина фрезерования, мм .....	72
Число нарезаемых зубьев.....	8...51
Число скоростей фрезерного шпинделя.....	6
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, $\text{мин}^{-1}$ ..	202...2040
Количество ступеней подач.....	7
Пределы подач на один оборот изделия, мм/об .....	0,1...1,42
Диаметр фрезы, мм.....	24...30
Максимальная допустимая частота вращения заготовки, $\text{мин}^{-1}$ ..	64
Мощность электродвигателя главного привода, кВт.....	0,6

Комплект сменных зубчатых колес гитары деления, число зубьев.....24, 25 (2 шт.), 34, 40,48 (2 шт.), 50, 60 (3 шт.), 70, 72 (2 шт.), 74, 76, 78, 81, 82, 86 (2 шт.), 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98, 100, 102, 104, 110, 112, 116, 120, 124, 125, 126.

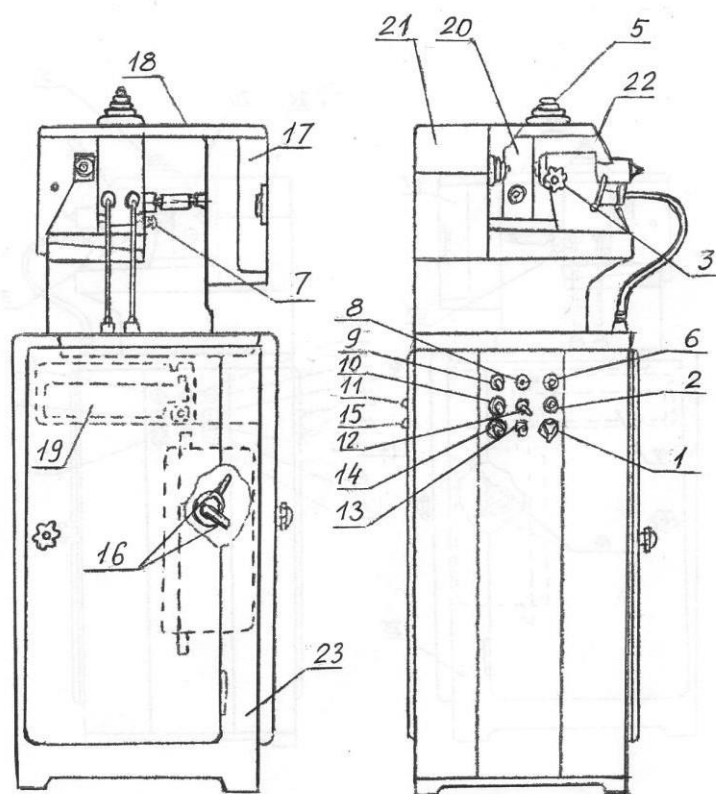


Рис. 23 - Общий вид станка 5А308П

### Основные узлы станка и органы управления

Общий вид станка 5А308П приведен на рис. 23. Станок состоит из следующих основных элементов:

1- переключатель режима

работы; 2- кнопка быстрого

- отвода каретки; 3- рукоятка зажима пиноли задней бабки;
- 4- рукоятка зажима детали;
- 5- лимб установки межосевого расстояния;
- 6- кнопка быстрого подвода каретки;
- 7- кулачки для установки длины хода каретки;
- 8- сигнальная лампа верхнего положения суппорта каретки;
- 9- кнопка «пуск» станка; 10- кнопка «стоп» станка; 11- главный выключатель;
- 12 - переключатель подъема суппорта;
- 13 - включение освещения;
- 14 - включение охлаждения;
- 15 - сигнальная лампа «станок под напряжением»;
- 16 - рукоятка переключения коробки скоростей;
- 17 - гитара деления;
- 18 - гитараподач;
- 19 - сменные шестерни;
- 20 - шпиндельная бабка;
- 21 - бабка изделия;
- 22 - задняя бабка;
- 23 - станина.

## Кинематика станка

Кинематическая схема станка 5А308П изображена на рис. 24.

**Главное движение.** Главным движением в станке является вращение червячной модульной фрезы, которое она получает от электродвигателя  $M1$  через зубчатые колеса 32-88, коробку скоростей, клиноременную передачу  $D_1-D_2$ , шарнирно-телескопическое соединение на шпиндель XII фрезы.

Расчетные перемещения главного движения:

$$n_{э/д}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{фр}, \text{ мин}^{-1}.$$

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{фр} = 2850 \cdot (32/88) \cdot i_{к.с.} \cdot (D_1/D_2) \cdot \eta,$$

где  $i_{к.с.}$  - передаточное отношение коробки скоростей;  $\eta$  - коэффициент проскальзывания ременной передачи ( $\eta = 0,985$ ).

Переключением блока шестерен 40, 67, 53 на валу VIII и блока 40, 80 на валу X на выходе коробки скоростей обеспечивается 6 различных частот вращения.

**Движение деления.** Связывает вращение фрезы через вал XI, гитару деления ( $a, b, c, d$ ), валы XIV, XV, червячную пару 1-50, вал V с заготовкой зубчатого колеса.

Расчетные перемещения движения деления:

1 об. фрезы  $\rightarrow k/z$  об. заготовки. Уравнение кинематического баланса цепи деления:

$$1 \text{ об. фрезы} \cdot (a/b) \cdot (c/d) \cdot (1/50) = k/z,$$

где  $k$  - число заходов фрезы;  $z$  - число зубьев заготовки.

**Движение подачи.** Связывает вращение заготовки через винтовую пару 20-67, вал III, сменные шестерни  $e-f$  гитары подачи, через обгонную муфту  $M_0$ , вал II, винтовую пару 23-25, вал IV, через пару винт-гайка ( $t = 2 \text{ мм}$ ) с фрезерной кареткой.

Расчетные перемещения цепи подачи:

$$\text{За 1 об. загот.} \rightarrow S, \text{ мм/об.}$$

За один оборот заготовки величина подачи определится из уравнения кинематического баланса:

$$1 \text{ об. загот.} \cdot (67/20) \cdot e/f \cdot (23/35) \cdot 2 = S, \text{ мм/об.}$$

Ускоренное перемещение фрезерной каретки осуществляется от двигателя  $N = 0,08 \text{ кВт}$ ,  $n = 1390 \text{ мин}^{-1}$  через шестерни 40, 40, 76, вал II, винтовую пару 23, 35, винт и гайку с шагом  $t = 2 \text{ мм}$ .

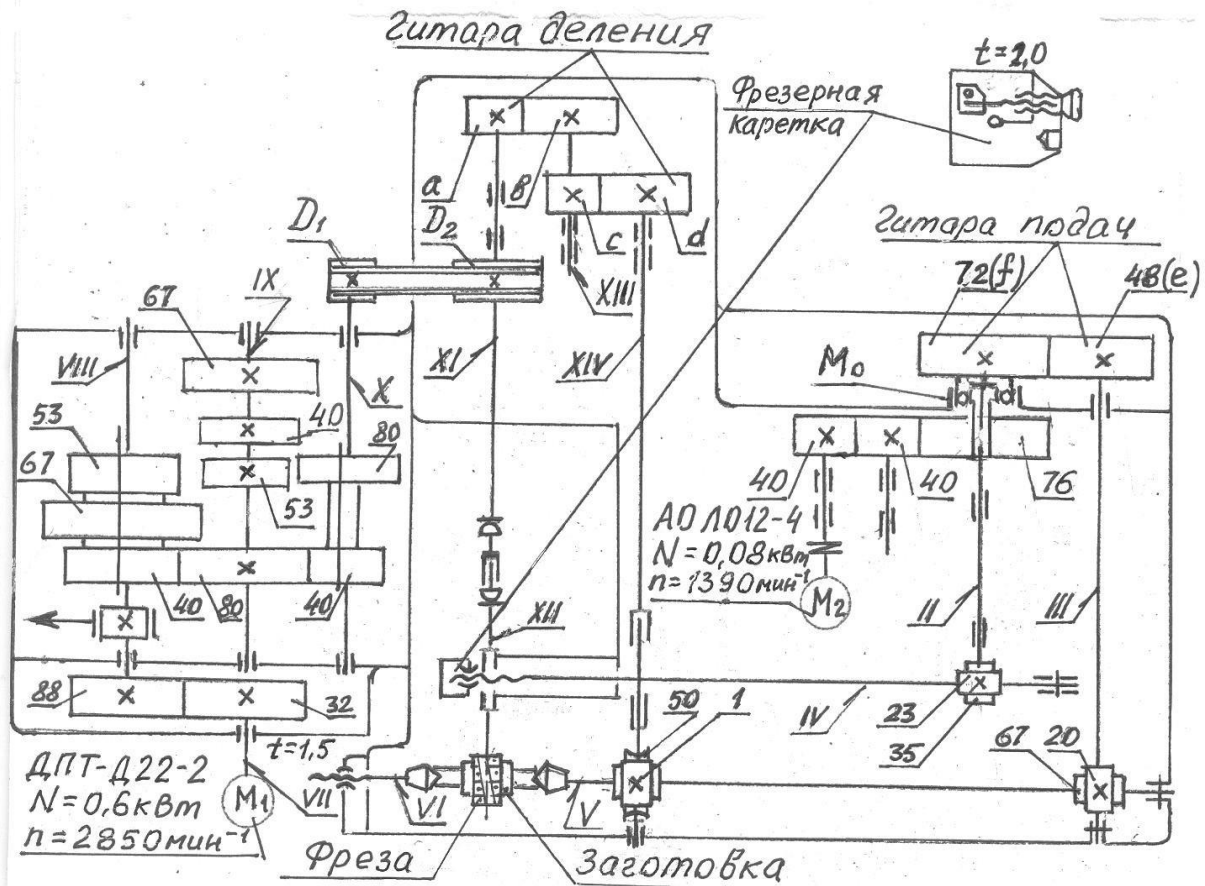


Рис. 24 - Кинематическая схема станка 5А308П

## Наладка станка 5А308П на выполнение зубофрезерной операции

### Настройка главного движения

Необходимая частота вращения шпинделя ( $n_{фр}$ ) рассчитывается в зависимости от диаметра червячной модульной фрезы  $D_{фр}$  и от скорости резания  $V$ , которая выбирается из справочной литературы (либо по табл. 5):

$$n_{фр} = 1000 \cdot V / (\pi D_{фр}).$$

Примечание: 1. При невозможности уменьшить подачу нарезку зубьев производить в 2 прохода.

2. При нарезании зубчатых колёс из текстолита подачу брать по латуни с коэффициентом 1,80 и скорость резания – с коэффициентом 1,20.

3. При нарезании чугунных зубчатых колёс режим резания определяется по нержавеющей стали: брать подачу с коэффициентом 2,0, а скорость резания – с коэффициентом 1,0.

Если станок нельзя настроить на требуемую по расчёту частоту вращения шпинделя, его настраивают на ближайшую к расчётной (меньшей) частоте вращения.

Таблица 5. Режимы резания при нарезании цилиндрических зубчатых колёс с прямым зубом червячной однозаходной модульной фрезой [2, 3]

Модуль <i>m</i> , мм	Высота зуба <i>h</i> , мм	Обрабатываемый материал					
		Латунь и бронза средней твёрдости за один проход		Сталь $\sigma_s=600...750$ <i>H/мм<sup>2</sup></i> за два прохода		Нержавеющая сталь $\sigma_s=850$ <i>H/мм<sup>2</sup></i> за один проход	
		Подача на оборот заготовк и <i>S</i> , мм	Скоро сть резания <i>V</i> , <i>м/мин</i>	Подача на оборот заготовки <i>S</i> , мм	Скоро сть резания <i>V</i> , <i>м/мин</i>	Подача на оборот заготовк и <i>S</i> , мм	Скоро сть резания <i>V</i> , <i>м/мин</i>
0,15 0,20	0,33 0,44	0,60	100	0,25  0,34	45	–	–
0,25 0,30	0,55 0,66	0,55				0,20 0,25	30
0,40 0,50	0,88 1,10	0,50				0,35 0,30	28
0,70 0,80	1,54 1,76	0,45	100	–	–	0,25 0,25	27
1,00 1,25	2,20 2,75	0,40	90 80	–	–	–	–

### Настройка гитары деления

На основании уравнения кинематического баланса движения деления определяется формула настройки гитары деления:

$$(a/b) \cdot c/d = 50 k/z,$$

где *a*, *b*, *c*, *d* - соответственно шестерня и зубчатые колёса гитары, выбираемые из комплекта сменных зубчатых колёс, которыми укомплектован станок 5А308П; *k* - число заходов червячной модульной фрезы; *z* - число зубьев нарезаемой заготовки.

При подборе одним из известных методов (табличным, либо разложения на множители) определяют число зубьев шестерни и зубчатых колёс гитары, выдерживая при этом ограничения по условию сцепляемости:

$$\begin{cases} \mathbf{a + b \geq c + 20;} \\ \mathbf{c + d \geq b + 20.} \end{cases}$$

**Пример.** Подобрать двухпарную гитару сменных колёс для нарезания заготовки (*z* = 48) однозаходной (*k* = 1) червячной фрезой. Подставляя в формулу настройки заданные значения, получаем выражения:

$$(a/b) \cdot c/d = 50 \cdot (1/48).$$

Выбирая из комплекта зубчатые колёса, умножаем числитель и знаменатель на один и тот же сомножитель, учитывая наличие в комплекте нескольких колёс с одинаковым числом зубьев, например, 60 (3 шт.). Отсюда

$$(a/b) \cdot (c/d) = (50/48) \cdot (60/60).$$

Проверив по условию сцепляемости,

$$\left\{ \begin{array}{l} 50 + 48 \geq 60 + 20; \\ 60 + 60 \geq 48 + 20, \end{array} \right.$$

приходим к заключению о возможности установки двухпарной гитары деления для заданных условий с подобранными значениями чисел зубьев ( $a = 50; b = 48; c = 60; d = 60$ ).

### Настройка гитары подач

Величина подачи настраивается сменными зубчатыми колёсами ( $e, f$ ), которые выбираются из общего станочного комплекта.

Формула настройки гитары подач:

$$e/f = S/0.30,$$

где  $e$  - шестерня;  $f$  - зубчатое колесо;  $S$  - подача, мм за 1 оборот заготовки. Величина  $S$  берётся в зависимости от модуля по табл. 5.

Далее, пользуясь табл. 6, определяем числа зубьев сменных зубчатых колёс гитары подач.

Таблица 6 - Настройка гитары подач

Подача $S$ , мм на 1 оборот заготовки	Числа зубьев сменных зубчатых колес	
	$e$	$f$
0,1	25	95
0,152	34	86
0,253	48	72
0,38	60	60
0,57	72	48
0,96	86	34
1,42	95	25

### Последовательность наладки станка на выполнение работы

1) Устанавливают, выверяют и закрепляют червячную фрезу. Фреза устанавливается на консольной конусной посадочной шейке шпинделя фрезы и зажимается гайкой. Торцевое биение фрезы не должно превышать 0,01 мм.

2) Устанавливают, выверяют и закрепляют заготовку. Заготовка должна быть надежно зафиксирована на оправке, а оправка – в центрах поводкового патрона и задней бабки. Далее, поворачивая заготовку вручную, проверяется

радиальное биение с помощью индикатора часового типа. Допускается биение 0,01 ... 0,04 мм в зависимости от модуля, диаметра и степени точности нарезаемого колеса.

3) Устанавливают частоту вращения фрезы. Установка выбранной в соответствии с требуемой скоростью резания частоты вращения выполняется поворотом рукояток коробки скоростей в необходимое (по схеме) положение.

4) Настраивают гитару деления (см. 2.2.2).

5) Настраивают гитару подач (см. 2.2.3).

6) Устанавливают глубину и длину фрезерования. Для установки глубины фрезерования используется микрометрическая головка на фрезерной каретке. Отсчет установленного межосевого расстояния производится совмещением соответствующего деления на лимбе с риской на кольце. Длина хода фрезерной каретки регулируется упорами, расположенными наподкареточной плите.

7) Осуществляют пуск станка. Перед пуском необходимо убедиться в правильности наладки станка (п.п. 1...6), в заполненности системы смазки по уровню риски маслоуказателя (система смазки – принудительная).

8) Останавливают станок и снимают деталь. По окончании обработки заготовки зубчатого колеса каретка доходит до упора, гасится конечный выключатель. С помощью рукоятки на задней бабке освобождается изделие от зажима. Обработка заканчивается.

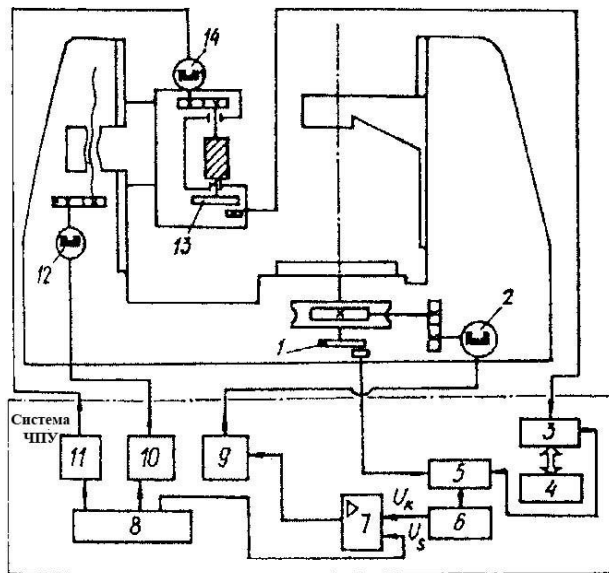


Рис. 25 - Структурная схема зубофрезерного станка с ЧПУ и разомкнутой кинематикой

### Контрольные вопросы

- 1) Принципы работы основных узлов станка 5А308П.
- 2) Кинематические цепи и расчетные перемещения формообразующих движений станка.

3) Отличительные особенности кинематики станков 5А308П и станка с ЧПУ KS300NC.

4) Последовательность настройки и наладки станка 5А308П на операцию зубофрезерования.

5) Особенности контроля и проверки зубчатых колес.

### Практическая работа № 6 Изучение конструкции, кинематики и принципа действия зубострогательного полуавтомата

#### Общие сведения

Нарезание прямозубых конических колес производится в основном по методу обкатки на специальных зубострогальных станках (мод. 5П23БП, 5А26, 526 и др.) [2, 3].

Сущность метода обкатки состоит в том, что на станке воспроизводится зацепление нарезаемого зубчатого колеса с воображаемым плоским "производящим" колесом (круговой рейкой).

В процессе нарезания зубьев конических колес производящее колесо является воображаемым, зубья его воспроизводятся в пространстве движущимися режущими кромками двух резцов, которые как бы находятся в зацеплении с нарезаемой заготовкой. Профили режущих кромок инструмента приняты прямолинейными, а профили зубьев нарезаемого колеса получаются в процессе обработки как огибающие боковых поверхностей зубьев плоского колеса. Зубья плоского колеса имеют в поперечном сечении форму равнобокой трапеции. На станке роль плоского колеса выполняет люлька с движущимися резцами.

Производящее колесо может быть не только плоским, но и конусным. При конусном производящем колесе резцы движутся в плоскости 1-1 (рис. 26), перпендикулярной к оси производящего колеса  $\theta-\theta_2$ . Следовательно, заготовку нужно установить так, чтобы ее ось  $\theta-\theta_1$ , была наклонена к плоскости вершин зубьев производящего колеса на угол  $\psi$ :

$$\psi = \varphi - \gamma,$$

где  $\varphi$  – половина угла начального конуса нарезаемого колеса;  $\gamma$  – угол ножки его зуба.

Конусное производящее колесо отличается от плоского тем, что половина угла при вершине начального конуса составляет  $(90^\circ - \gamma)$ . Для каждого размера зубьев нарезаемых колес угол  $\gamma$  будет различным. Поэтому при плоском производящем колесе, у которого  $\gamma = 90^\circ$ , каждый раз приходилось бы изменять положение резцовых суппортов, что усложнило бы конструкцию станка. Использование же конусного производящего колеса приводит к ошибке профиля зуба (отклонение от эвольвенты). Однако ошибка не выходит за пределы допуска на изготовление, так как число зубьев плоского колеса:

$$z_{пл} = z / \sin \varphi,$$



а число зубьев конусного производящего колеса:

$$z'_{nl} = (z/\sin\varphi) \cos\varphi.$$

Обычно  $\gamma \leq 3^\circ$ , тогда  $\cos\gamma \geq 0,998$  и приближенно принимается:

$$z_{nl} \approx z'_{nl} = z/\sin\varphi,$$

где:  $z$  – число зубьев нарезаемой заготовки.

Такое производящее колесо иногда называют "условно плоским" производящим колесом.

На рис. 27 изображена схема нарезания конического колеса по методу обкатки. Люлька 2 вращается попеременно в одну и другую сторону вокруг оси  $0-0_2$ , а вокруг оси  $0-0_1$  вращается также в обе стороны нарезаемое коническое колесо 5. Если на люльке 2 закрепить плоское производящее колесо 3 и ввести с ним в зацепление колесо 5, то зубья их при зацеплении будут обкатываться: зубья плоского колеса с прямолинейным профилем будут обкатывать эвольвентные профили зубьев конического колеса. Два резца образуют как бы профиль междузубой впадины плоского колеса. При поступательном движении они прорезают зубья на заготовке, а одновременное вращение их вокруг оси люльки выполняет обкатку зубьев, и резцы с прямолинейными профилями формируют эвольвентные профили нарезаемых зубьев.

Для осуществления обкатки вращение люльки согласовывается с вращением заготовки посредством гитары сменных колес 1 и цепи обкатки 6.

Правильное нарезание зубьев определяется установкой заготовки относительно центра станка  $0$ . Центром станка называется постоянная точка, в которой пересекаются:

- ось шпинделя заготовки  $0-0_1$ ;
- ось люльки  $0-0_2$ ;
- ось поворота стола  $1-1$ ;
- линии движения острия резцов.

В зубострогальных станках применяются два вида обкатки: раздельная и комплексная.

При нарезании конических колес с раздельной обкаткой вращается люлька и нарезаемое зубчатое колесо (мод. 5П23БП, 5А26 и др.). При комплексной обкатке производящее колесо (люлька) неподвижно, а обрабатываемое зубчатое колесо воспроизводит сложное движение качения по неподвижному производящему колесу - коронной шестерне (мод. 523 и др.).

По способу деления, т.е. по способу осуществления перехода от обработки одного зуба к обработке следующего, станки можно разделить на работающие методом периодического деления и методом непрерывного деления. В станках с периодическим делением (мод. 5П23БП, 526 и др.) деление осуществляется в таком положении, когда инструмент выведен из соприкосновения с заготовкой, а движение резания кинематически не связано с вращением заготовок. Цикл обработки повторяется столько раз, сколько зубьев имеет нарезаемое колесо.

В станках с непрерывным делением (мод. 5284) режущая кромка инструмента после каждого его оборота (или двойного хода) попадает в другую впадину

зубьев заготовки, как это имеет место при нарезании цилиндрических колес червячной фрезой или червячных колес летучим резцом. При этом кинематическая цепь инструмента и заготовки не нарушается в течение всего времени обработки, т.е. делительное движение происходит и во время резания. Метод непрерывного деления применяется в тихоходных зубострогальных станках для нарезания крупных конических колёс, работающих одним резцом. Прямозубые конические колеса на станке 5П23БП нарезаются зубострогальными чистовыми резцами специальной конструкции или чистовыми резцами (рис. 28) из стали Р9К10. Задние углы при резании образуются в результате того, что резцедержатель наклонён к линии движения резца на угол  $\alpha_0 = 12^\circ$ . Режущая кромка резца  $AC$  перпендикулярна направлению его движения. Профильный угол  $\alpha$  принимается равным номинальному углу зацепления ( $\alpha = 20^\circ$ ).

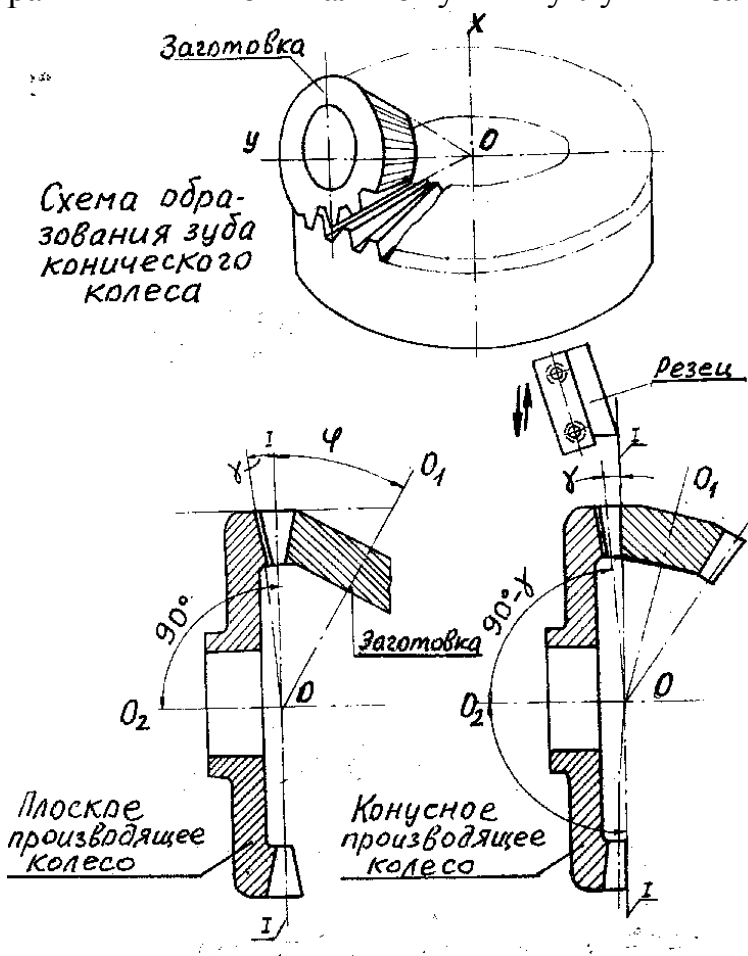


Рис. 26 - Схема нарезания зубьев конических колёс

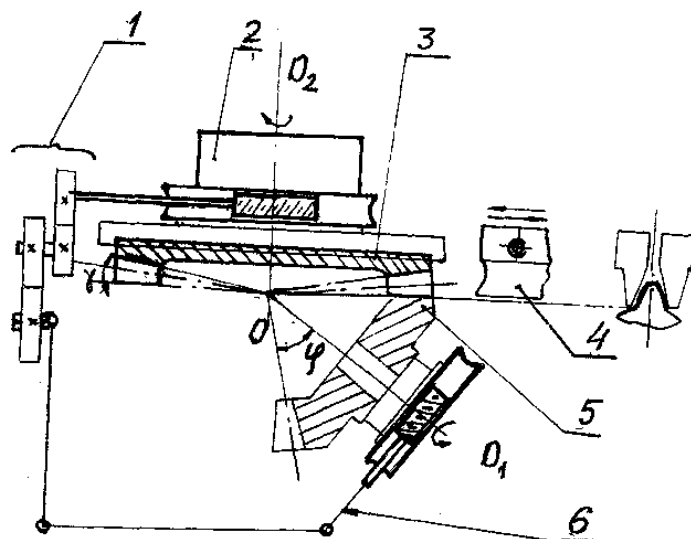


Рис. 27 - Принципиальная схема нарезания конических колес на зубострогальном станке по методу обкатки:

- 1 - гитара обкатки; 2 - люлька, 3 - плоское производящее колесо; 4 - зубострогальный резец; 5 - нарезаемое коническое колесо; 6 - цепь обкатки

Угол передней заточки  $\gamma_n$  принимают:

- для обработки стали -  $20^\circ$ ;
- для обработки вязкой стали - до  $25^\circ$ ;
- для обработки бронзы и латуни - до  $10^\circ$ ;
- для обработки зубчатых колес мелкого модуля -  $0^\circ$ .

При нарезании зубчатых колес со средними и крупными модулями применяют черновые и чистовые резцы, которые отличаются геометрией заточки передней поверхности.

Правильность заточки резцов контролируется калибром.

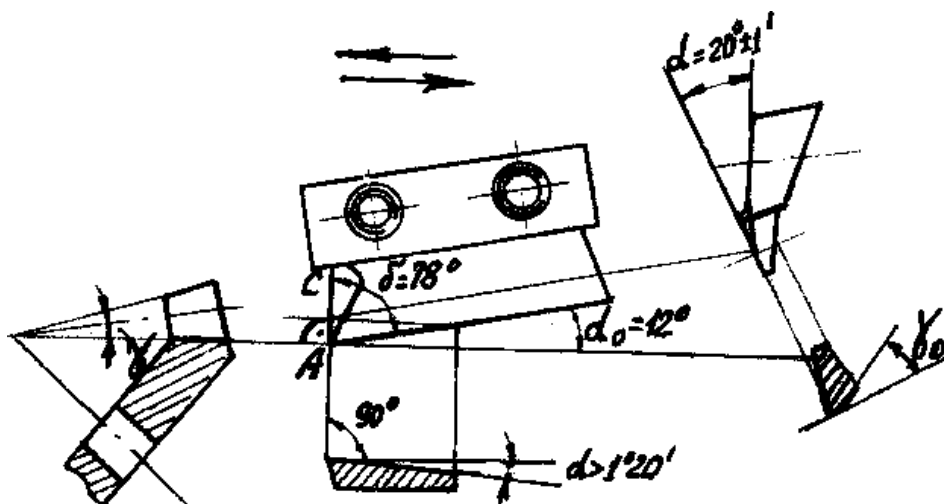


Рис. 28 - Зубострогальный чистовой резец

## Технические характеристики станка

Зубострогальный полуавтомат мод. 5П23БП повышенной точности предназначен для нарезания методом обкатки прямозубых конических колес в основном в условиях мелкосерийного и единичного производства в машиностроении и приборостроении. Нормальной является точность 6–7 степени. Зубчатые колеса модулем меньше 0,5 мм нарезать на станке не рекомендуется.

Машинное время обработки одного зуба

$$T_m = S + 4,7 \text{ с,}$$

где  $S = (3,5 + 112) \text{ с/зуб.}$

Сменные зубчатые колеса:

а) для настройки числа двойных ходов резца ( $m = 2 \text{ мм}$ ): 29; 34; 39; 45; 50; 56; 61; 66;

б) гитары подачи, обкатки и деления ( $m = 1,5 \text{ мм}$ ): 24; 30; 31; 33; 34; 36; 37; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 46; 47; 48; 50; 52; 54; 56; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 66; 67; 68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 79; 80; 82; 83; 86; 89; 90; 91; 93; 94; 97; 100; 104; 109; 116.

### Техническая характеристика

Наибольший модуль, мм	$m = 1,5$
Наибольшая длина нарезаемого зуба, мм	$l_z = 20$
Длина образующей делительного конуса, мм	7...63
Наибольший диаметр делительной окружности нарезаемого колеса, мм	при $i=10$ : 1...125
	при $i=2$ : 1...110
	при $i=1$ : 1...90
Наибольшее передаточное отношение нарезаемой пары при угле между осями $90^\circ$	10 : 1
Диапазон нарезаемых чисел зубьев	10...200
Установочный угол бабки изделия, град	4...90°
Пределы чисел двойных ходов резцов, мин	160...800
Число скоростей	8
Наибольший угол качания люльки от нуля, град	35
Наибольший угол установки суппортов, град	8
Наибольший ход резца, мм	28
Необходимый выход резца из изделия	с тонкого конца зуба, 3 мм
	с толстого 5 мм
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1

### Основные узлы и органы управления

Станок состоит из следующих основных узлов (рис. 29):

1 - электродвигатель гидропривода;

2 - электродвигатель главного движения;

- 3 - реверсивный механизм (под крышкой);
- 4 - станина;
- 5 - гитара обкатки;
- 6 - кран охлаждения; 7 - передняя бабка;
- 8 - пульт управления; 9 - люлька;
- 10 - резцовые суппорты; 11 - стол;
- 12 - бабка изделия;
- 13 - лимб вертикального смещения шпинделя изделия относительно
- оси вращения люльки (лимб гипоидного смещения);
- 14 - механизм зажима заготовки; 15 - лимб смещения стола;
- 16 - лимб установки припуска двухпроходным механизмом;
- 17 - квадрат для ручной установки бабки с заготовкой на базовое расстояние "K";
- 18 - квадрат ручного перемещения стола;
- 19 - рукоятка подвода-отвода стола и зажима заготовки;
- 20 - лимб установки поворотного сегмента винтового механизма;
- 21 - вентиль регулирования охлаждения масла.

Резцы крепятся в резцедержателях суппортов и устанавливаются в определенном положении при помощи специального прибора и шкал. Заготовка крепится на оправке посредством гидравлического зажимного патрона.

При необходимости смещения стола при отключенной гидросистеме в конструкции предусмотрен механизм ручного подвода и отвода стола 18.

По окончании обкатки зуба бабка с заготовкой отводится назад, а люлька начинает быстро поворачиваться в обратную сторону. При этом заготовка продолжает вращаться в ту же сторону, что и при рабочем ходе. К моменту начала следующего цикла будет пропущено определенное число зубьев, не имеющее общего множителя с числом зубьев нарезаемого колеса.

При нарезании конических колес с  $\varphi = 4...70^\circ$  стол быстро подходит к жесткому упору станины и в течение всего рабочего цикла остается в неподвижном состоянии. А врезание инструмента осуществляется в процессе обкатки.

При нарезании плоских конических колес с углом  $\varphi = 70...85^\circ$  в начале рабочего цикла до определенного момента стол медленно подается вперед одновременно с обкаткой и происходит врезание инструмента (комплексная подача). Достигнув определенной глубины зуба, врезание прекращается, и происходит профилирование зуба (обкатка) при неподвижном положении стола.

На станке установлен электродвигатель главного движения  $N = 1 \text{ кВт}$  и электродвигатель гидропривода  $N_1 = 1 \text{ кВт}$ . От токов короткого замыкания в электроцепи предусмотрены плавкие предохранители, а от перегрузки – тепловые реле. Станок должен быть надежно заземлен.

По окончании нарезки зубьев станок выключается при помощи счетного устройства с микропереключателем.

Станок имеет водяной теплообменник, встроенный в станину для охлаждения масла гидросистемы; тип – трубчатый радиаторный (расход воды 1200 л/ч при  $P = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}^2$ ). Слив воды из теплообменника осуществляется в канализацию.

Вода подключается к присоединительным штуцерам бака теплообменника. Температурный перепад масла после охладителя не ниже 10 °С. В бак гидросистемы заливается 50 л масла - Индустриальное – 20 (ГОСТ 1707-71).

Смазка станка автоматическая, за исключением осей резцедержателей, которые смазываются с помощью ручной масленки.

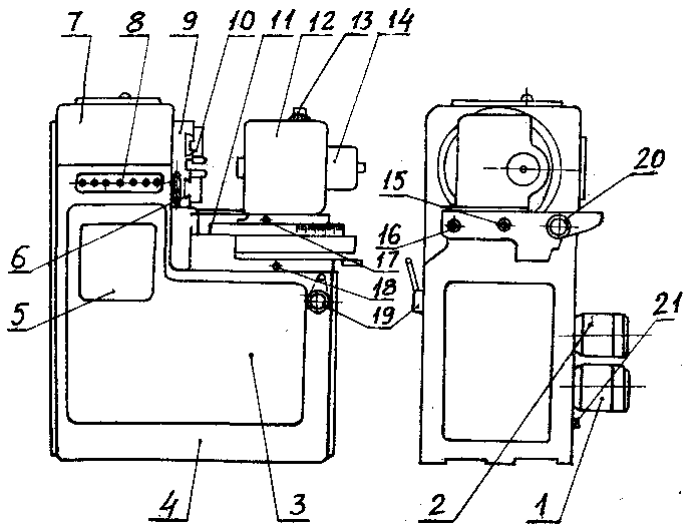


Рис. 29 - Общий вид станка 5П23БП

### Кинематика станка

Кинематическая схема станка 5П23БП изображена на рис. 30.

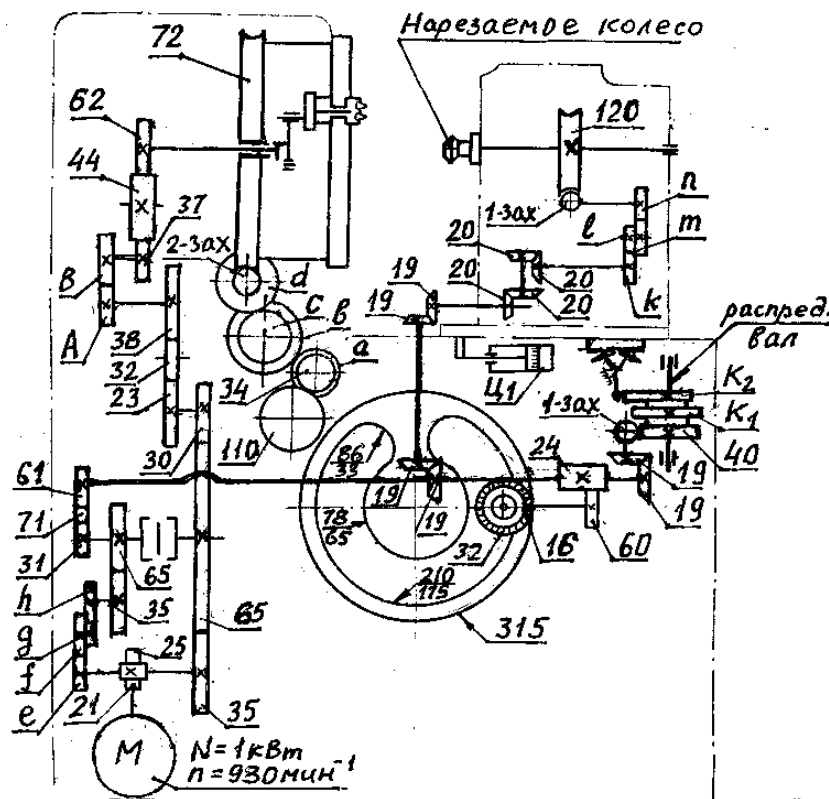


Рис. 30 - Кинематическая схема полуавтомата модели 5П23БП:

(для составного колеса в числителе - число зубьев в полной окружности, в знаменателе - число зубьев соответственно в части окружности)

**Главное движение.** Главным движением в станке является возвратно-поступательное перемещение резцов, которое они получают от электродвигателя  $M$  ( $N = 1 \text{ кВт}$ ,  $n_{90} = 930 \text{ мин}^{-1}$ ) через винтовую пару (21-25), зубчатые колёса (35-65-30-23-32-38), гитару сменных колёс (A-B), зубчатые

колёса (37-44-62) на кривошипно-шатунный механизм движения зубострогальных резцов.

Расчётные перемещения:

$$n_{\text{эд}}, \text{ мин}^{-1} \rightarrow n_{\text{дв.х./мин}}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$930 \cdot (21/25) \cdot (35/65) \cdot 65/30 \cdot (23/52) \cdot 52/36 \cdot (A/B) \cdot 37/44 \cdot (44/62) = n_{\text{дв.х.}}$$

Формула настройки числа двойных ходов резцов:

$$A/B = (3/100) \cdot n_{\text{дв.х.}}$$

Число двойных ходов определяется по формуле

$$n_{\text{дв.х.}} = 1000 \cdot V / [2 \cdot (b+l)],$$

где  $b$  – длина нарезаемого зуба, мм;  $l = (l_1 + l_2)$  – длина выхода резца из заготовки с тонкой и широкой сторон.

Таблица 7. Выбор зубчатых колёс однопарной гитары  $A/B$

$n_{\text{дв.х.}} / \text{мин}$	160	200	250	315	400	500	630	800
$A$	29	34	39	45	50	56	61	66
$B$	66	61	56	50	45	39	34	29

Скорость резания  $V$  для чистового зубострогания стальных колёс (сталь 45, 35X, 40X) рекомендуется принять равной 36 м/мин, при черновой обработке – 28 м/мин.

**Движение подачи.** Подачу станка определяют временем обработки ( $t_p$ ) одного зуба в секунду. От приводного электродвигателя  $M$  посредством колёс 21-25, гитары сменных колёс  $e-f-g-h$  движение через колёса 35-65-31- 71-61, конические зубчатые колёса 19-19 и червячную передачу 1-40 передается на распределительный вал с кулачками  $K_1$  и  $K_2$ .

Расчетные перемещения:

$$t_p, \text{ с} \rightarrow 1 \text{ об. распред. вала.}$$

Уравнение кинематического баланса:

$$t_p \cdot n_{\text{эд}} / 60 \cdot (21/25) \cdot e/f \cdot (g/h) \cdot 35/65 \cdot (31/71) \cdot 71/61 \cdot (19/19) \cdot 1/40 = 1 \text{ об. распред. вала.}$$

Формула настройки:

$$e/f \cdot (g/h) = 11,2 / t_p$$

На распределительном валу находятся два кулачка: верхний  $K_2$  служит для отвода и подвода стола в соответствующие моменты цикла, нижний  $K_1$  предназначен для врезания при комбинированной подаче с использованием винтового механизма. На барабане распределительного вала снизу имеются переставные кулачки, которые действуют на золотник гидросистемы, переключающий фрикционную муфту с рабочего хода на ускоренный. Кроме этого на диске имеется кулачок, управляющей через золотник работой счетчика циклов.



Таблица 8. Выбор зубчатых колес двухпарной гитары

Время рабочего хода, с/зуб	3,5	4,9	7	9,9	13,6	18,9
(e/f) (q/h)	(86/54) (76/64)	(86/54) (64/76)	(62/78) (76/64)	(86/54) (76/64)	(61/79) (54/86)	(50/90) (54/86)
Время рабочего хода, с/зуб	26,7	37,2	52,4	79,8	112	
(e/f) (q/h)	(46/94) (47/93)	(40/100) (43/97)	(31/109) (43/97)	(24/116) (40/100)	(24/116) (31/109)	

Машинное время обработки всех зубьев

$$T_M = (t_p + t_x)z$$

где  $t_x = 4,7$  с - время холостого хода;  $z$  - число зубьев нарезаемого колеса.

**Движение деления.** Эта цепь кинематически связывает вращение распределительного вала с вращением нарезаемого колеса.

Нарезаемое колесо непрерывно вращается в одном направлении. На станке деление происходит через несколько зубьев, а не последовательно зуб за зубом, но так, чтобы при каждом цикле заготовка поворачивалась на целое число зубьев  $Z_i$ , не имеющее общих множителей с числом зубьев нарезаемого колеса.

Расчетные перемещения делительного движения:

**1 об. распред. вала  $\rightarrow Z_i/Z$  об. заготовки**, где  $Z$  – число зубьев нарезаемого колеса.

Уравнение кинематического баланса делительной цепи:

$$1 \cdot 40/1 \cdot (19/19) \cdot 19/19 \cdot (19/19) \cdot 20/20 \cdot (20/20) \cdot k/l \cdot (m/n) \cdot 1/120 = Z_i/Z.$$

Формула настройки гитары деления:

$$k/l \cdot (m/n) = 3Z_i/Z.$$

**Движение обкатки.** Эта цепь кинематически связывает вращение люльки с вращением нарезаемого колеса.

Расчетные перемещения движения обкатки:

**1/Z оборота нарезаемого колеса  $\rightarrow 1/Z_o$  оборота люльки**, где  $Z_o$  – число зубьев плоского производящего колеса.

Уравнение кинематического баланса цепи обкатки:

$$1/Z \cdot (120/1) \cdot n/m \cdot (l/k) \cdot 20/20 \cdot (20/20) \cdot 19/19 \cdot (19/19) \cdot 24/60 \cdot (16/32) \cdot 32/210 \cdot (315/110) \cdot 110/34 \cdot (a/b) \cdot c/d \cdot 2/72 = 1/Z_o.$$

Формула настройки гитары обкатки:

$$a/b \cdot (c/d) = 3Z/Z_o.$$

## Механизмы станка 5П23БП

**Механизм подачи стола с заготовкой.** При нарезании на станке мод. 5П23БП конических колес с углом  $\varphi = 70^\circ$  осуществляется круговая подача, при которой стол стоит на жестком упоре в левом положении, а резцы врезаются в заготовку при качании люльки. При этом величина подачи зависит в основном от скорости обкатки, а также от времени одного оборота распределительного вала (рис. 30), который дает команду посредством кулачка 3 (рис. 31), рычага 8 с рейкой 9 на подвод и отвод стола с заготовкой от резцов. Кулачок 3 с перепадом 12 мм для данного станка не меняется, так как обеспечивает отвод стола от резцов на величину, гарантирующую вывод резцов из впадины заготовки для всего диапазона нарезаемых на станке модулей (высот зубьев).

Для нарезания конических колес с большим углом начального конуса (от  $70^\circ$  и выше) необходимо иметь угол качания люльки больше  $70^\circ$ , что не рекомендуется для работы станка. В этом случае применяется комбинированный способ подачи (нарезания), который состоит из двух этапов:

1) Стол перемещается вперед, обеспечивая врезание резцов в заготовку.

Для этого в станке предусмотрен винтовой механизм. При вращении кулачка 4 рычаг 10 будет воздействовать на стол через наклоненный на угол  $\lambda$  сегмент, осуществляя подачу стола на врезание  $S_{вр}$ , величина которого зависит от угла  $\lambda$ , устанавливаемого через червячную пару 13-14 с помощью лимба 1.

За один оборот лимба сегмент наклоняется на  $4^\circ$ . Угол поворота лимба определяется по формуле

$$tg\lambda = (0,2h+1)/30,$$

где  $h$  - полная высота зуба.

2) После врезания стол стоит на упоре и при этом происходит только круговая подача (профилирование зуба посредством обкатки).

При раздельном черновом и чистовом нарезании зубьев используется двухпроходный механизм (ограничительный упор) 16 (рис. 29). Установка припуска производится рукояткой на величину требуемого припуска, оставляемого на второй проход. При чистовом нарезании рукоятка 16 устанавливается на нуль. На лимбе указана величина припуска в мм.

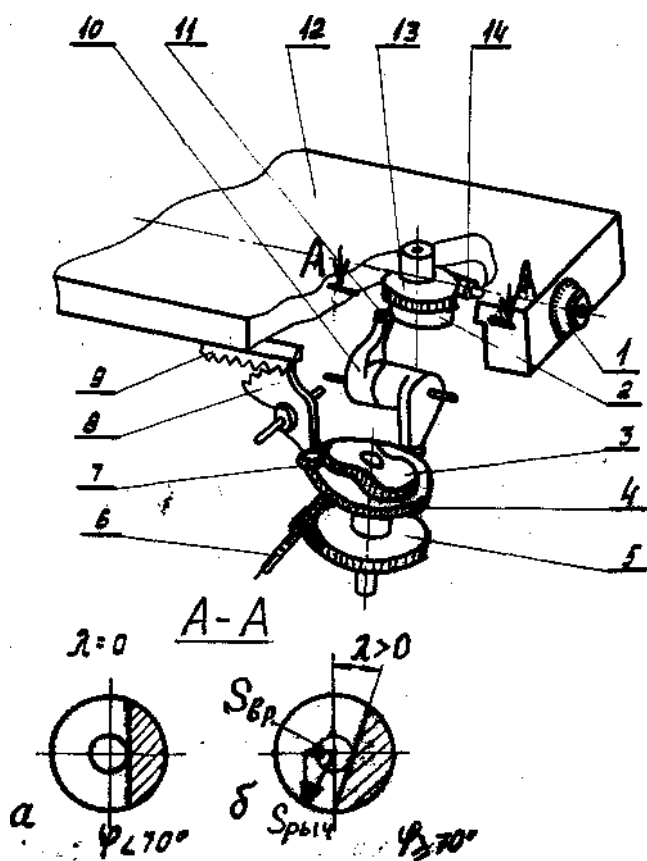


Рис. 31 - Механизм подачи стола с заготовкой:

- |  |   |
|--|---|
| 1 - лимб угла поворота сегмента;                   | 9 - рейка;                                    |
| 2 - сегмент поворотный для комбинированной подачи; | 10 - двухплечий рычаг комбинированной подачи; |
| 3 - кулак врезания заготовки;                      | 11 - ролик;                                   |
| 4 - кулак комбинированной подачи;                  | 12 - стол изделия;                            |
| 5, 6 - червячная пара механизма подачи; 7 - ролик; | 13, 14 - червячная пара (винтовой механизм)   |
| 8 - рычаг с зубчатым сектором для подачи стола;    |   |

Таблица 9 - Рекомендуемые припуски на второй проход

Модуль, мм	1,5	1,0	0,8	0,5	0,4	0,3
Припуск, мм	0,4	0,3	0,25	0,2	0,1	0,1

Для равномерного деления припуска на обе стороны зуба при установке нарезаемых колёс используется специальный калибр 8 (рис. 32), который крепится к бабке изделия возле торца шпинделя и при чистовом нарезании партии заготовок не снимается. Установочный щуп калибра после установки зубчатого колеса откидывается под действием пружины.

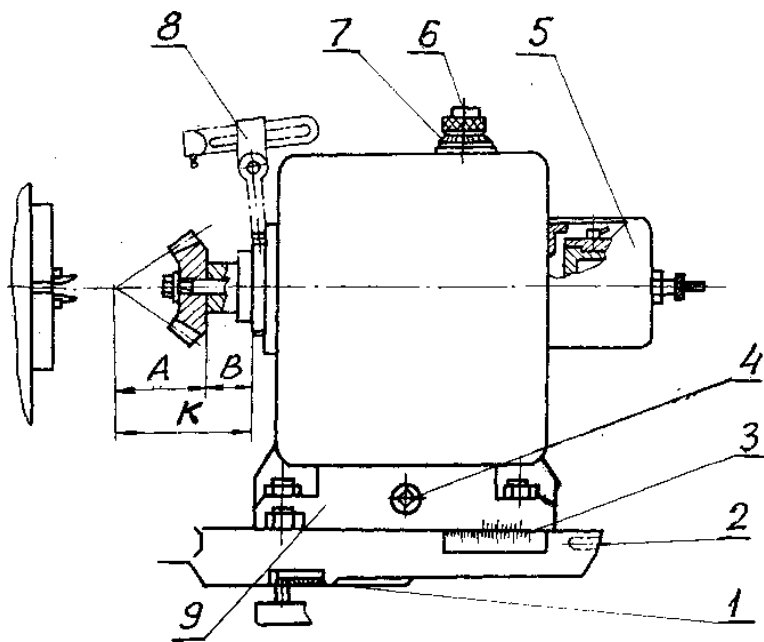


Рис. 32 - Бабка изделия:

- 1 - нониус шкалы поворота бабки изделия на угол начального конуса;  
 2 - отверстие для рукоятки ручного поворота бабки; 3 - шкала с нониусом для установки бабки на размер; 4 - квадрат для осевого перемещения бабки вручную; 5 - цилиндр зажима;  
 6 - квадрат гипоидного смещения шпинделя изделия; 7 - лимб смещения шпинделя; 8 - калибр для разделения припуска при чистовой обработке после чернового нарезания;  
 9 - стержневой калибр для нулевой установки оси шпинделя по высоте

**Механизм крепления заготовки.** На рис. 33 изображен механизм крепления заготовки, который жестко соединен со шпинделем изделия. Шпиндель смонтирован на прецизионных радиально-упорных шарикоподшипниках класса "СА". Справа на шпиндель навинчен гидроцилиндр зажима, на диске которого находится шкала с нониусом, необходимые при наладке станка для проверки правильности набора сменных шестерен гитар деления и обкатки.

В цилиндре зажима 11 перемещается поршень со штоком 8; при перемещении поршня влево под давлением масла шток через кольцо-указатель 13 и гайку 14 передвигает зажимную струну 7 и стяжной стержень 1 влево. При этом освобождается заготовка. При снятии давления масла в правой части цилиндра поршень со штоком под действием пружин 10 смещается вправо и через зажимную струну и шайбу 3 с гайкой 2 прижимает заготовку к базовому торцу оправки 4. Усилие зажима можно регулировать гайкой 14, на которой имеются деления, показывающие усилие зажима.

Таблица 10 - Наибольшее усилие пружины, допускаемое прочностью струны

Резьба на концах струны	M3	M4	M5	M6	M7
Усилие $P_{max}$ Н	950	1650	2750	3850	7000

В зависимости от габаритов и конфигурации заготовка может крепиться винтами непосредственно к шпинделю изделия или к сменной оправке б. Радиальное биение посадочной шейки оправки 4 и биение ее опорного торца – не более 0,003 мм. Резьбовое кольцо 5 предназначено для съема оправки.

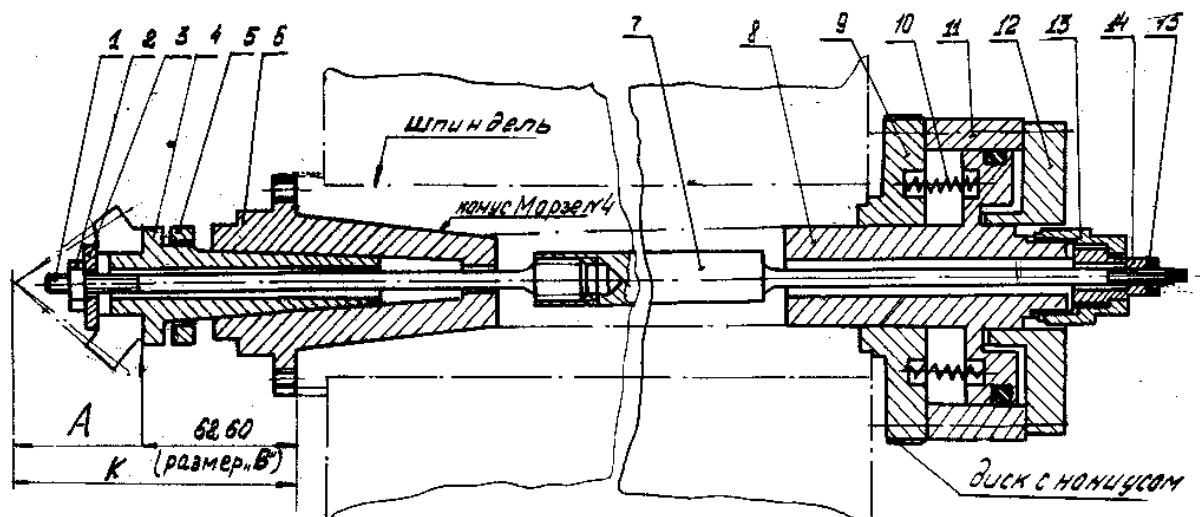


Рис. 33. Механизм крепления нарезаемого зубчатого колеса:

- |                       |                               |                                      |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1 - стяжной стержень; | 2 - гайка;                    | 9 - крышка;                          |
| 3 - шайба;            | 4 - оправка;                  | 10 - зажимные пружины;               |
| 5 - резьбовое кольцо; | 6 - базовая оправка шпинделя; | 11 - цилиндр;                        |
| 7 - зажимная струна;  | 8 - шток с поршнем;           | 12 - крышка;                         |
|                       |                               | 13 - кольцо-указатель усилия зажима; |
|                       |                               | 14 - гайка;                          |
|                       |                               | 15 - контргайка                      |

**Гидропривод.** Гидропривод предназначен для осуществления подвода и отвода стола, отжима изделия, включения муфты ускоренного хода, приведения в действие счетчика циклов и создания необходимого давления в буферном устройстве отвода стола. Избыток масла используется для смазки и охлаждения режущего инструмента.

Очистка масла осуществляется пластинчатым и войлочным фильтрами, а удаление мелких металлических частиц достигается магнитным сепаратором, установленным в сборнике стружки сзади станка. Магнитный сепаратор представляет собой ящик, с уложенными 12-ю кольцевыми постоянными магнитами.

Гидравлическая схема станка изображена на рис. 34. Гидропривод работает по следующему циклу: зажим изделия, подвод стола; отвод стола и отжим изделия. После включения насоса в положении "1" рукоятки золотника управления изделие отжато и стол находится в крайнем правом положении. Переводом рукоятки в положение "2" изделие зажимается посредством пружины, а масло из поршневой части сливается в бак. В положении "3" рукоятки осуществляется подвод стола, скорость которого регулируется дрос- селем. Стол движется до жесткого упора, прижимая зубчатый сектор к кулачку *A*. Затем включается главный электродвигатель.

После рабочего хода (нарезание одного зуба) кулачок *A* через зубчатый сектор отводит стол на 12 мм, а кулачок *B* включает золотник муфты холостого хода, стол подходит к люльке и начинается обработка следующего зуба.

После нарезания всех зубьев необходимо перевести рукоятку золотника управления последовательно в положение "2" (стол отведен) и "1" (изделие отжато).

В гидроприводе применяется масло "Турбинное" и "Индустриальное- 20" (50 л). При включении насоса необходимо проверить направление вращения вала насоса в соответствии со стрелкой на его корпусе.

**Автоматический счетчик циклов.** Счетчик циклов предназначен для отсчета числа нарезанных зубьев (или числа оборотов распределительного вала), сообщаемых ему гидравлически, и остановки станка после отсчета установленного числа импульсов.

Механизм счетчика собран в корпусе 1 (рис. 3.10). Он состоит из лимба 3 с храповиком 10, посаженных на одном валу. Храповое колесо приводится в движение от гидроцилиндра 7 через плунжер 8, рычаг 9 и собачку 11. Команда на возвратно-поступательное перемещение плунжера 8 подается от кулачка распределительного вала через золотник Г74-21 (рис. 34). Храповое колесо в повернутом положении удерживается фиксирующей собачкой 12, хвостовик которой соединен с якорем электромагнита.

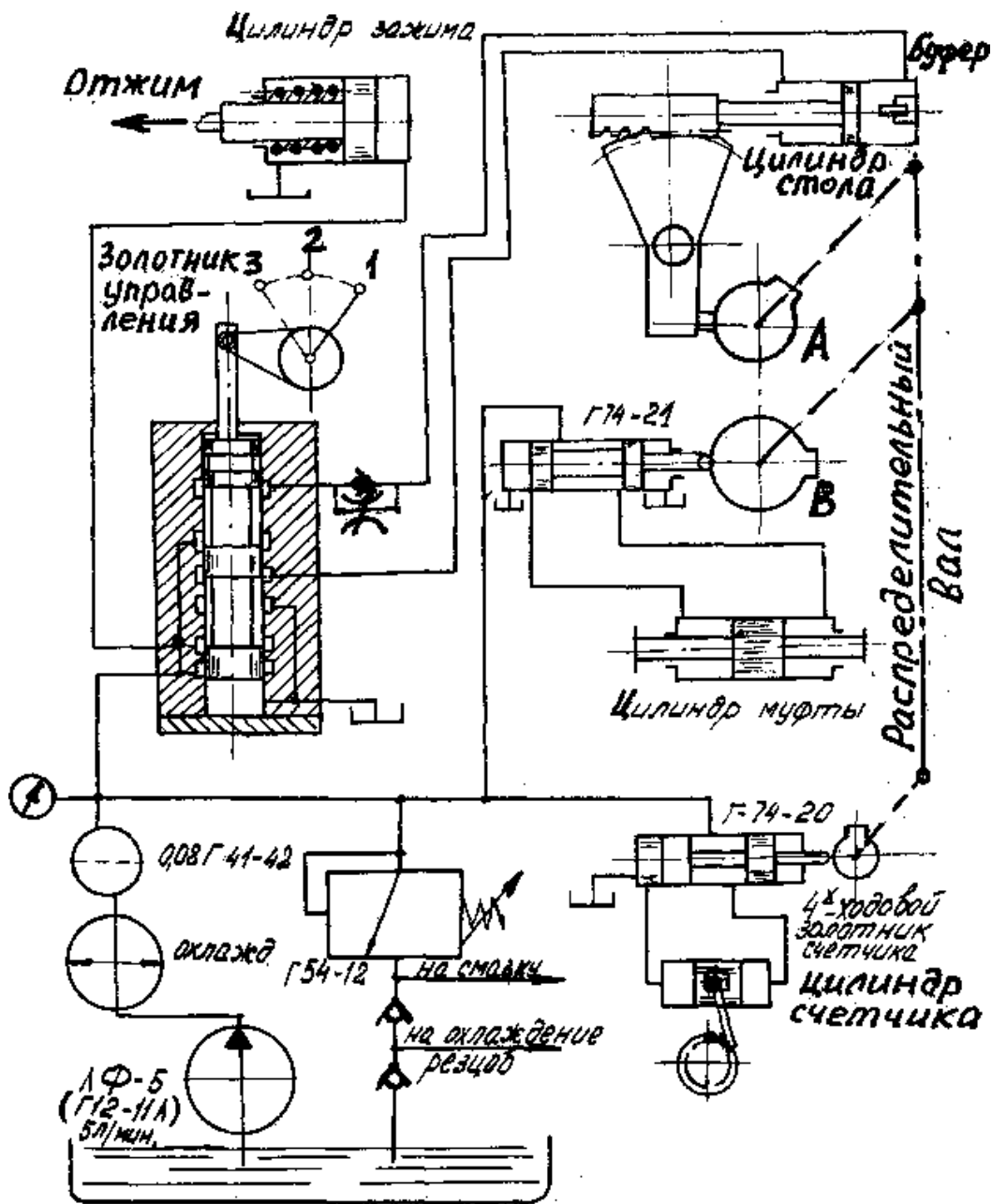


Рис. 34 - Гидравлическая схема станка модели 5П23БП

В конце счёта импульсов упор 15 нажимает через собачку 14 на кнопку микропереключателя 16, благодаря чему происходит остановка станка.

Для наладки счетчика необходимо:

- 1) отпустить стопорный винт 5 и, нажимая на рычаг 6 книзу, расцепить мелкозубую муфту 4;
- 2) нажать рычаг 6 кверху, при этом стрелка на торце валика муфты должна занять вертикальное положение острием кверху;
- 3) установить счетный диск лимба 3 на требуемое число циклов против указателя 2;
- 4) сцепить мелкозубую муфту и затянуть стопор 5.

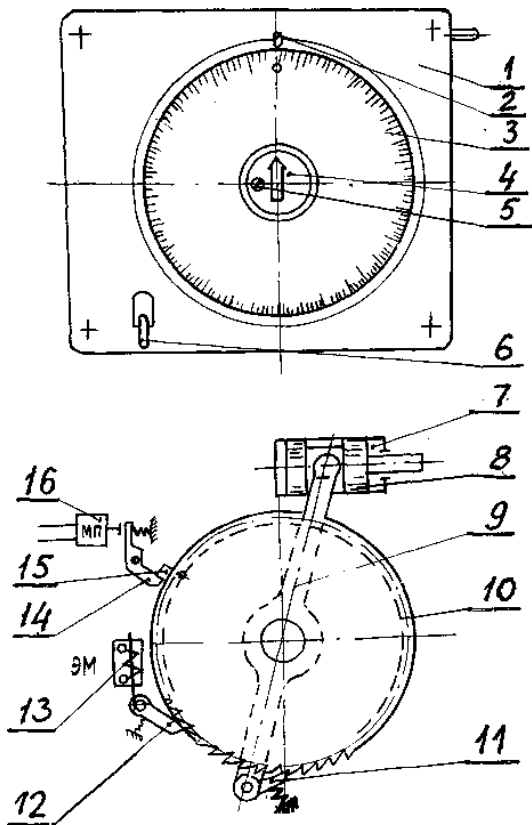


Рис. 35 - Счетчик циклов:

- 1 - корпус; 2 - указатель; 3 - лимб; 4 - мелкозубая муфта;  
 5 - стопор; 6 - рычаг; 7 - цилиндр счетчика; 8 - плунжер; 9 - рычаг; 10 - храповик; 11 - рабочая собачка;  
 12 - фиксирующая собачка; 3 - электромагнит;  
 14 - ограничительная собачка; 15 - упор; 16 - микропереключатель

**Механизм привода резцов.** Через приводную шестерню 4, установленную на центральном валу люльки (рис. 36), осуществляется вращение пальца эксцентрика 3. Далее движение преобразуется через шатунно-кривошипный механизм (шатун 2 и диск 1) в возвратно-поступательное движение резцов.

Для регулирования длины хода резцов необходимо свинтить гайку 7, расцепить мелкозубую муфту 6, легким ударом по торцу подать валик 3 вперед, повернуть валик с помощью шлицевой муфты 6, установив длину хода в мм, соответствующую делениям на муфте, сцепить муфту и затянуть гайку 7.



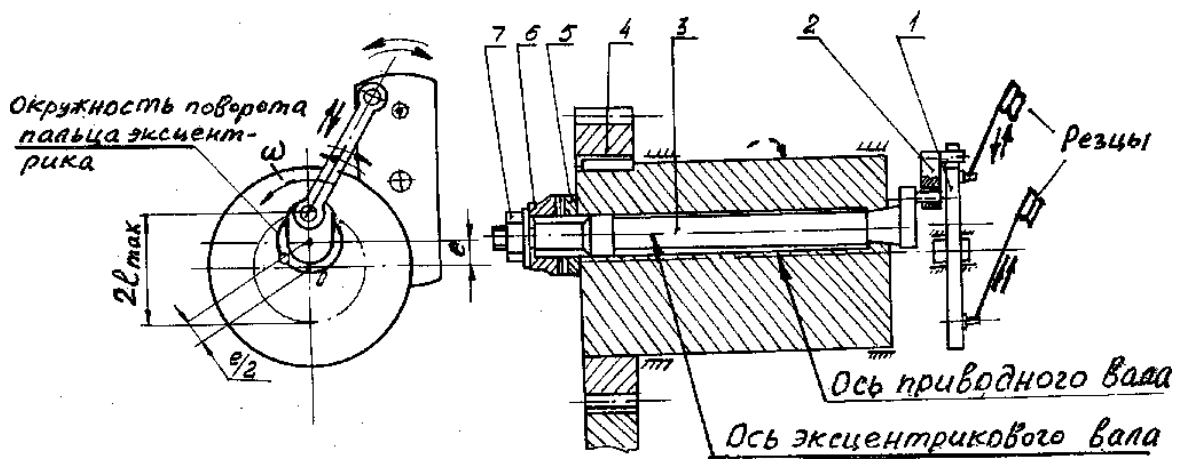


Рис. 36 - Схема работы механизма привода резцов:

1 - приводной диск; 2 - шатун; 3 - эксцентриковый вал регулирования длины хода резцов; 4 - приводная шестерня; 5 - мелкозубая муфта; 6 - шлицевая втулка со шкалой; 7 - гайка

**Калибры и приборы для наладки станка.** При наладке станка 5П23БП применяются калибры, изображенные на рис. 37.

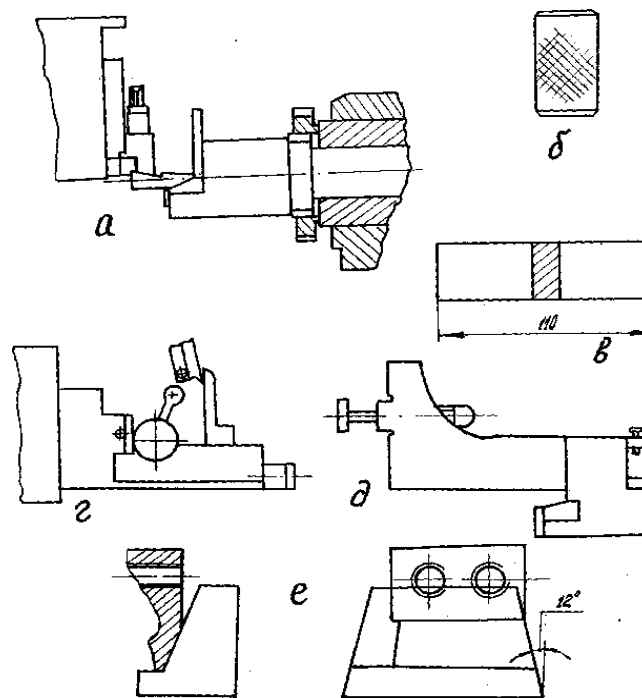


Рис. 37. Калибры для наладки станка модели 5П23БП:

*a* - контркалибр для проверки установки резцов; *б* - стержневой калибр;  
*в* - калибр для проверки установки "О" шкалы подвода бабки изделия;  
*г* - калибр для установки строгальных резцов или резцов резцовой головки по высоте;  
*д* - калибр для установки резцов; *е* - калибр для проверки заточки резцов

## **Наладка станка 5П23БП на выполнение операции нарезания конических зубчатых колес с прямыми зубьями**

### **Установка резцов на угол зуба (в минутах)**

$\omega = 3436(S/2 + h_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \gamma / L_e$ , где  $S$  - толщина зуба по начальной окружности;  
 $h_n$  - высота ножки зуба;  
 $\alpha$  - профильный угол исходного контура;  
 $L_e$  - длина образующей делительного конуса;  
 $\gamma$  - угол ножки зуба;  
 $\omega$  - угол конусности зуба при нарезании резцами.

Установка производится после ослабления гаек на торце люльки поворотом за квадрат соответственно верхнего и нижнего резцового суппорта на требуемый угол по шкале с нониусом. Затем необходимо затянуть гайки.

В случае двухпроходной нарезки на чистовую обработку оставляется припуск добавочным углом установки суппортов.

### **Установка резцов по калибру**

Производится в целях совмещения линий перемещения режущей кромки резца с плоскостью, проходящей через центр станка. Для верхнего и нижнего резцов предназначены свои калибры.

Проверку прилегания режущей кромки и вершины резца к плоскости установочного калибра рекомендуется производить на краску или на про- свет.

### **Установка угла люльки**

Повернуть вручную станок до совмещения риски на диске распределительного вала с рисккой "центр обкатки". Если люлька не стоит против деления "0", то, сняв ведомую шестерню гитары обкатки и надев вместо нее на вал специальную рукоятку, установить нуль люльки. Затем установить сменную шестерню на место.

### **Установка сменных зубчатых колес гитар обкатки, деления, подачи и скорости резания**

После установки необходимо проверить правильность набора сменных колес гитар деления и обкатки. Для этого повернуть станок вручную до положения, когда при рабочем ходе люлька повернется на какое-либо целое значение. Освободить зажим на диске гидрозажима изделия (рис. 32) и поставить диск на нуль. Провернуть снова станок так, чтобы люлька повернулась от замеченного положения на поверочный угол обкатки люльки. Показание на диске цилиндра зажима должно быть равно поверочному углу обкатки изделия. Величины поверочных углов указываются в наладочной карте. Если нет совпадения, то надо проверить наборы сменных шестерен гитар деления и обкатки.

### **Установка бабки изделия на угол внутреннего конуса**

Осевая установка бабки изделия производится по шкале 3 (рис. 32) на величину "к", указанную в наладочной карте, предварительно установив заготовку на оправку. При черновом нарезании к величине осевой установки добавляется величина припуска.

а) При нарезании в один проход (чистовой) двухпроходный механизм установить на нуль. Если нарезание производится в два прохода (черновой и чистовой), то при черновом проходе механизм установить на величину припуска по лимбу.

б) При нарезании зубчатых колес с  $\varphi < 70^\circ$  необходимо установить угол сегмента на нуль посредством винтового механизма (механизм для комбинированного нарезания выключен). При  $\varphi \geq 70^\circ$  повернуть лимб на угол наклона сегмента, указанный в наладочной карте и установить соответствующий кулачок для комбинированного способа нарезания на распределительный вал.

в) Проверить правильность вертикальной установки шпинделя изделия по стержневому калибру.

г) Если угол качания люльки недостаточен (стол отходит раньше, чем окончится снятие стружки) или очень велик, то необходимо пересчитать сменные шестерни гитар деления и обкатки, взяв другое число  $z_i$  (при малом угле  $\varphi$  число  $z_i$  надо увеличить, и наоборот).

### **Включение станка**

После включения гидропривода переводом рукоятки осуществляется зажим заготовки и подвод стола, затем включают главный двигатель.

### **Пример заполнения наладочной карты**

Линейные величины (определяемые с точностью до 5 знака) при внесении в наладочную карту следует округлять до второго знака, а угловые величины (определяемые с точностью до секунды) – до одной минуты.

Угол зацепления  $\alpha$  рекомендуется принимать равным  $20^\circ$ . Ширина зубчатого венца выбирается равной не более  $0,3 \cdot L_e$ .

Для обеспечения постоянного радиального зазора в конической подаче вершина наружного конуса " $O_1$ " не должна совпадать с общей вершиной начального и внутреннего конусов " $O$ " (рис. 38).

Установка на глубину резания, равную высоте зуба ( $h = 2,2m$ ), производится посредством лимба и отводом стола при угле качания люльки  $\theta \approx 0$  (среднее положение люльки).

Заполнение карты наладки (табл. 11) производится на основании данных чертежа зубчатого колеса (шестерни) (рис. 39).

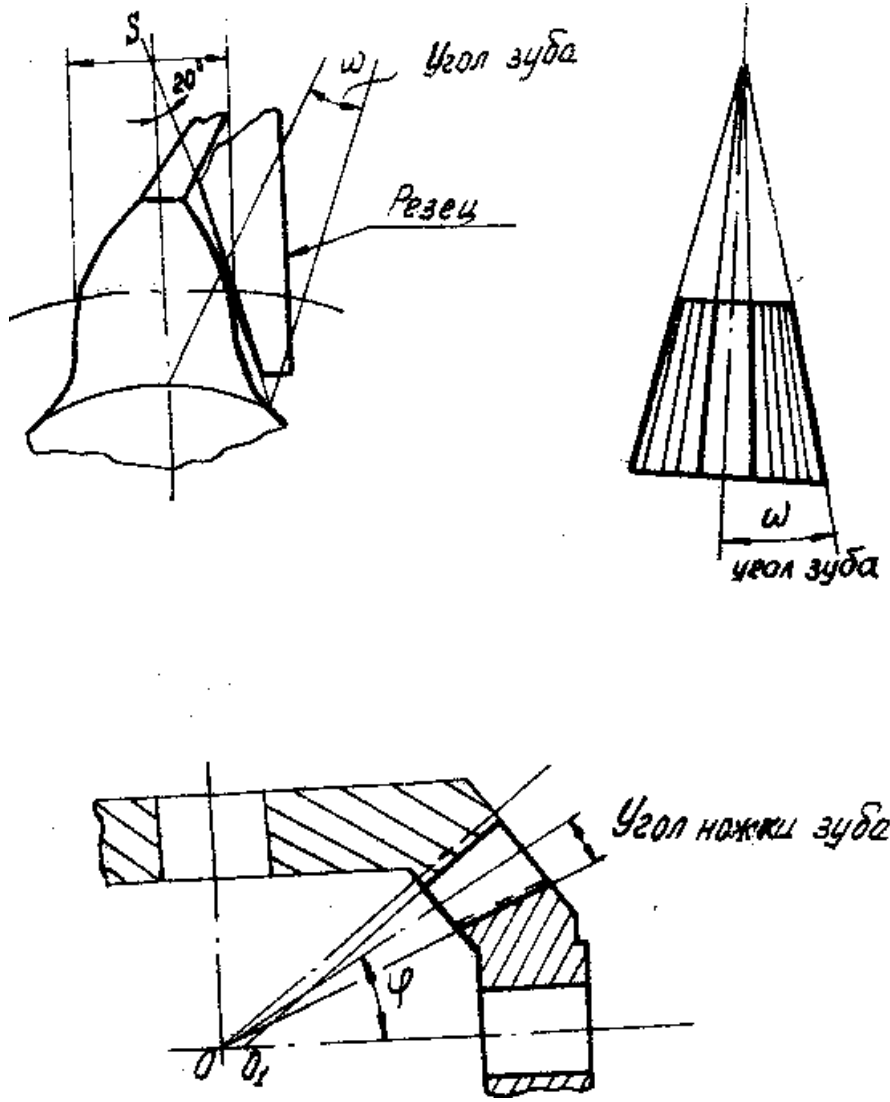
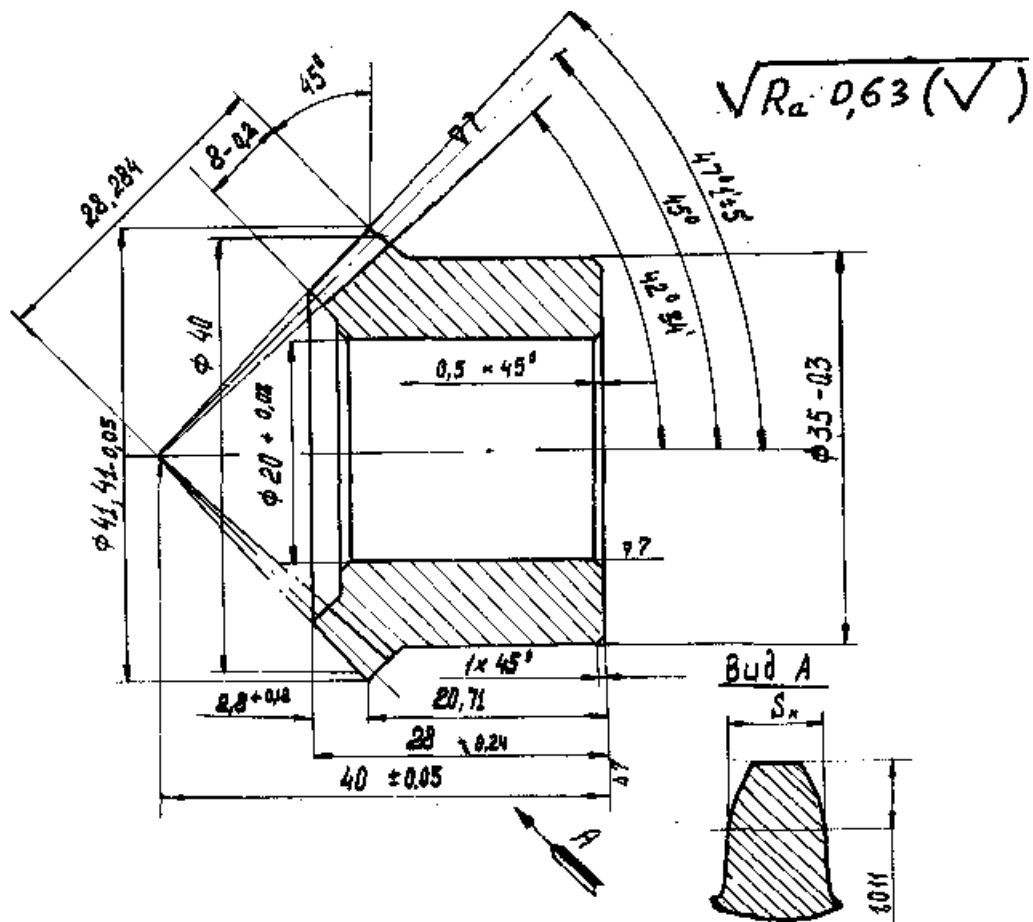


Рис. 38 - Обозначение параметров нарезаемых зубьев



1. Ближе наружного конца относительно оси отверстия на более 0,025
2. Острые кромки притупить  $R 0,5$

модуль	$m$	1
число зубьев	$z$	40
угол зацепления	$\alpha$	$20^\circ$
угол зуба	$\sigma$	$4^\circ 27'$
коэф. коррекции	$\beta$	0
степень точности		7D ГОСТ 1358-58
Толщина зуба по нач. фр.	$S_k$	$1,57 \begin{matrix} -0,05 \\ -0,11 \end{matrix}$

Рис. 39 - Чертёж конического зубчатого колеса (материал - латунь ЛС59-1)

Таблица 11. Пример карты наладки станка

№ п/п	Наименование	Формула	Значения
1.	Модуль, мм	по чертежу $m$	1
2.	Число нарезаемых зубьев	по чертежу $z$	40
3.	Угол профиля исходного контура	по чертежу $\alpha$	20°
4.	Угол начального конуса	по чертежу $\varphi$	45°
5.	Высота головки зуба, мм	по чертежу $h_{\Gamma}$	1,011
6.	Высота ножки зуба, мм	по чертежу $h_{\Pi}$	1,189
7.	Полная высота зуба, мм	по чертежу $h$	2,2
8.	Толщина зуба, мм	по чертежу $S$	$1,57^{-0,05} = 1,49^{-0,11}$
9.	Число зубьев плоского колеса	$z_{\text{пл}} = z/\sin\varphi$	56,5685
10.	Длина образующего конуса, мм	по чертежу $Le$	28,284
11.	Длина хода резцов, мм	$b + 1$	8 + 8 = 16
12.	Число проходов	-	один
13.	Угол конусности зуба, минут	$\omega = (3436(S/2 + h_{\Pi} \cdot \text{tg}\alpha))/Le$	143.081' = 2°23'
14.	Угол внутреннего конуса		
15.	Размер оправки, мм	размер "B"	68,6
16.	Осевая установка, мм	$K = A + B$	40 + 68,6 = 108,6
17.	Угол качания люльки при нарезании шестерни	$Q_{\text{ш}} = \arccos(\cos\varphi_{\text{нар}}/\cos\varphi_{\text{вн}}) + 600/z_{\text{пл}};$ $Q_{\text{ш}} = 30^0$	
	при нарезании колеса, при $\varphi < 70^0$	$Q_{\text{к}} = \arccos(\cos\varphi_{\text{нар}}/\cos\varphi_{\text{вн}}) + 600/z_{\text{пл}};$ $Q_{\text{к}} = 30^0$	
	при нарезании колеса при $\varphi \geq 70^0$	$Q_{\text{к}} = 0,8\arccos(\cos\varphi_{\text{нар}}/\cos\varphi_{\text{вн}}) + 720/z_{\text{пл}};$	
18.	Винтовой механизм	номер кулака $\text{tg}\lambda = (0.2h + 1)/30$	5П23А 42057 0°
19.	Число пропускаемых при делении зубьев	$z_1 = (\theta \cdot z_{\text{пл}}/210) + 2$	$((30 \cdot 56.5685)/210) + 2 = 10$ приним. $z = 11$
20.	Сменные шестерни обкатки	$(a/b) \cdot (c/d) = (3z_i)/z$	$(a/b) \cdot (c/d) = (73/56) \cdot (34/76)$
	деление	$(k/l) \cdot (m/n) = (3z_i)/z$	$(k/l) \cdot (m/n) = 33/40$
	скорости	$A/B = (3/100)n_{\text{двх}}$	<b>A/B=61/31</b>
	подачи	$(e/f) \cdot (q/h) = 6,6/t_p$	$(e/f) \cdot (q/h) = (61/79) \cdot (54/86)$
21.	Поверочный угол обкатки	$Q_{\text{ппр}} = 20^0$	
	для люльки принято	$Q = (20^0 z_{\text{пл}})/L$	28°17'
	Изменение $S$ (мм) при изменении $\varphi$ на 10'	$\Delta S_{\omega} = 0,0058 \text{tg}\alpha \cdot Le$	0,0597
	Изменение $S$ (мм) при изменении угла конусности зуба на 10'	$\Delta S_{\omega} = 0,003 \cdot Le$	0,0848

## Порядок выполнения работы

- 1) Изучить схемы и методы нарезания конических зубчатых колес, особенности конструкций зубострогальных резцов.
- 2) Изучить общее устройство станка, технологические возможности, кинематическую схему, расположение и назначение органов настройки.
- 3) Изобразить кинематическую цепь, расчетные перемещения и записать уравнение кинематического баланса для заданного преподавателем вида движения станка.
- 4) Произвести наладку станка (с заполнением карты наладки) по заданию преподавателя, нарезать зубья на заготовке конического зубчатого колеса, осуществить контроль обработанной детали.
- 5) Заполнить таблицу режимов резания

№ п/п	Обрабатываемый материал	Скорость реза-ния $V$ , м/мин	Число двойных ходов $n=1000 V/[2 \cdot (b+l)]$	Время обработки одного зуба $t_p$ , с
1.	Латунь ЛС59-1	28	$875 \approx 800$	13,6
2.	...	...	...	...

- 6) Определить время обработки
- машинное:  $T_m = (t_p + 4,7) \cdot z;$
  - штучное:  $T_{шт} = T_m + T_{всп}.$

## Контрольные вопросы

- 1) Схемы и методы нарезания конических зубчатых колес.
- 2) Принципы работы основных узлов станка 5П23БП.
- 3) Кинематические цепи и расчетные перемещения формообразующих движений станка 5П23БП.
- 4) Последовательность настройки и наладки станка 5П23БП на операцию зубострогания.
- 5) Особенности контроля и проверки зубчатых колес.