



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

**М. И. Михайлов**

**ОБОРУДОВАНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА:  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**Учебное пособие**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2018**

УДК 621.9.06(075.8)  
ББК 34.63-5я73  
М69

Рецензенты: проф. каф. «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусского национального технического университета канд. техн. наук, доц. *А. М. Якимович*;  
доц. каф. «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета канд. техн. наук, доц. *И. С. Фролов*

**Михайлов, М. И.**

М69 Оборудование машиностроительного производства: Лабораторный практикум : учеб. пособие / М. И. Михайлов ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 198 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-359-2.

Приведено описание конструкций металлорежущих станков и раскрыта методика их наладки для обработки типовых поверхностей. Даны примеры проведения лабораторных работ и оформления результатов.

Для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 621.9.06(075.8)  
ББК 34.63-5я73

ISBN 978-985-535-359-2

© Михайлов М. И., 2018  
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2018

## Оглавление

<i>Лабораторная работа № 1</i>	
Изучение конструкции и наладка токарно-винторезного станка.....	4
<i>Лабораторная работа № 2</i>	
Изучение конструкции и наладка токарно-револьверного автомата.....	23
<i>Лабораторная работа № 3</i>	
Изучение конструкции и наладка сверлильных станков.....	51
<i>Лабораторная работа № 4</i>	
Изучение конструкции и наладка консольных фрезерных станков и делительной головки.....	75
<i>Лабораторная работа № 5</i>	
Изучение конструкции и наладка зубообрабатывающих станков на нарезание зубчатых колес .....	106
<i>Лабораторная работа № 6</i>	
Устройство и наладка многоцелевого комплексного станка 21104П7Ф4.....	164

# **Лабораторная работа № 1**

## **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА**

**Цель работы:** получить навыки по наладке токарно-винторезного станка.

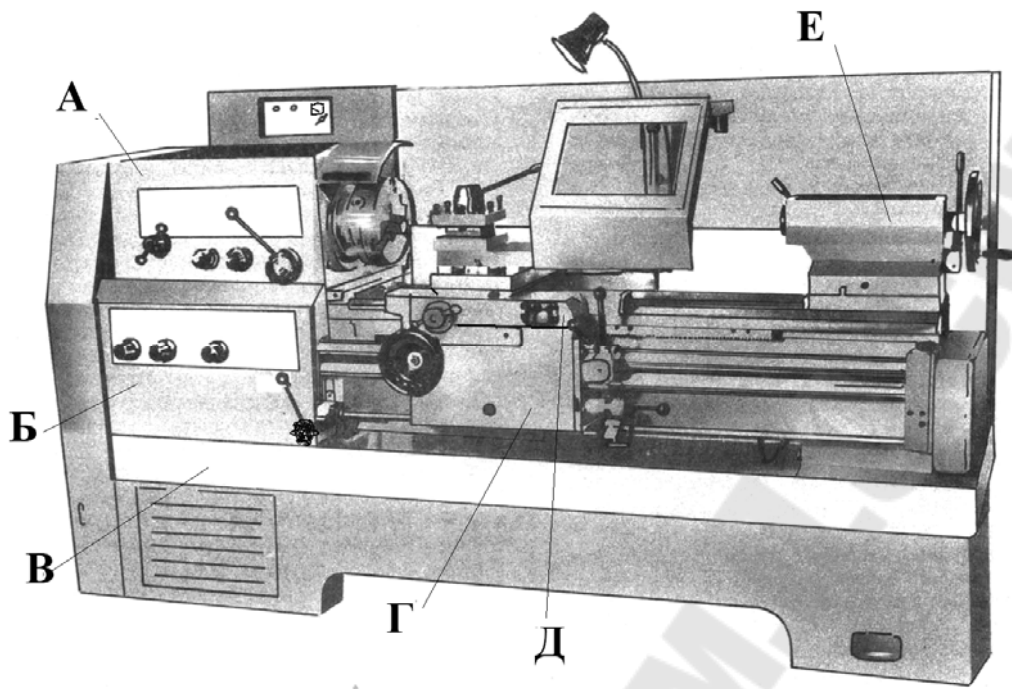
### **1. Порядок выполнения лабораторной работы**

- 1.1. Получить задание у преподавателя.
- 1.2. Изобразить схемы обработки исходя из назначения станка.
- 1.3. Подобрать инструмент для требуемой наладки станка.
- 1.4. Назначить режимы обработки по справочнику.
- 1.5. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему.
- 1.6. Записать уравнения кинематического баланса для требуемых частоты вращения и подачи.
- 1.7. Закрепить заготовку.
- 1.8. Установить необходимую частоту вращения и подачу.
- 1.9. Произвести обработку.
- 1.10. Произвести измерения обработанной поверхности.

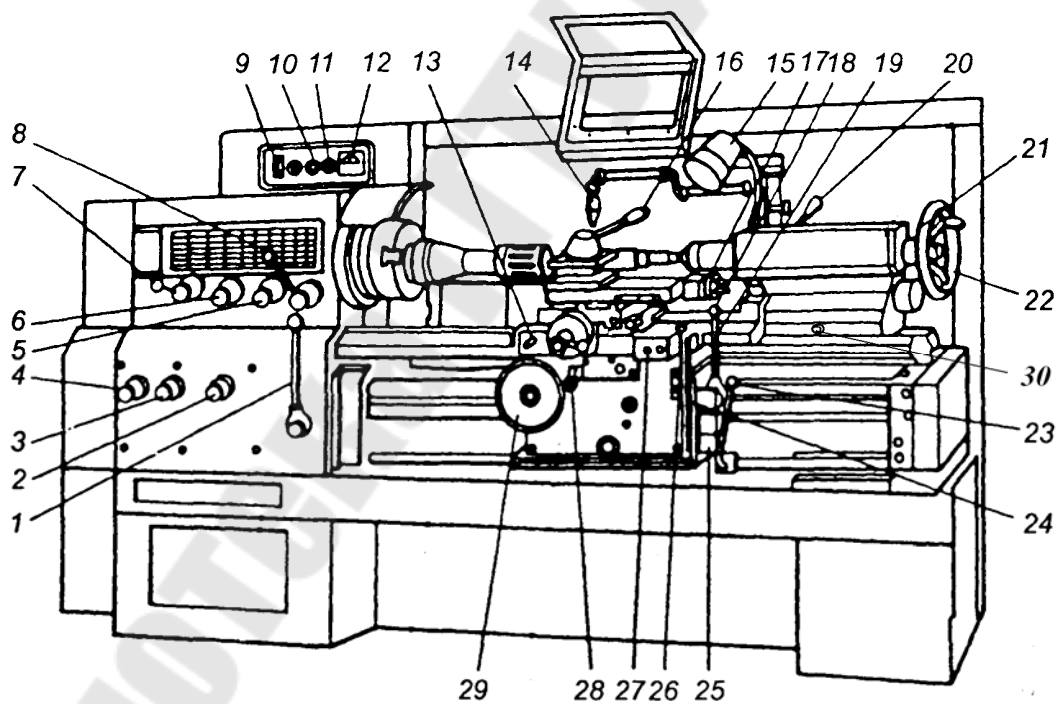
### **2. Методические рекомендации для выполнения лабораторной работы**

2.1. При выполнении п. 1.2. 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. 1.1 приведен общий вид типовой компоновки станка.



а)



б)

Рис. 1.1. Токарно-винторезный станок:

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

Органы управления (рис. 1.1, 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 ременной шестерни;
- 29 – маховик ручного перемещения продольного суппорта.

2.2. При выполнении п. 1.3 и 1.4 необходимо изобразить схемы обработки с указанием длины рабочего хода, величины врезания и перебега инструмента [1].

Затем подобрать инструмент и по [2], [3] назначить режимы резания.

2.3. При выполнении п. 1.5 необходимо определить движения в станке и записать их кинематические связи, используя кинематическую схему (рис. 1.3). Изобразить структурную схему станка, воспользовав-

шись обозначениями, показанными на рис. 1.2, 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. 1.2, з).

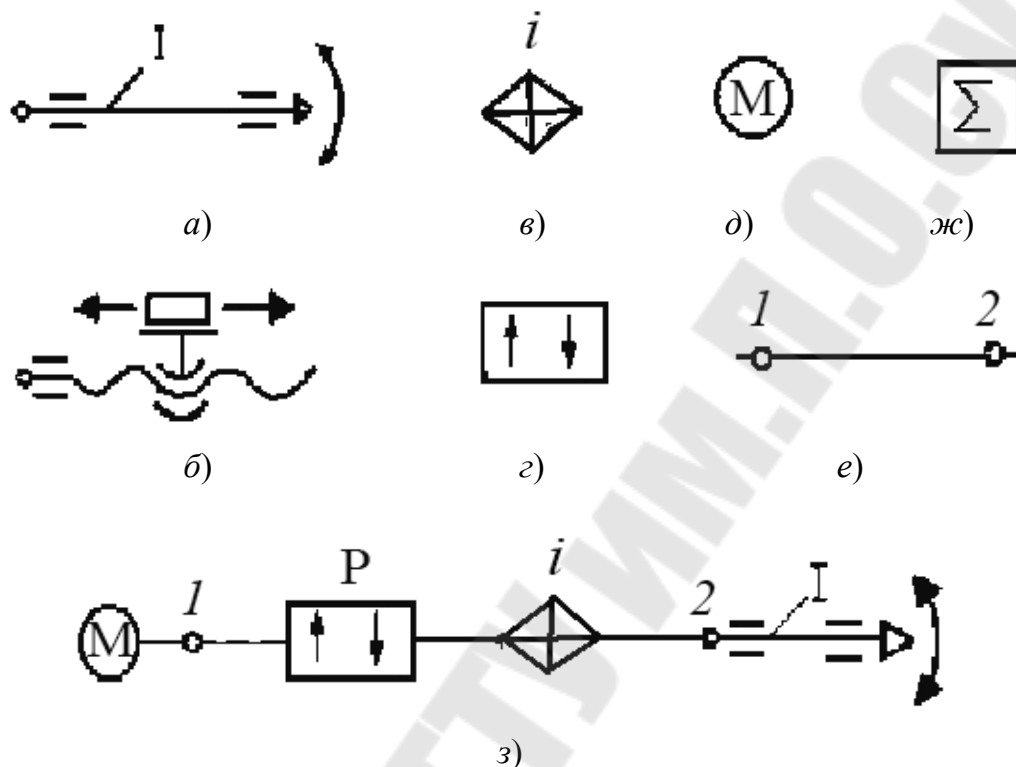


Рис. 1.2. Кинематические обозначения исполнительных элементов:  
 а – исполнительный орган (вращение); б – поступательный орган (ползун); в – орган регулирования параметров движения ( $i$ ); г – орган настройки направления движения (P); д – электродвигатель; е – внешняя кинематическая связь (цепь); ж – 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
Пределная 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 подачи* – 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. 1.3.

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

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:

$$n_{\text{шп}} = 1460 \frac{148}{268} \cdot \frac{56}{34} \left( \frac{51}{39} \right) \cdot \frac{29}{47} \left( \frac{21}{55}; \frac{38}{38} \right) \cdot \left( \left( \left( \frac{60}{48} \right) \frac{30}{60} \right) \text{или} \left( \frac{45}{45} \left( \frac{15}{60} \right) \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} \right) \right). \quad (1.1)$$

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 частота равна:

$$n_{\text{шпmin}} = 1460 \frac{140}{268} \cdot \frac{51}{39} \cdot \frac{21}{55} \cdot \frac{15}{60} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60}.$$

Для придания обратного вращения шпинделю с помощью рукояток 1 или 23 (рис. 1.1, б) включают в работу правую половину фрикционной муфты М1 на первом валу коробки скоростей (рис. 1.3). 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  $S_{\text{пр}}$ ).



Уравнение кинематического баланса имеет вид:

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

В уравнении кинематического баланса  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{40}{86} \cdot \frac{86}{64}$  – это передаточное 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  $\rightarrow S_{\text{поп}}$ ).

Уравнение кинематического баланса имеет вид:

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

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

Реверс поперечной подачи осуществляется включением кулачковых муфт М11 или М10.

### **Нарезание резьбы**

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

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:

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

При левом положении на валу VIII зубчатого колеса ( $z = 45$ ) будет нарезаться правозаходная резьба, при этом суппорт с режущим инструментом будет перемещаться от задней бабки к шпинделю станка. При правом положении зубчатого колеса ( $z = 45$ ) будет нарезаться левозаходная резьба, суппорт с режущим инструментом будет перемещаться от шпинделя к задней бабке.

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

Уравнение кинематического баланса цепи имеет вид:

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

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 нарезании *резьбы увеличенного (крупного) шага* движение режущего инструмента заимствуется от шпинделя по двум кинематическим цепям:

– при использовании первой кинематической цепи движение от шпинделя через передачи  $\frac{60}{30}$  на вал III, а от него через передачи  $\frac{45}{45}$  по кинематической цепи подач.

– при использовании второй кинематической цепи движение от шпинделя через передачи  $\frac{60}{30} \cdot \frac{72}{18} \cdot \frac{60}{15} \left( \frac{45}{45} \right)$  на вал III, а от него через передачи  $\frac{45}{45}$  по кинематической цепи подач.

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

### **Описание работы узлов токарно-винторезного станка [3]**

Токарно-винторезные станки имеют практически однотипную компоновку, примером которой может служить станок 16К20. Основными его узлами являются (рис. 1.1): 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. 1.1). 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 оси вращения 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. 1.4) (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. 1.5) 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.

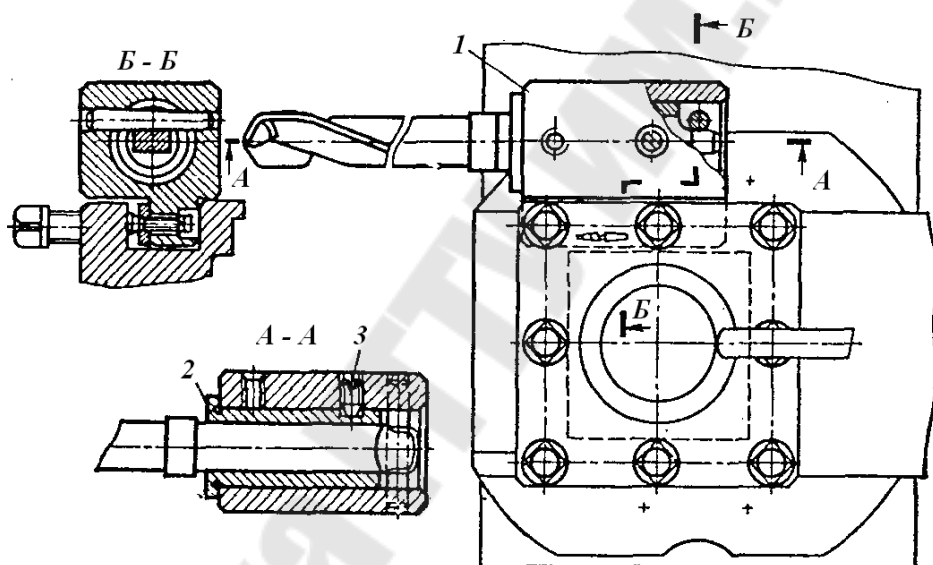


Рис. 1.4. Держатель для осевого инструмента

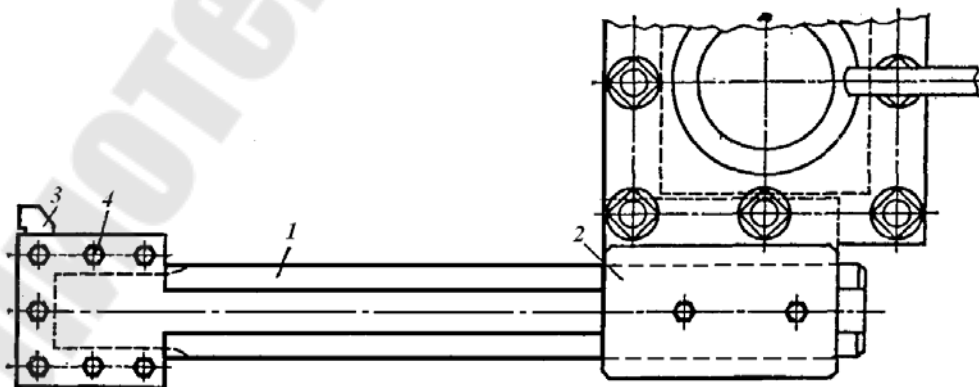


Рис. 1.5. Резцовая оправка для обработки деталей над выемкой в станине

*Приспособления.* Для установки заготовок в зависимости от их размеров и формы применяют центры, патроны, планшайбы, оправки. В центрах (рис. 1.6, а) обрабатывают длинные заготовки типа валов или заготовки, насаженные на оправки. Задний центр может быть невращающимся, 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 на конус 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. 1.6, б), установленным на станине, или подвижным, закрепленным на суппорте.

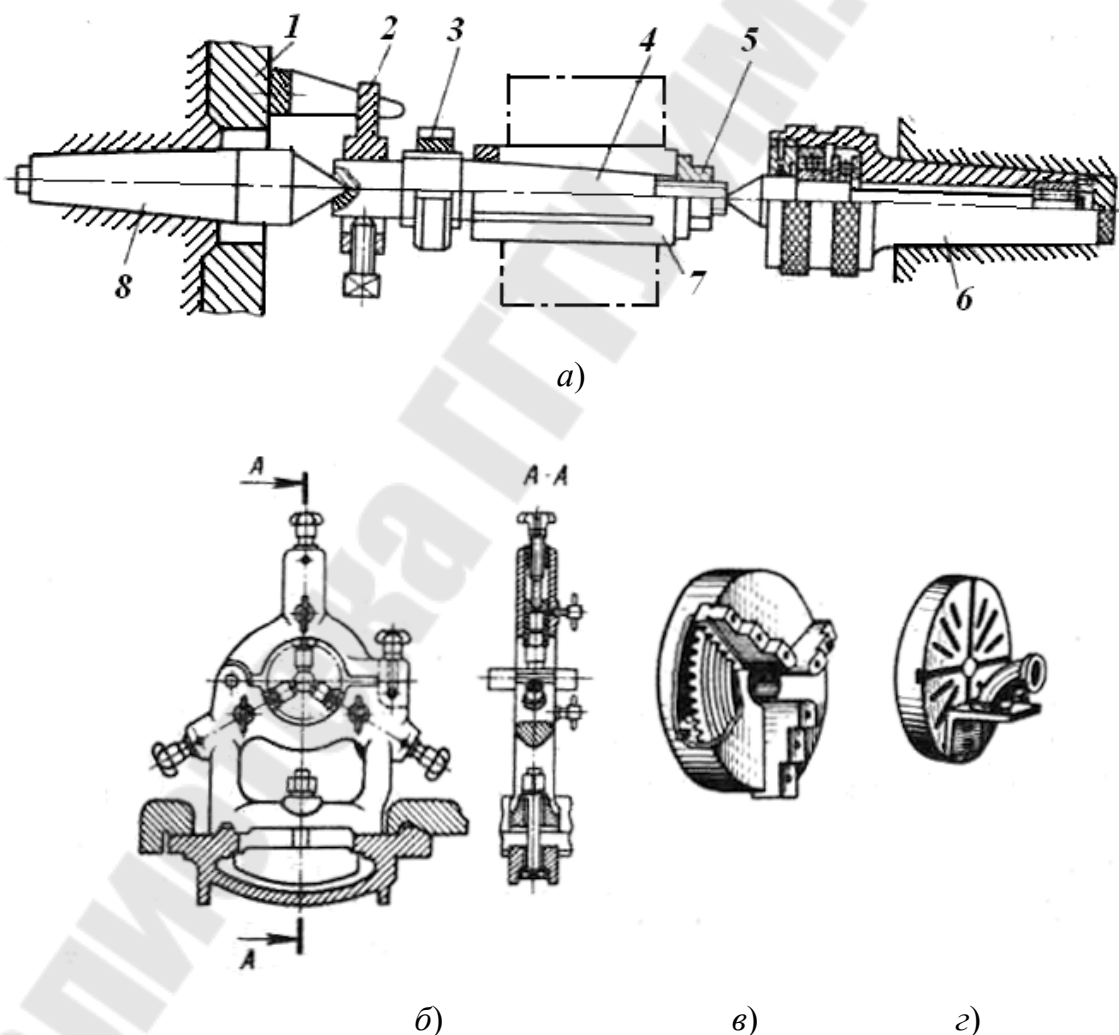


Рис. 1.6. Эскизы приспособлений для установки заготовок: а – в центрах; б – в люнете; в – в патроне; г – в планшайбе



В патронах закрепляют сравнительно короткие заготовки. Чаще всего применяют трехкулачковые самоцентрирующие патроны с одновременно сдвигающимися кулачками (рис. 1.6, в). Несимметричные заготовки закрепляют в четырехкулачковом патроне, где каждый кулачок перемещается независимо от другого. Крупные, а также несимметричные заготовки закрепляют на планшайбе (рис. 1.6, з) 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 [2]. 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 [2].

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 [2]. 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 резбовым 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. 1.1) обеспечивают обратное вращение шпинделя и перемещение вправо (при нарезании правозаходной резьбы) суппорта с резбовым 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 рисок при нарезании двухзаходной резьбы и на двадцать рисок – 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 6 вводят в зацепление шестерню ( $z = 60$ ) двойного блока со шпиндельной шестерней ( $z = 60$ ). Включают главный электродвигатель, подводят резец до касания с заготовкой и запоминают положение 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 резьбо-

вым 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. 1.7, а) возможна обработка конусов длиной до 20 мм. Подача резца может быть как поперечная, так и продольная.

*Смещением корпуса задней бабки* (рис. 1.7, 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. 1.1) 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. 1.7, 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. 1.7, г) 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  $\alpha$ .

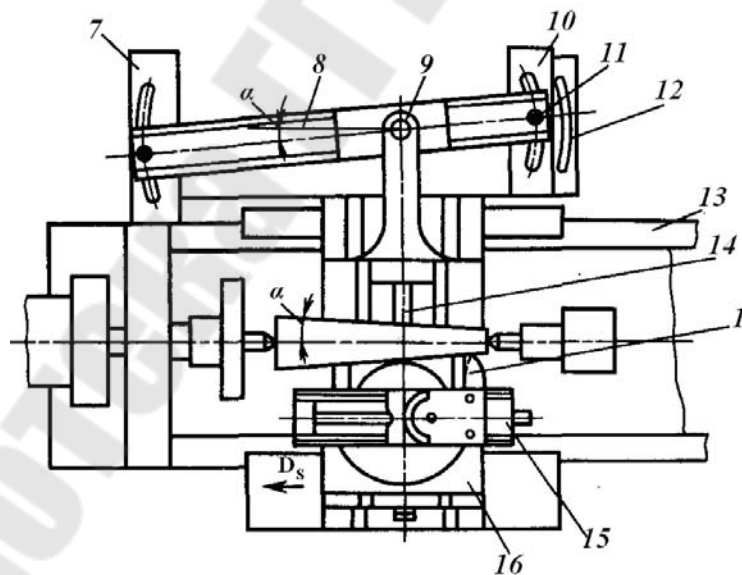
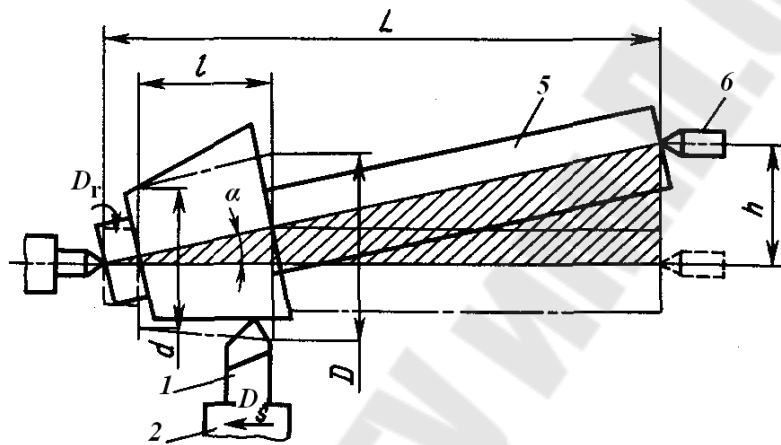
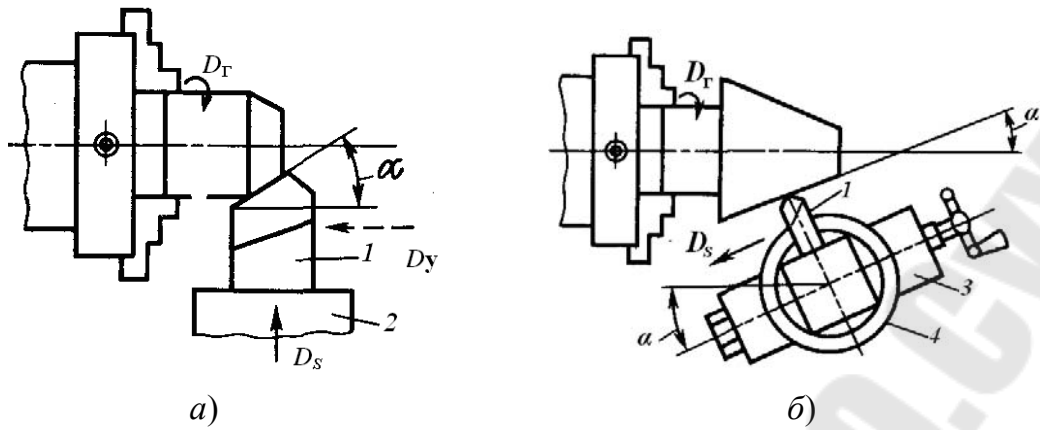


Рис. 1.7. Схемы обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке:  
*a* – широким резцом; *б* – поворотом резцовых салазок;  
*в* – смещением корпуса задней бабки; *г* – с применением копирной конусной линейки

### **3. Содержание отчета**

- 3.1. Цель работы.
- 3.2. Исходные данные.
- 3.3. Схемы обработки.
- 3.4. Эскиз инструмента.
- 3.5. Структурная схема станка.
- 3.6. Необходимые расчеты по наладке станка.
- 3.7. Описание наладки станка.

### **4. Контрольные вопросы**

- 4.1. Назовите назначение станка.
- 4.2. Назовите основные узлы станка.
- 4.3. Назовите движения в станке.
- 4.4. Назовите состав приводов станка.
- 4.5. Запишите уравнения кинематического баланса приводов станка.
- 4.6. Опишите порядок наладки станка.

### **Литература**

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 568 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
4. Паспорт токарно-винторезного станка модели 16К20.

## **Лабораторная работа № 2**

# **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА**

**Цель работы:** получить навыки по наладке токарно-револьверного автомата.

### **1. Порядок выполнения лабораторной работы**

- 1.1. Получить задание у преподавателя.
- 1.2. Составить маршрут обработки.
- 1.3. Подобрать инструмент и державки для реализации маршрута.
- 1.4. Назначить режимы обработки по справочнику.
- 1.5. Изобразить эскизы технологических наладок.
- 1.6. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему. Определить параметры рабочей зоны станка.
- 1.7. Подробно описать движения в станке и последовательность действий при наладке автомата.
- 1.8. Произвести наладку автомата.

### **2. Методические рекомендации для выполнения лабораторной работы**

Токарно-револьверные автоматы используются для обработки заготовок сложной формы из прутка и штучных заготовок. Обработка деталей на этих станках производится несколькими инструментами, которые устанавливаются на суппортах и в специальных приспособлениях.

Токарные автоматы подразделяют по степени универсальности (универсальные для разнообразных операций, специализированные – для узкого круга операций и специальные – для обработки определенных изделий), по расположению шпинделей (горизонтальные и вертикальные) и количеству шпинделей (одношпиндельные и многошпиндельные), виду обрабатываемой заготовки (прутковые и штучные), способу управления рабочим циклом (аналоговые с распределительными валами, с цикловым управлением и числовым управлением) и способу обработки (фасонно-отрезные, продольного точения и токарно-револьверные).

Автоматы с распределительным валом подразделяются на три типа:

- первый – имеющий один распределительный вал, равномерно вращающийся в период всего цикла обработки;
- второй – с одним распределительным валом, имеющим в течение одного рабочего цикла две частоты вращения – низкую во время рабочих ходов и высокую – во время холостых ходов;
- третий – имеющий распределительный вал, управляющий рабочими перемещениями и частью установочных холостых движений, и быстровращающийся вспомогательный вал, осуществляющий остальные установочные движения.

Вследствие значительных затрат времени на настройку и наладку, а также на изготовление специальной оснастки токарные автоматы с распределительным валом применяются преимущественно в серийном и крупносерийном производствах.

Изучение конструкций автоматов будем производить на примере модели 1112.

Токарно-револьверный автомат модели 1112 используется для изготовления деталей из различных сталей, цветных металлов и сплавов.

Обработка на нем ведется из проката круглого, квадратного и шестигранного сечения (рис. 2.1). Применение горячекатаных прутков вследствие больших отклонений по диаметру не допускается, так как это снижает точность работы автомата и ведет к интенсивному износу, перегрузкам и поломкам зажимных и подающих цанг.

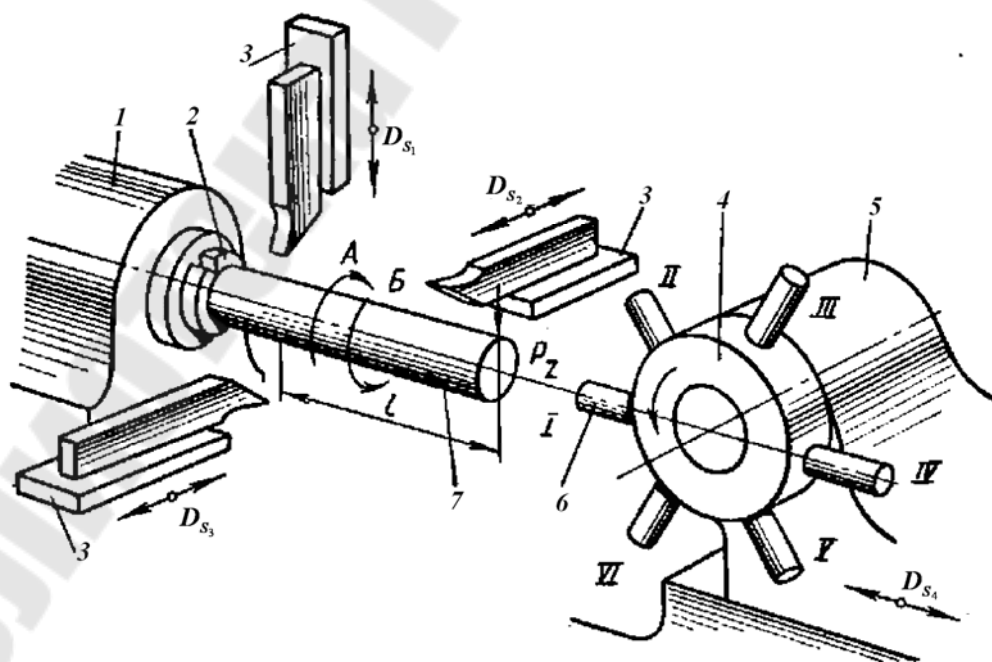


Рис. 2.1. Схема движений токарно-револьверного автомата



При применении специальных магазинных загрузочных устройств можно обрабатывать штучные заготовки, полученные штамповкой, литьем и другими методами.

Наиболее характерным для автомата является изготовление частей арматуры, крепежных и резьбовых изделий и других подобных деталей в условиях серийного и крупносерийного производства, требующих применения нескольких последовательно работающих инструментов: резцов, сверл, зенкеров, разверток и метчиков.

2.1. При выполнении п. 1.2 необходимо изобразить схемы обработки с указанием длины рабочего хода, величины врезания и перебега инструмента, воспользовавшись рис. 2.2 и 2.3.

2.2. При выполнении пп. 1.3 и 1.4 необходимо подобрать инструмент и державки для его закрепления и назначить режимы резания по справочникам [1]–[3].

На токарном автомате применяются различные типы стандартного и специального режущего и вспомогательного инструмента. Автоматные резцы подобны резцам, применяемым на универсальных токарных станках, но имеют меньший размер и шлифовальный стержень для повышения точности их установки (рис. 2.2). Крепление режущих инструментов производится в специальных державках (рис. 2.3).

Установка инструмента в державках производится так, чтобы все усилия, действующие на него, воспринимались державкой.

Конструкции державок зависят от схемы обработки, вида и типа устанавливаемых инструментов, их количества, положения инструмента относительно обрабатываемой заготовки, траектории его движения и способа крепления инструмента к самой державке.

Для снижения времени наладки и подналадки станка применяются державки с предварительно установленным инструментом по шаблонам в специальных приспособлениях.

На рис. 2.3, *и* показана резцедержавка для крепления резца-вставки с неперетачиваемой твердосплавной пластиной, применяемая для черновых операций.

Первичную настройку резцов 3 на размер осуществляют винтами 2. Резцы в резцедержавке 1 закрепляются под действием силы резания. Предварительно резцы 3 фиксируются в рабочем положении подпружиненными клиньями 4.

Все инструменты, закрепленные в одном инструментальном блоке, будут работать с одинаковой подачей, поэтому следует определить подачу для каждого инструмента в отдельности и настроить станок на наименьшую из выбранных допустимых подач.

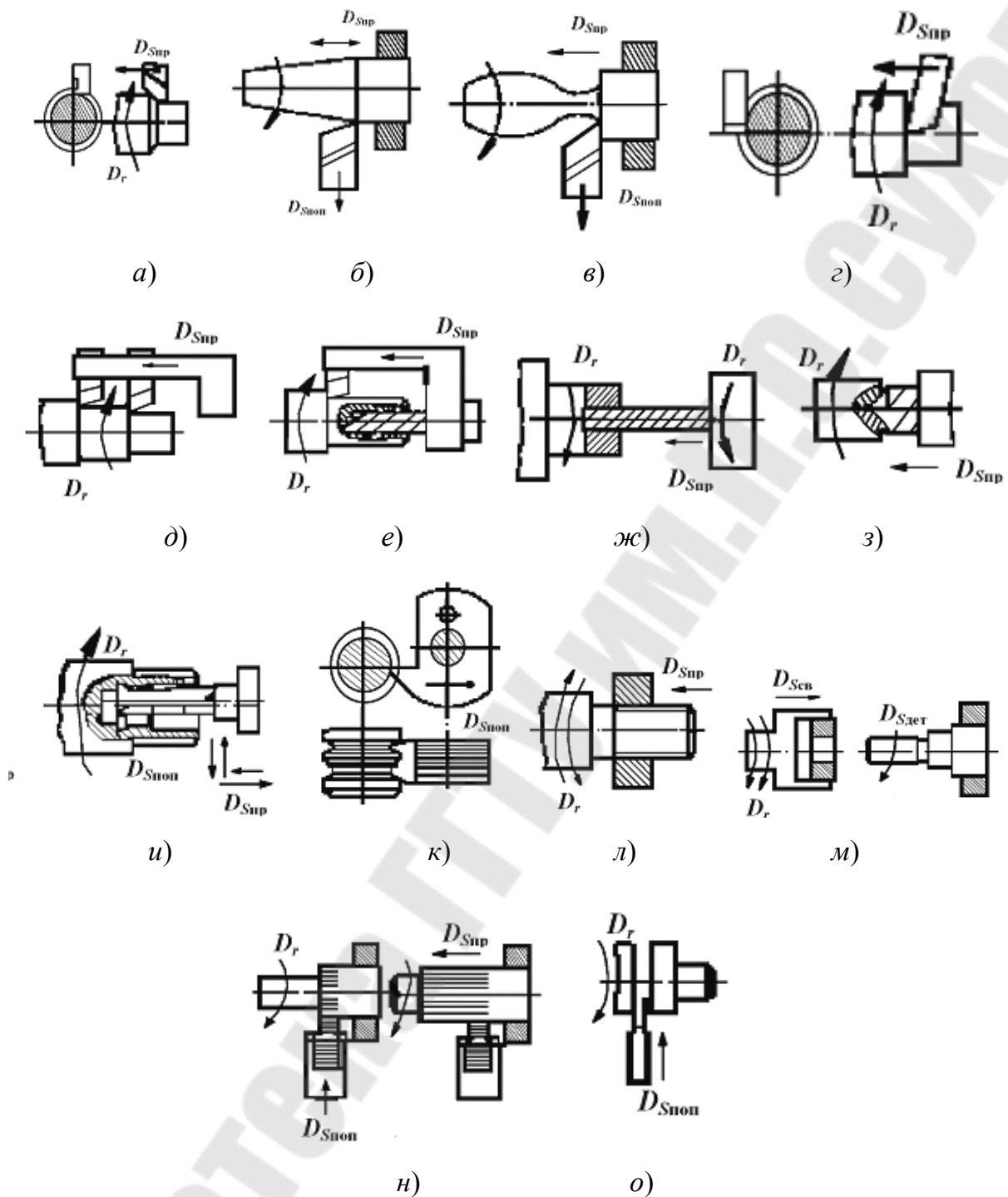


Рис. 2.2. Эскизы видов обработок, выполняемых на автомате:  
 а – проходным резцом; б, в – конической и фасонной поверхности  
 проходным резцом; г – тангенциальным резцом; д – двумя  
 проходными резцами; е – обточка проходным резцом и сверление;  
 ж – сверление с использованием быстросверлильного  
 приспособления; з – центровка; и – расточка канавки; к – обточка  
 фасонным резцом; л – нарезание резьбы невращающейся плашкой;  
 м – получение резьбы методом пластической деформации;  
 н – накатка коротких и длинных рифлений; о – отрезка детали

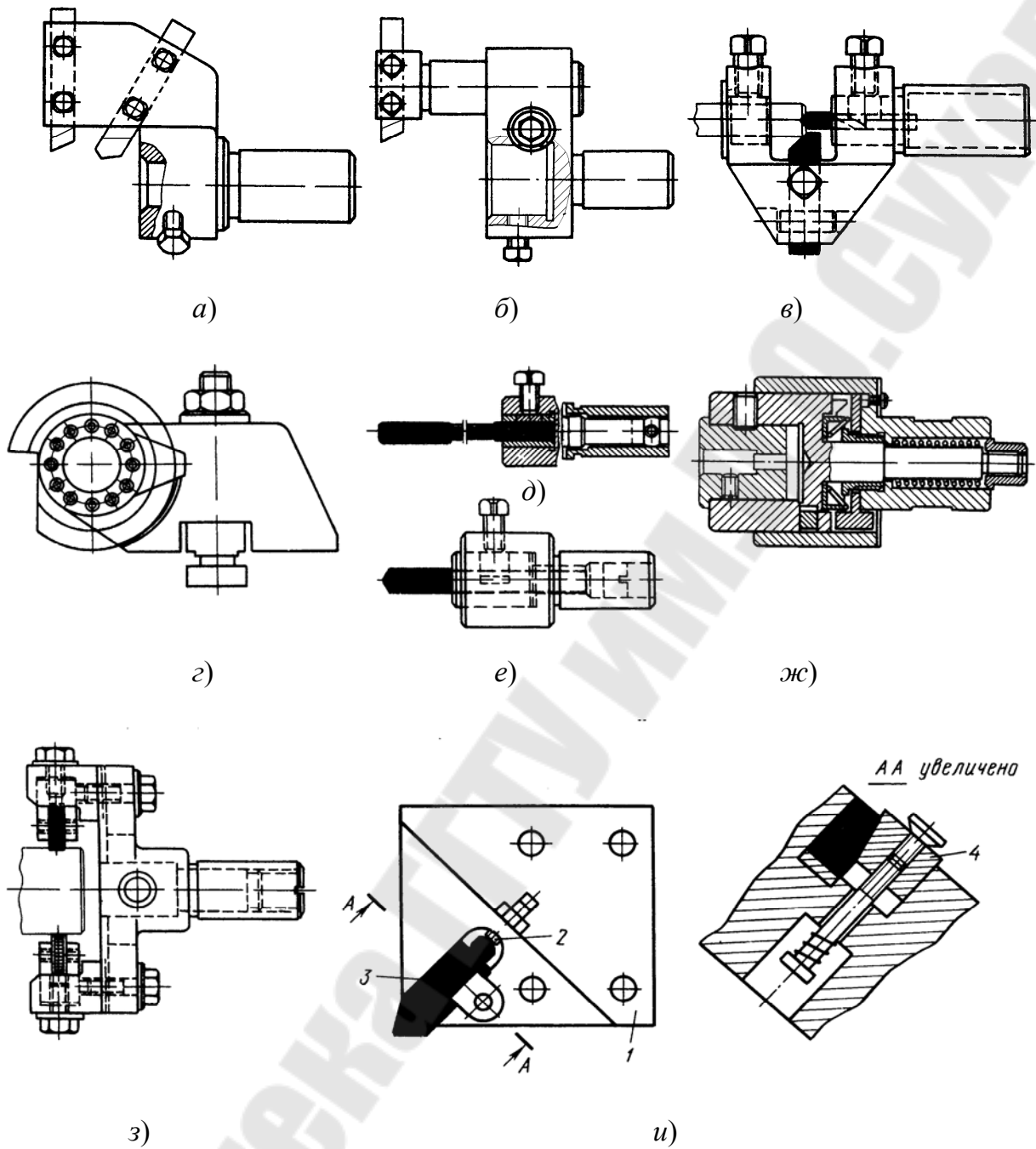


Рис. 2.3. Эскизы державок для установки и закрепления инструментов:  
*a* – радиальная двухрезцовая; *б* – для обточки длинных заготовок;  
*в* – с направляющей втулкой; *г* – для круглой резцовой головки  
 правого суппорта; *д* – для метчика; *е* – для развертки;  
*ж* – для сверла; *з* – для накатных роликов; *и* – для крепления  
 реза-вставки с неперетачиваемой твердосплавной пластинкой

2.3. При выполнении п. 1.5 необходимо изобразить эскизы технологических наладок по каждому переходу, воспользовавшись рис. 2.2 и 2.3.

2.4. При выполнении п. 1.6 необходимо определить движения в станке и записать их кинематические связи, используя схему (рис. 2.4, б).

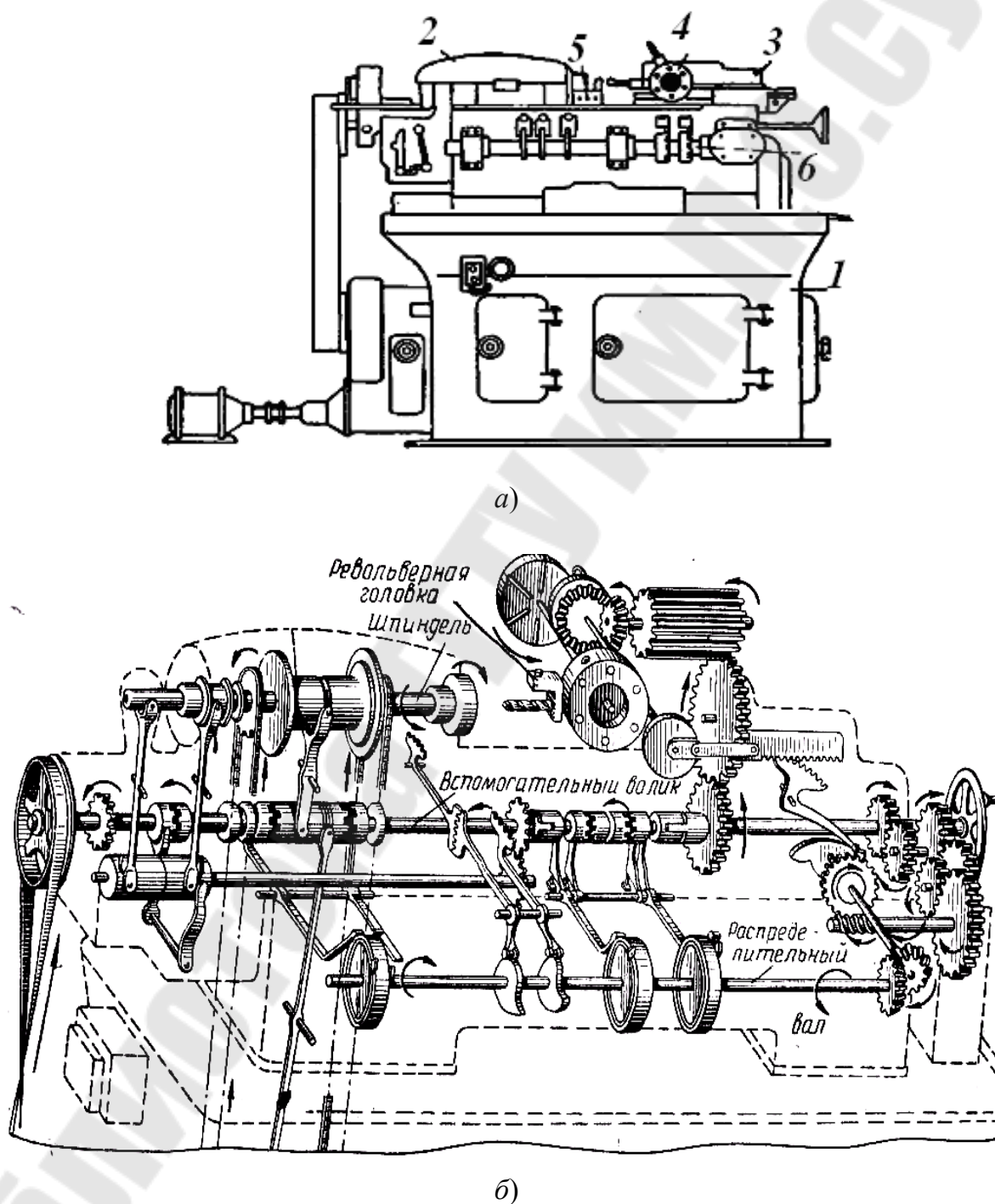


Рис. 2.4. Эскиз токарно-револьверного автомата модели 1112:  
а – общий вид; б – принципиальная 3D-схема

Автомат состоит из основания 1, на котором установлены все узлы и механизмы (рис. 2.4, а). Внутри основания размещены коробка скоростей с приводным электродвигателем и шкаф с электрооборудованием. Сверху на основании установлена и закреплена станина, на которой расположены шпиндельная бабка 2 с механизмом подачи и зажима прутка, вертикальный и горизонтальные поперечные суппорты 5 и продольный револьверный суппорт 3 с револьверной головкой 4.

На обратной стороне станины установлен вспомогательный вал, а на передней стороне – распределительный вал 6 с кулачками подачи всех поперечных суппортов. В правой части станины расположена коробка подач и поперечный распределительный вал с кулачком подачи продольного револьверного суппорта.

### **Техническая характеристика токарно-револьверного автомата модели 1112**

Наибольшие размеры обрабатываемого прутка, мм:	
круглый диаметр .....	12
квадратный (сторона квадрата) .....	8
шестигранный (размер под ключ) .....	10
Наибольшая длина подачи прутка, мм .....	60
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы, мм:	
по стали .....	M3–10
по латуни .....	M3–12
Диаметр отверстий под инструмент в револьверной головке, мм .....	19,5
Наибольший ход револьверной головки, мм .....	50
Число гнезд револьверной головки .....	6
Наименьшее и наибольшее расстояние от торца шпинделя до револьверной головки, мм .....	65–135
Количество суппортов .....	3
Наибольшее поперечное перемещение, мм:	
переднего и заднего суппортов .....	32
вертикального .....	26
Наибольший остаток прутка, мм .....	50
Наибольшая длина обтачивания, мм .....	50
Диаметр револьверной головки, мм .....	100
Время на подачу прутка и зажим цанги, с .....	0,4
Время на поворот револьверной головки, с .....	0,51
Мощность электродвигателя, кВт .....	2,2
Частота вращения электродвигателя, мин <sup>-1</sup> .....	1440

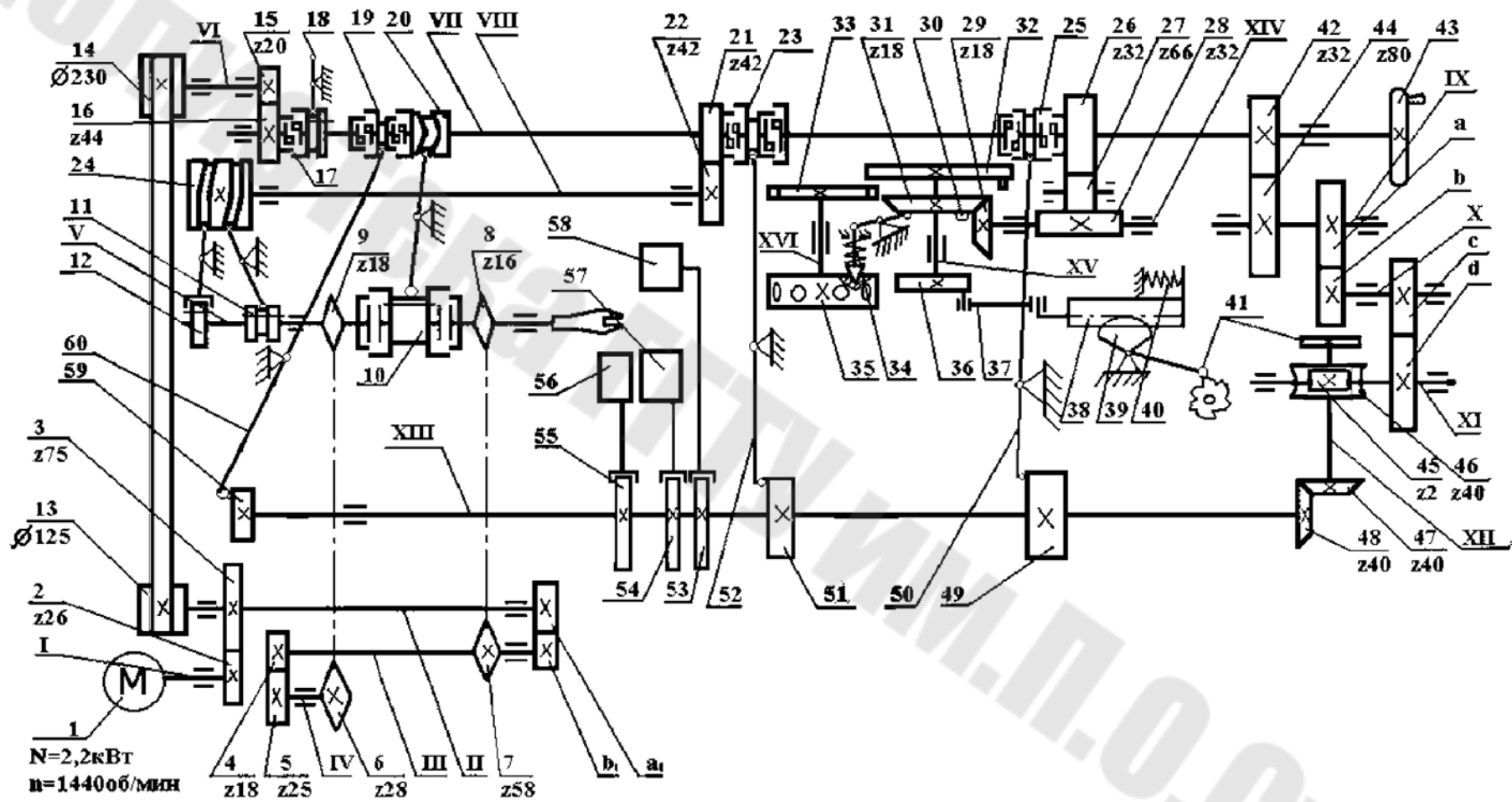


Рис. 2.5. Кинематическая схема

Кинематическая схема станка (рис. 2.5) содержит следующие кинематические цепи: привод главного движения и приводы подач управляющих механизмов.

### **Привод главного движения**

Шпиндель получает вращение от электродвигателя 1 (рис. 2.5) через постоянные зубчатые колеса 2 и 3, сменные  $a_1-v_1$ , 4–5 и цепные передачи со звездочками 7–8 или 6–9. Звездочки 8–9 установлены свободно на шпинделе и передают движение при помощи двусторонней конической фрикционной муфты 10, в результате чего изменяется направление вращения шпинделя.

Частота вращения шпинделя изменяется при помощи сменных колес  $a_1-v_1$ .

Уравнение кинематического баланса для левого вращения шпинделя имеет вид:

$$n_{\text{шп}} = 1440 \cdot \frac{26}{75} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{58}{16}$$

Для правого вращения:

$$n_{\text{шп}} = 1440 \cdot \frac{26}{75} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{18}{25} \cdot \frac{28}{18}$$

### **Приводы подач управляющих механизмов (рис. 2.5)**

Система управления автомата предназначена для согласования движений всех исполнительных механизмов станка. Она состоит из двух валов: вспомогательного VII и распределительных XII–XIII.

Вспомогательный вал получает вращение от электродвигателя 1 через зубчатые колеса 2–3, ременную передачу 13–14 и зубчатые колеса 15–16. Включение и выключение вспомогательного вала производится кулачковой муфтой 17, управляемой рукояткой 18.

От вспомогательного вала VII к распределительному движению передается через зубчатые колеса 42, 44, сменные колеса  $a, b, c, d$  и червячную передачу 45–46.

Распределительные валы совершают один оборот за время, необходимое для полной обработки одного изделия. Это время в секундах называется циклом и обозначается буквой  $T_{\text{ц}}$ . Уравнение кинематической цепи, связывающей вспомогательный и распределительный валы:

$$2T_{\text{ц}} \frac{32}{80} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{2}{40} = 1 \text{ об. п. в.},$$

откуда  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{25}{T_{\text{ц}}}$ .

На вспомогательном валу свободно установлены: цилиндрический кулачок 20, служащий для переключения реверсивной фрикционной муфты 10 шпинделя, зубчатое колесо 21, от которого приводится в движение второй вспомогательный вал управления механизмом подачи и зажима прутка, и колесо 26, от которого приводится в действие механизм фиксации и поворота револьверной головки.

Зубчатые колеса 21 и 26, а также кулачок 20 периодически, в требуемые моменты времени, соединяются с вращающимся вспомогательным валом при помощи кулачковых торцовых муфт 19, 23 и 25. Включение указанных муфт производится посредством однотипных рычагов 50, 52 и 60, которые поворачиваются переставными сухариками кулачков 49, 51 и 59, установленных на распределительном валу.

2.5. При выполнении п. 1.7 необходимо определить параметры рабочей зоны автомата (рис. 2.6) и заполнить табл. 2.1.

2.6. При выполнении п. 1.8 необходимо подробно описать движения в станке и последовательность действий при его настройке. Затем подробно описать последовательность работы механизмов и описать в динамике последовательность передачи движения от начального звена до конечного, воспользовавшись рис. 2.1, 2.4 и 2.5.

#### 2.6.1. Основные узлы автомата

Шпиндельная бабка 1 (рис. 2.1, 2.4) токарно-револьверного автомата установлена на станине жестко. Пруток, пропущенный через отверстие шпинделя, соединяется с последним при помощи зажимной цапги 2 и получает вращательное движение.

Станок имеет три радиальных 3 и продольный суппорт 5, на котором установлена поворотная шестипозиционная (I–VI) револьверная головка 4. Резцами, закрепленными на радиальных суппортах, производится проточка канавок, обработка фасонных поверхностей, точение фасок, отрезка и т. д.

В гнездах револьверной головки при помощи инструментальных державок крепится инструмент для обработки с продольной подачей: резцы для наружной обточки, сверла, зенкеры, развертки, резьбонарезной инструмент и т. п. (рис. 2.1). В одной позиции револьверной головки устанавливается специальный упор 6, ограничивающий величину подачи прутка 7.



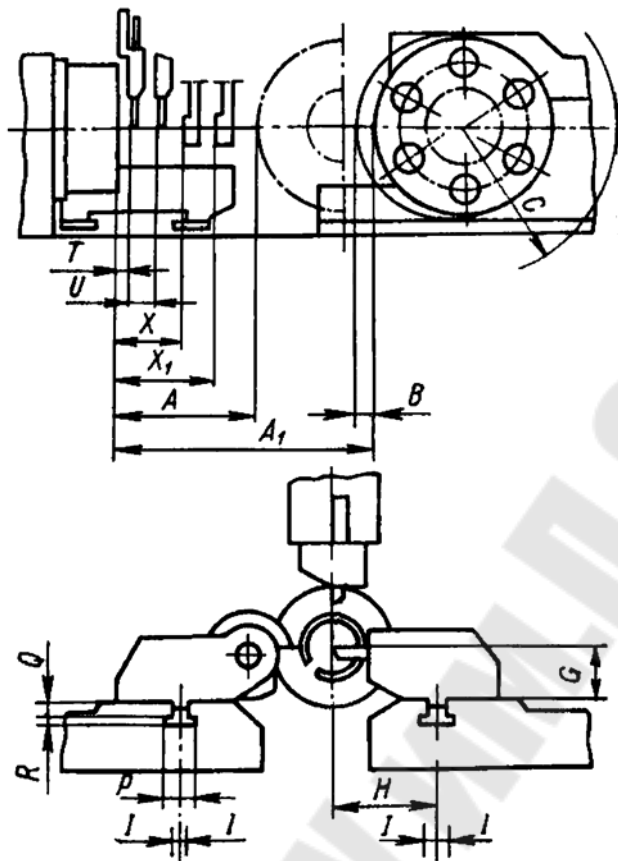


Рис. 2.6. Эскиз рабочей зоны

Таблица 2.1

Основные размеры рабочей зоны автомата

Параметр	Обозначение	Численное значение
Ширина паза для установки болта крепления державки	$P$	
Глубина паза под шпонку державки	$Q$	
Глубина паза для установки болта крепления державки	$R$	
Величина регулировки вдоль оси шпинделя	$U$	
Расстояние от торца шпинделя до торца упора: наименьшее наибольшее	$X$ $X_1$	
Расстояние от торца шпинделя до револьверной головки: наименьшее наибольшее	$A$ $A_1$	
Величина регулировки положения суппорта	$B$	

Параметр	Обозначение	Численное значение
Расстояние от центра револьверной головки до станины	$C$	
Расстояние от площадки для крепления державки до оси шпинделя	$G$	
Наименьшее расстояние от центра паза для крепления державки до оси шпинделя	$H$	
Величина регулировки положения суппорта	$I$	
Расстояние между пазами для крепления державки	$J$	

*Редуктор и коробка скоростей.* В корпусе редуктора находятся зубчатые колеса  $z = 26$  и  $z = 75$ , одновременно корпус редуктора служит резервуаром для смазки (рис. 2.7). Коробка скоростей размещена в тумбе станины. Опоры валов расположены в стенках тумбы. В коробке скоростей размещены сменные зубчатые колеса  $a_1, b_1, c_1, d_1$  и звездочки  $z = 58$  для левого и  $z = 28$  для правого вращения шпинделя.

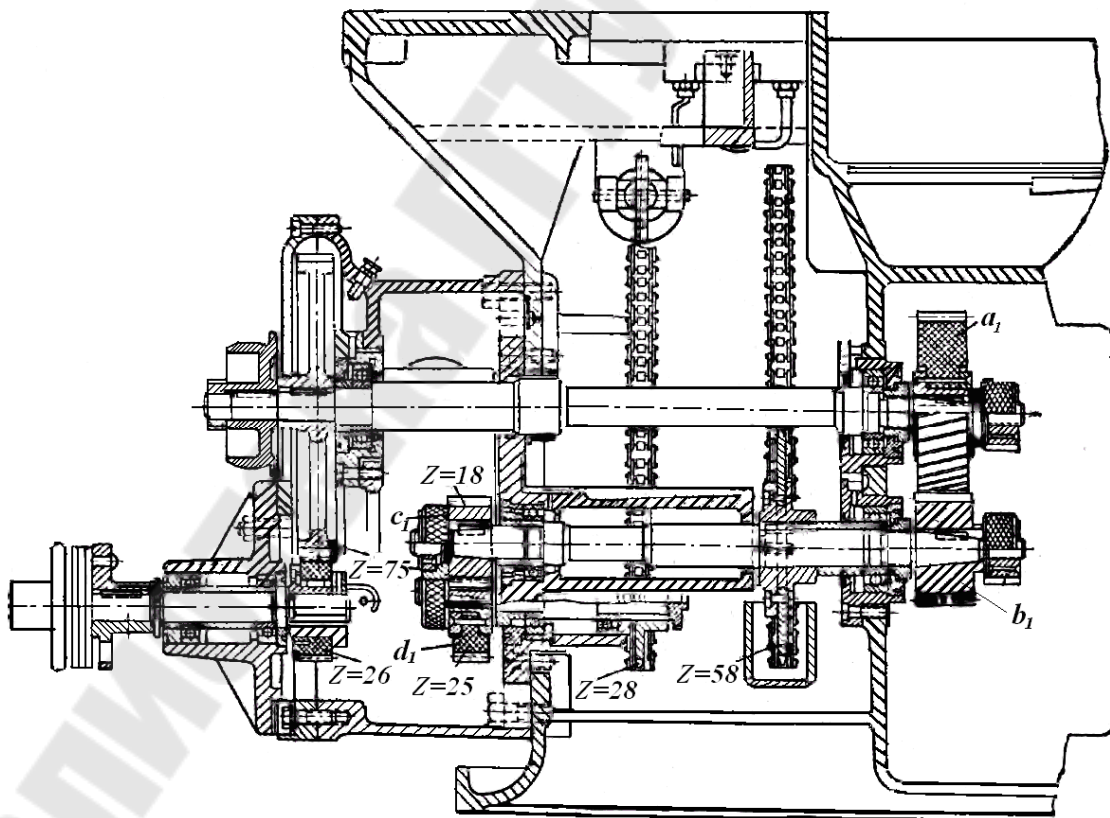


Рис. 2.7. Эскиз коробки скоростей

### *2.6.1.1. Механизм управления вспомогательным валом VII*

Для работы автомата необходимо, чтобы все движения исполнительных механизмов осуществлялись в определенной последовательности. Это достигается с помощью кулачков управления, установленных на распределительных валах XII–XIII (рис. 2.5). На корпусе кулачков закреплены специальные сухарики, обеспечивающие через рычаги включение исполнительных механизмов, которые после выполнения заданного цикла движения автоматически выключаются. Достигается это с помощью самовыключающихся однооборотных муфт.

Ведущая часть кулачковой муфты вращается вместе с вспомогательным валом VII (рис. 2.5). Включение муфты обеспечивается от распределительного вала XIII (рис. 2.5) сухариком 9, закрепленным на диске кулачка 10 (рис. 2.8, з). При вращении кулачка сухарик поднимает правый конец рычага 8 и палец 6 освобождает подвижную полумуфту 3.

Под действием пружины полумуфта 3 смещается влево и входит в зацепление с ведущей полумуфтой 1 (рис. 2.8). В новом положении детали начинают вращаться вместе с валом VII (рис. 2.5).

### *2.6.1.2. Механизм подачи и зажима прутка (рис. 2.9)*

Внутри пустотелого шпинделя 14 установлены зажимная цанга 7, подающая цанга 2, зажимная труба 9 и зажимная втулка 8. Механизм подачи и зажима прутка состоит из следующих основных деталей: подающей трубы 1, подающей цанги 2, салазок 3, гайки 4, кулачка 5, рычага подачи 6, зажимной цанги 7, зажимной втулки 8, зажимной трубы 9, рычага 10, втулки 11, L-образных рычагов 12, опорного кольца 13.

Рычаг 10, скользя одним концом в пазу кулачка 5, а другим в канавке втулки 11, перемещает последнюю влево и вправо. При перемещении втулки 11 влево она нажимает на длинные концы рычагов 12. Эти рычаги, упираясь в кольцо 13 короткими плечами, смещают вправо трубу 9 и втулку 8, которая своим внутренним конусом сжимает зажимную цангу. При перемещении втулки 11 вправо длинные концы рычагов 12 расходятся. При этом труба 9 и втулка 8 под действием пружины 15 перемещаются влево, в результате чего зажимная цанга разжимается и освобождает прутки.

Подающая цанга 2, закаленная в сжатом состоянии, служит направляющей для прутка, который с небольшим трением раздвигает лепестки цанги. Подающая цанга вернута в подающую трубу 1 и может перемещаться вместе с ней. Перемещение подающей трубы осуществляется рычагом 6. Подача и зажим прутка производятся после того, как произойдет отрезка готовой детали.

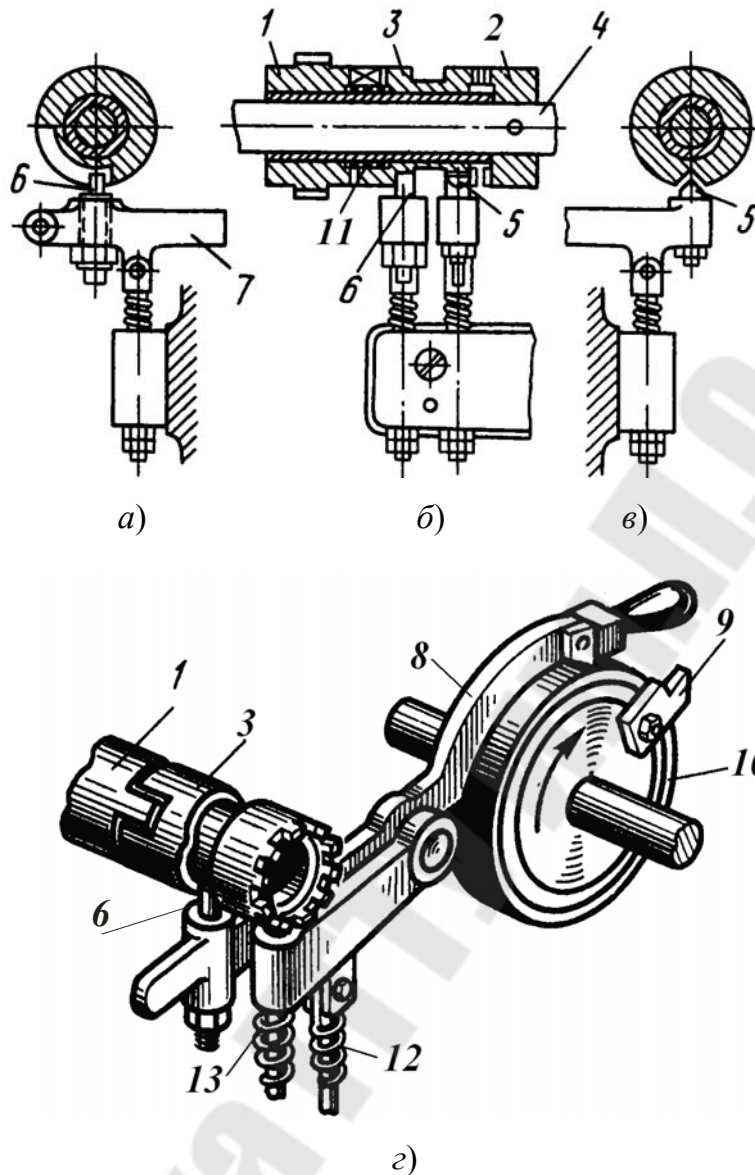


Рис. 2.8. Схема включения кулачковой муфты

В этот момент в результате действия сухарика кулачка 51 на рычаг 52 (рис. 2.5) кулачковая муфта 23 соединит с вращающимся вспомогательным валом зубчатое колесо 21 (рис. 2.5), которое сообщит через зубчатое колесо 22 кулачку 24 один оборот. Кулачок 5 (рис. 2.9) будет последовательно поворачивать рычаги 6 и 10, которые осуществляют следующий цикл движения подающей и зажимной цанги:

1. Отвод подающей цанги 1 (влево).
2. Разжим зажимной цанги 7 (освобождение прутка).
3. Перемещение подающей цанги вместе с прутком (вправо).
4. Зажим зажимной цанги.

Во время первого этапа цикла подающая цанга, скользя по прутку, отходит влево. Пруток в этот момент удерживается зажимной цангой. После разжима зажимной цанги и освобождения прутка подающая цанга перемещается вперед (вправо) и за счет сил трения перемещает пруток до упора, установленного в одном из гнезд револьверной головки. После этого зажимная цанга зажимает пруток. Начинается обработка новой заготовки.

Необходимая последовательность поворотов рычагов *6* и *10*, управляющих движениями подающей цанги, обеспечивается профилем канавок на кулачке *5*.

При постоянном угле качания рычага *6* длина хода салазок и подающей трубы будет зависеть от положения гайки *4*. Положение гайки регулируется винтом *16*.

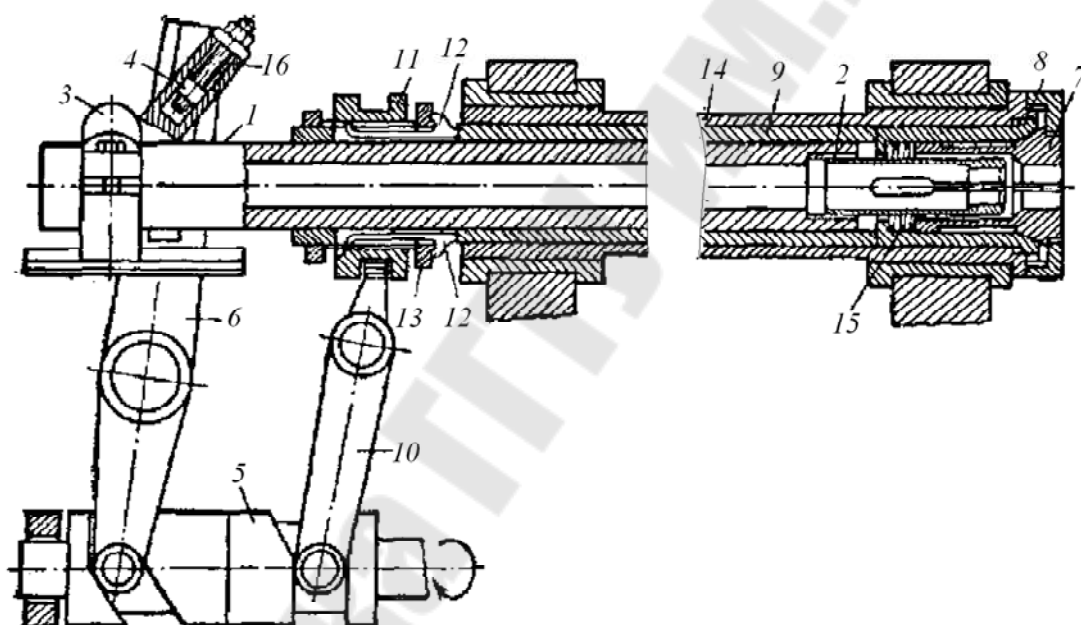


Рис. 2.9. Эскиз механизма подачи и зажима прутка

### 2.6.1.3. Револьверный суппорт (рис. 2.10 и 2.11)

Револьверный суппорт совершает следующий цикл движений:

1. Медленная рабочая подача суппорта справа налево.
2. Быстрый отвод суппорта слева направо.
3. Поворот револьверной головки на следующую позицию, т. е. на  $60^\circ$ .
4. Быстрый подход суппорта справа налево в исходное положение.

Рабочую продольную подачу револьверная головка получает от кулачка *12* (рис. 2.10). Под действием одного из выступов кулачка поворачивается рычаг *21*, зубчатый сектор *1* которого перемещает

рейку 22 и шатун 3. Шатун при помощи кривошипа соединен с валиком 4. Этот валик вращается в подшипниках, смонтированных в корпусе суппорта 5 револьверной головки, и поэтому при перемещении валика движется и суппорт. Во время рабочего хода револьверной головки кривошипно-шатунный механизм находится в крайнем правом «мертвом» положении.

Корпус суппорта, несущего револьверную головку, находится под постоянным действием пружины 14, стремящейся сдвинуть его вправо. Когда ролик окажется в точке, соответствующей максимальному значению радиуса данного выступа кулачка, револьверная головка придет в крайнее (левое) положение. При попадании ролика во впадину кулачка суппорт револьверной головки переместится вправо на расстояние  $l_1$ , соответствующее глубине этой впадины.

В этот момент один из сухариков кулачка 49 (рис. 2.5), действуя на рычаг 50, включает муфту 25, посредством которой движение от вала VII через зубчатые колеса 26, 27, 28, 29 и 31 сообщает один оборот диску 32. На рис. 2.10 это движение от шестерни вспомогательного вала VII передается колесу 20, от него посредством колес 16, 17, 18 диску 19.

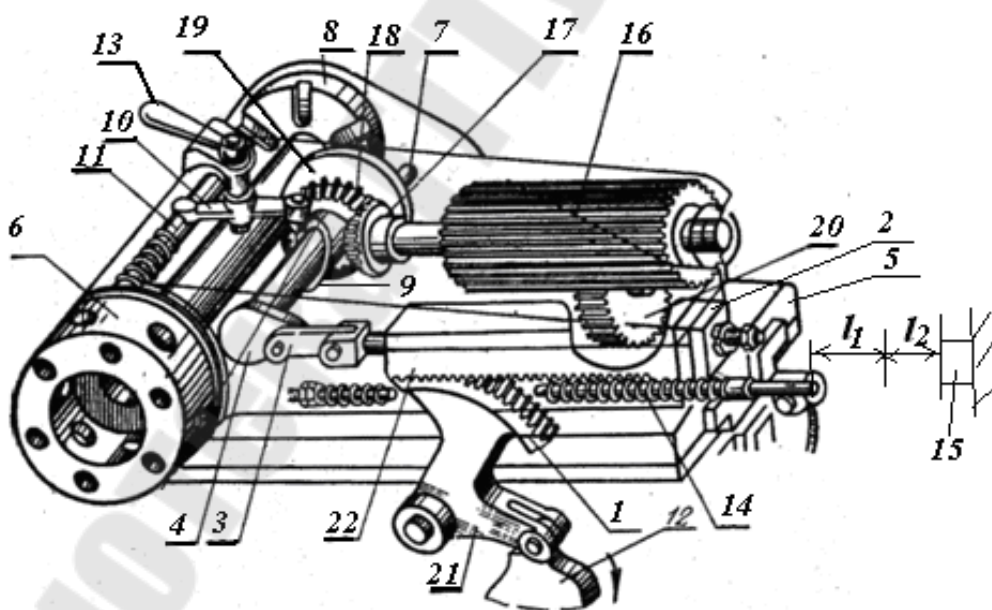


Рис. 2.10. Эскиз револьверного суппорта

За половину оборота кривошипного валика 4 (рис. 2.10) суппорт отойдет под действием пружины вправо на величину  $l_2$ , до соприкосновения с упором 15. За вторую половину оборота валика кривошип переместит суппорт в левое (исходное) положение. Таким образом,

быстрый отход суппорта с револьверной головкой  $b$  осуществляется как за счет кулачка  $12$  на величину  $l_1$ , так и за счет кривошипно-шатунного механизма на величину  $l_2$ .

Цикл поворота револьверной головки происходит во время ее отхода в крайнее правое положение, тогда инструмент отойдет за пределы заготовки (рис. 2.11) (далее цифры в скобках будут указывать позиции, соответствующие рис. 2.10).

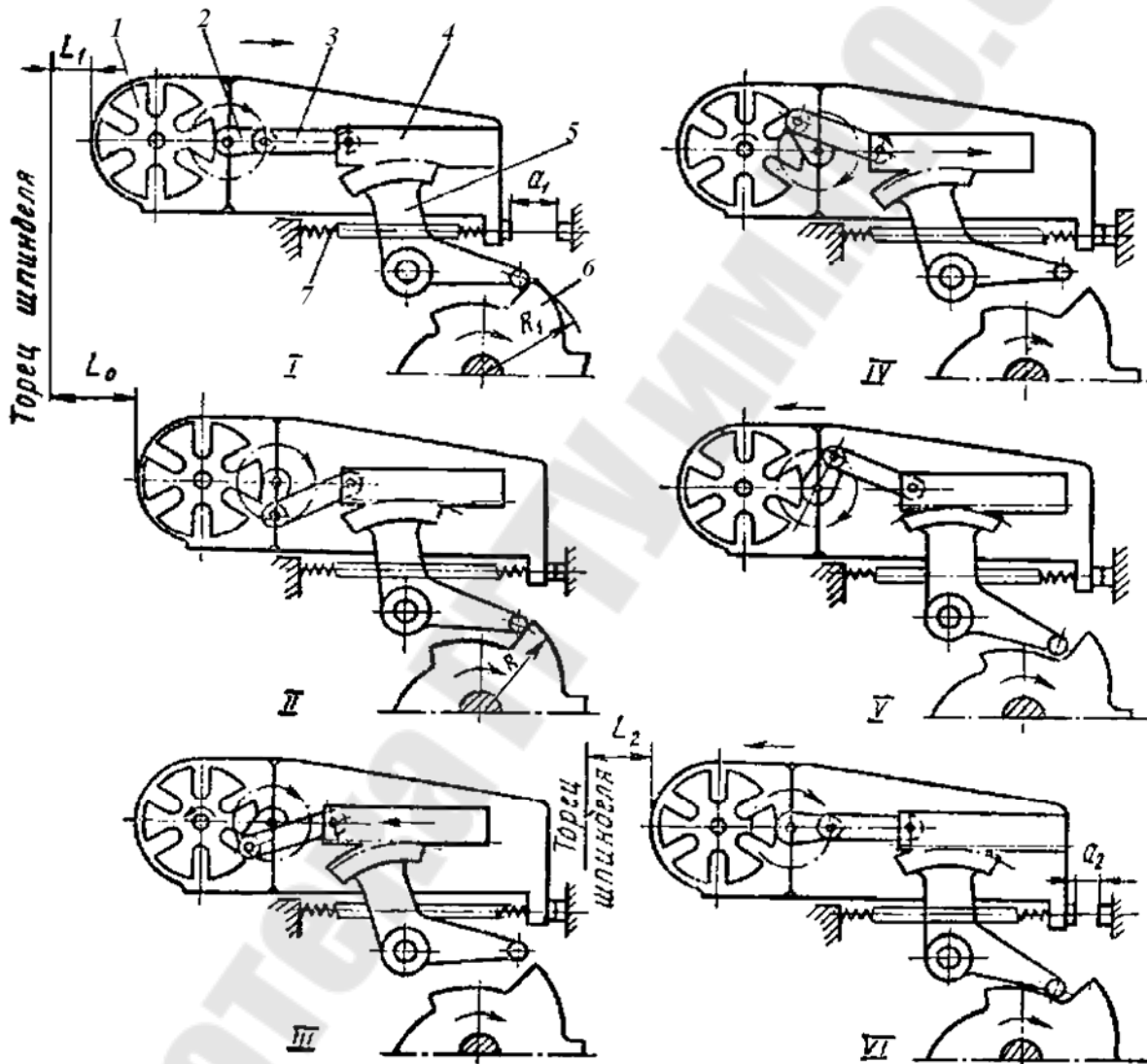


Рис. 2.11. Схема поворота револьверной головки:  
I–VI – последовательные положения при повороте

При повороте кулачка  $b$  ( $12$ ) (позиция I) включается однооборотная зубчатая муфта на вспомогательном валу и начинается вращение кривошипного валика  $2$  ( $4$ , рис. 2.10), который через шатун  $3$  ( $3$ ) стремится переместить влево зубчатую рейку  $4$  ( $2$ ). В результате

рейка остается на месте, а револьверный суппорт под действием пружины 7 (14) быстро отходит назад (позиция II).

Продолжая вращаться, кривошипный валик своим кулачком (9) посредством рычага (10) выводит фиксатор (11) из гнезда револьверной головки и начинает ее поворот при входе пальца (7) кривошипного валика 2 (4) в один из пазов мальтийского диска 1 (8) (позиция III). Одновременно кривошипный валик через шатун тянет рейку 4 (2) влево, отрывая рычаг с роликом 5 (1) от кулачка 6 (12). Повернувшись на 180°, кривошипный валик начинает перемещать рейку направо, поджимая рычаг с роликом к кулачку (позиция IV). В этот момент заканчивается поворот револьверной головки и производится ее фиксация.

Как только ролик рычага коснется кулачка, рейка остановится. Кривошипный валик, продолжая вращаться, давит через шатун на неподвижную рейку и осуществляет быстрое перемещение револьверного суппорта вперед в исходное положение (позиция V и VI).

В случае необходимости повернуть револьверную головку, при наладке станка вывод фиксатора из гнезда револьверной головки может быть произведен посредством рукоятки 13 (рис. 2.10).

#### *2.6.1.4. Поперечные суппорты (рис. 2.12)*

Поперечные суппорты получают движение от кулачков 53, 54, 55, закрепленных на распределительном валу XIII (рис. 2.5).

Передний (левый) суппорт 6 (рис. 2.12) получает движение от рычага 7 с сектором 8, находящимся в зацеплении с рейкой 9. Заднему (правому) суппорту 10 движение сообщается посредством зубчатых секторов 11, 12. В радиальном направлении резцы относительно изделия при наладке можно перемещать, освобождая для этого болты 1 и вращая гайки 3. При этом суппорты передвигаются относительно их реек. Предельные положения суппортов устанавливаются при помощи валиков-упоров 4, которые упираются в неподвижные упоры 5. Регулировка положения валиков 4 производится винтами 2.

При наладке автомата муфта 17 (рис. 2.5) включается рукояткой 18, и привод вспомогательного и распределительных валов осуществляется маховичком 43.

2.7. При выполнении п. 1.9 необходимо произвести наладку станка на обработку детали.

*Проектирование кулачков* производится на основе расчетных данных таблицы карты наладки и паспортных данных автомата. При этом разрабатываются рабочие чертежи на все кулачки.



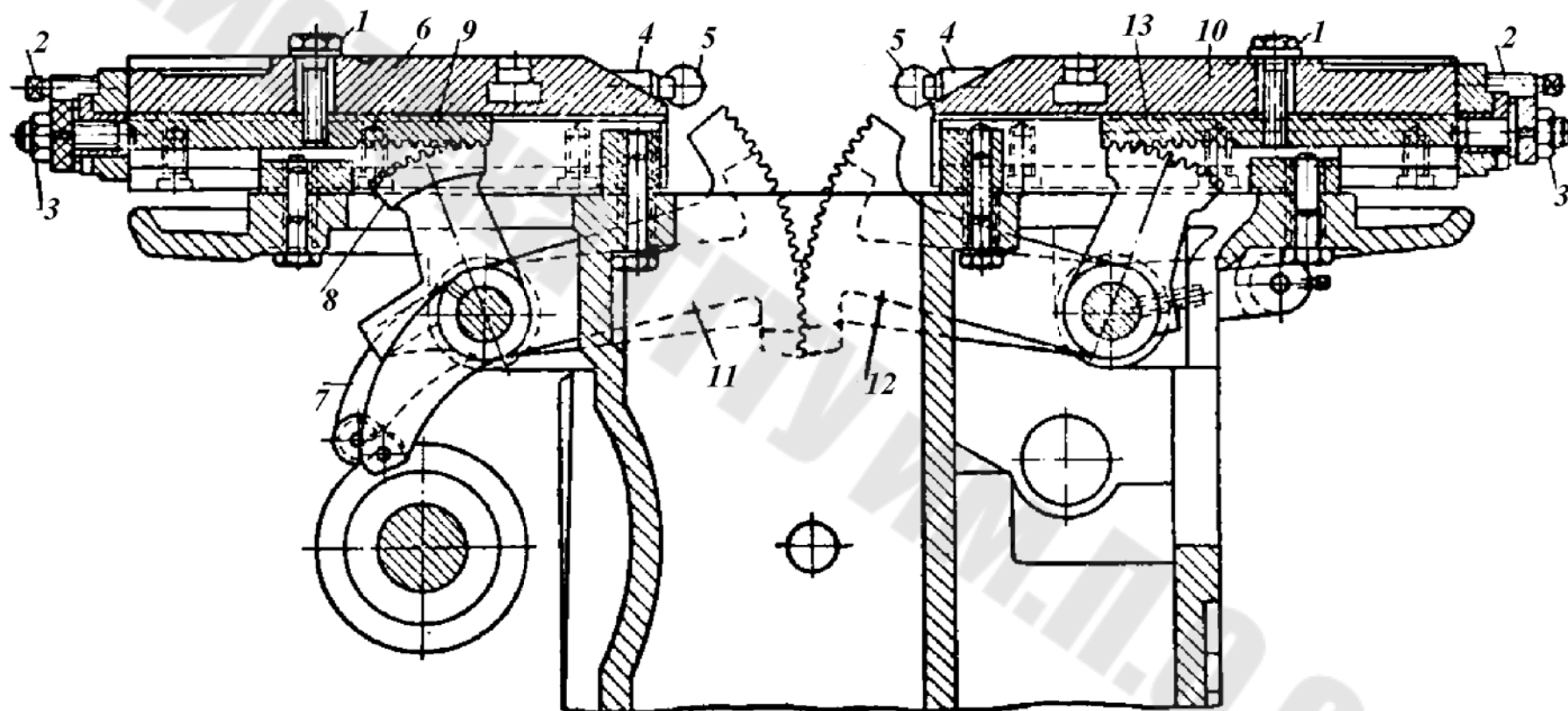


Рис. 2.12. Эскиз поперечных суппортов

Построение профиля дискового кулачка производится с использованием максимального диаметра его заготовки (рис. 2.13). Угловые границы каждого участка профиля кулачка, соответствующие определенным рабочим и холостым ходам, очерчиваются дугами окружностей, называемых лучами. Сначала проводится нулевой луч, соответствующий началу цикла обработки, а затем на соответствующих углах другие лучи. Прочерчивание лучей производится при условном повороте толкателя вокруг неподвижного кулачка.

При этом ось толкателя будет поворачиваться по окружности с радиусом, равным межцентровому расстоянию  $R(A)$ .

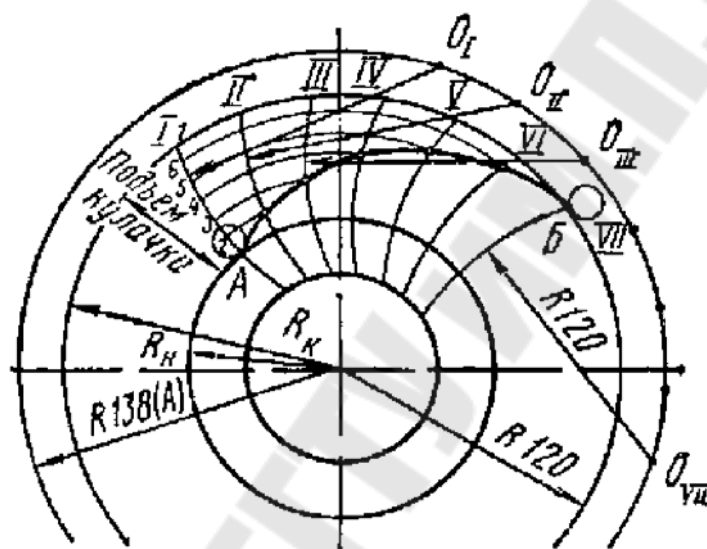


Рис. 2.13. Схема построения профиля дисковых кулачков на участке рабочего хода

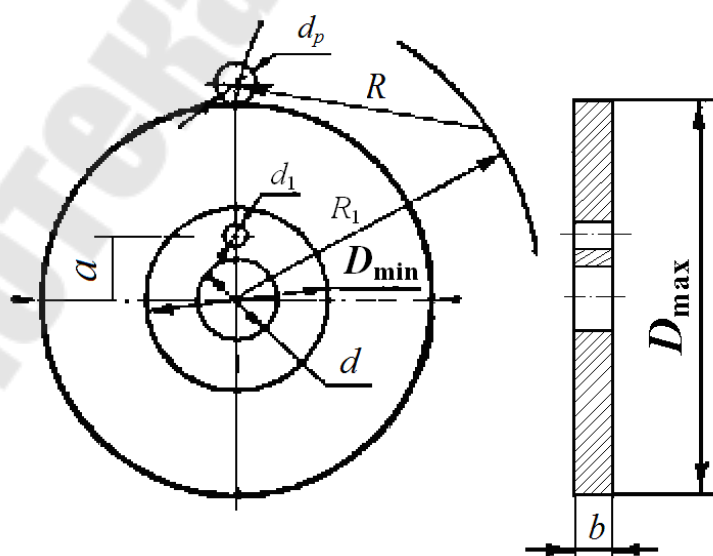


Рис. 2.14. Эскиз заготовки кулачка

Получив угловые границы профиля кулачка для данного рабочего хода, из таблицы карты наладки берутся значения начального и конечного радиусов  $R_H$  и  $R_K$  и проводятся окружности, являющиеся границами данного участка профиля по высоте.

Между полученными точками А и Б строится профиль участка рабочего хода, который очерчивается по спирали Архимеда, обеспечивающей равномерную подачу суппорта при повороте кулачка.

Построение профиля участка рабочего хода для роликового толкателя отличается тем, что сначала строится траектория перемещения центра ролика, а затем вычерчивается профиль кулачка, являющийся касательной к ролику при его последовательных положениях от точки А до точки Б. Участки профиля кулачка, соответствующие холостым ходам, на практике не строятся, а счерчиваются по шаблонам, чертежи которых приведены в паспорте автомата (рис. 2.15).

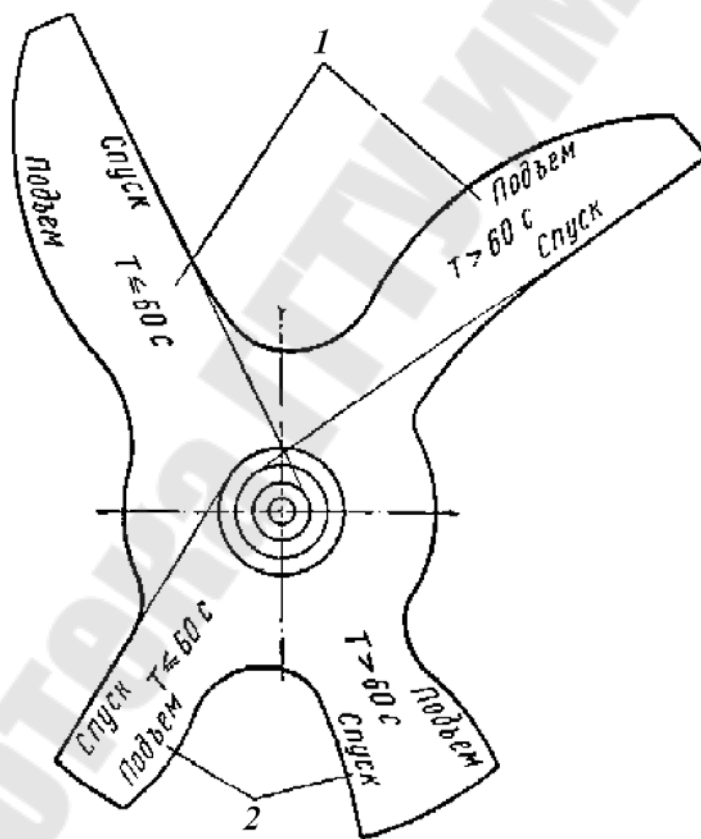


Рис. 2.15. Эскиз шаблона для вычерчивания профиля кулачков на участке холостого хода:

1 – для кулачков револьверного суппорта; 2 – для кулачков поперечных суппортов

Размеры заготовок кулачков и передаточных рычагов

Наименование кулачка	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$R$	$R_1$	$d$	$d_1$	$a$	$b$	$d_p$	Передаточное отношение рычагов
Револьверный суппорт	50	170	94	116	32	7	$22 \pm 0,1$	8	14	1
Передний и задний поперечный суппорт	60	124	65	82,5	32	7	$22 \pm 0,1$	8	18	1
Верхний суппорт	60	124	65	82,5	32	7	$22 \pm 0,1$	8	18	0,81

### 2.7.1. Общая характеристика работ, выполняемых при наладке

Наладка токарно-револьверного автомата производится на основе и в строгом соответствии с картой наладки и включает такой ряд последовательных этапов:

- подготовка к наладке автомата (изучение карты наладки, подбор необходимых режущих и измерительных инструментов, резцедержавок, комплекта кулачков, сменных цанг и др.);

- установка сменных зубчатых колес в коробке скоростей ( $a_1$  и  $b_1$ ) и подач ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ) (рис. 2.5), настройка необходимых частот вращения шпинделя и распределительного вала;

- установка подающей и зажимной цанг и направляющего кольца, регулировка величины подачи заготовки и усилия ее зажима;

- установка и регулировка кулачков револьверного и радиальных суппортов;

- предварительная установка державок с режущими инструментами на револьверной головке и на радиальных суппортах и проведение пробной обработки деталей;

- проведение окончательной регулировки всех режущих инструментов и проверка наладки автомата в целом при обработке нескольких деталей;

- регулировка механизмов блокировки.

### 2.7.2. Наладка движений суппортов, режущих инструментов и приспособлений

Наладка движений суппортов в автомате начинается с установки на распределительный вал всех кулачков. Сначала устанавливаются кулачки, которые имеют определенное и постоянное положение на распределительном валу (кулачок револьверной головки). Затем устанавливаются и регулируются остальные кулачки.

Перед установкой кулачков на распределительный вал все упоры-ограничители хода суппортов должны быть отведены в крайнее положение.

После установки рабочих кулачков производится установка и регулировка командных кулачков, управляющих включением однооборотных муфт механизма переключения револьверной головки, подачи и зажима заготовок и др.

После установки и регулировки кулачков производится предварительная установка режущих инструментов и наладка заданных движений суппортов. Успех выполнения этой операции во многом зависит от того, насколько правильно были подобраны необходимые державки и режущие инструменты. Установка державок и режущих инструментов производится в соответствии с указаниями карты наладки.

При наладке предварительная расстановка режущих инструментов начинается с установки отрезного резца (рис. 2.16, а). При этом он устанавливается сразу окончательно.

Вращая вручную распределительный вал автомата, подводится суппорт в крайнее рабочее положение и устанавливается отрезной резец на требуемом по карте наладки расстоянии  $a$  от торца шпинделя. Вершина его режущего лезвия при этом должна проходить через ось обрабатываемой детали и заходить после отрезания детали за ее ось на 0,2–2 мм, чтобы после отрезания на торце прутка гарантированно не оставалось остатка материала.

Затем производится установка и регулировка упора. Вращая распределительный вал, устанавливается упор в рабочую позицию, производится подача прутка до упора и его надрез отрезным резцом. Измеряя полученную длину  $l$  между торцом прутка и надрезом, регулируется упор так, чтобы получить заданную длину детали. В случае обработки детали с предварительной подрезкой торца к этой величине необходимо прибавить припуск на подрезку торца.

После окончательной регулировки положения отрезного резца и упора производится предварительная установка остальных режущих инструментов (кроме резьбонарезных). Установка державок и режущих инструментов сводится в основном к определению их правильного положения по длине или диаметру обрабатываемой детали, заданных в карте наладки, и правильного положения резцов по высоте и глубине хода.

Наиболее рациональной является наладка движений суппортов и режущих инструментов с применением эталона, шаблона или заранее изготовленной детали (рис. 2.16, б).

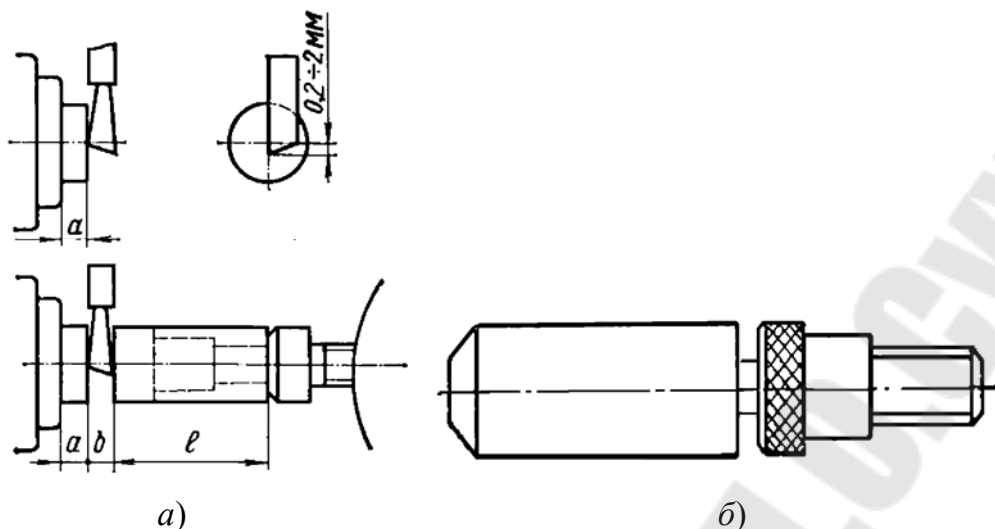


Рис. 2.16. Схемы:

*a* – установки и регулировки отрезного резца;  
*б* – эскиз эталона для наладки инструмента

При наладке режущих инструментов без эталона их установка на заданный размер производится путем последовательных переходов (рис. 2.17). Сначала резец *1* устанавливается приблизительно на размер  $d_1$  (положение I), который является близким к заданному размеру  $d$ . Резец закрепляется, и производится обточка небольшого участка на детали. Полученный размер  $d_1$  измеряется и сравнивается с заданным  $d$ . Затем суппорт *2* с резцом при помощи регулировочного винта *3* перемещается на величину

$$l = \frac{1}{2}(d_1 - d_{\text{наим}}).$$

Опять производится обточка заготовки и измеряется полученный диаметр обработки.

После установки и регулировки всех режущих инструментов проверяется в комплексе вся наладка режущих инструментов, отсутствие их столкновений, правильность включений и переключений, направление вращения шпинделя.

При установке и регулировке резьбонарезного инструмента необходимо следить за точным совпадением его оси с осью детали. Натяжная пружина резьбонарезного инструмента должна быть отрегулирована так, чтобы она обеспечивала достаточное усилие в начале нарезания резьбы плашкой или метчиком.

После наладки резьбонарезного инструмента проводится полная обработка нескольких заготовок и по результатам контроля размеров

и качества обработки – окончательная регулировка положения режущих инструментов и величин перемещения суппортов. Здесь же регулируются и закрепляются жесткие упоры, ограничивающие перемещения суппортов.

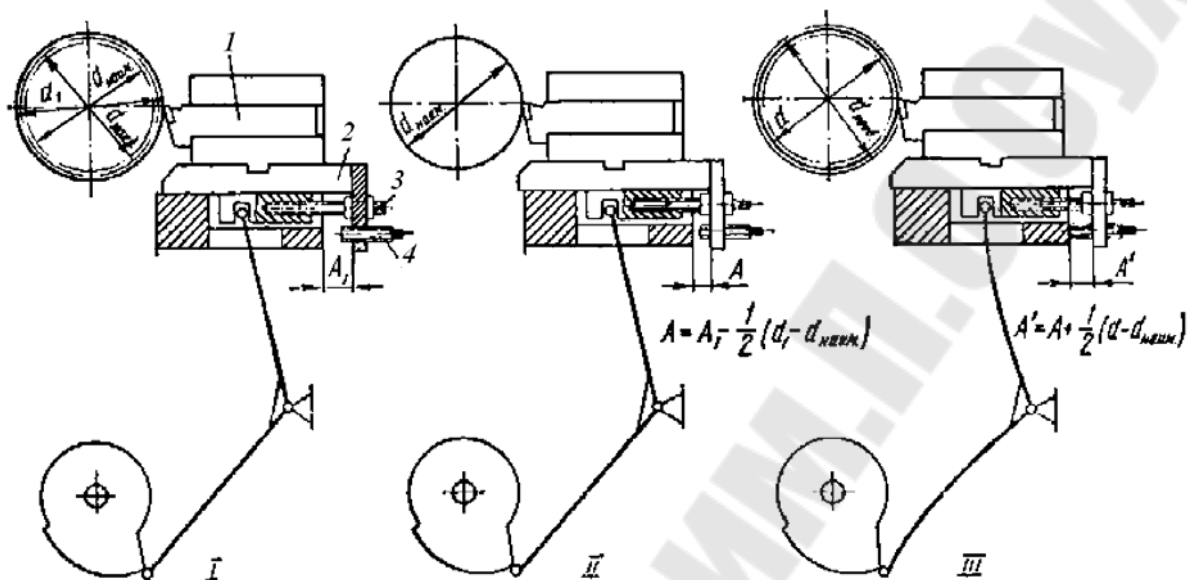


Рис. 2.17. Схемы регулирования инструмента поперечных суппортов

Жесткий упор 4 (рис. 2.17, положение III) ввинчивается и закрепляется так, чтобы он останавливал резец до окончания хода суппорта по кулачку не более чем на 0,1 мм, в результате чего в передаточных рычагах получается натяг.

Когда детали получаются в полном соответствии с заданными техническими требованиями и размерами чертежа, регулируются и подключаются все блокирующие устройства и автомат готов к работе.

### 3. Структура отчета

- 3.1. Цель, задание и порядок выполнения работы.
- 3.2. Эскиз детали и заготовки.
- 3.3. Маршрут обработки с эскизами технологических наладок.
- 3.4. Режимы резания.
- 3.5. Структурная схема автомата с уравнениями кинематического баланса движений.
- 3.6. Описание всех движений в станке и последовательности действий при настройке автомата.

## 4. Контрольные вопросы

- 4.1. К какому типу относится станок?
- 4.2. Название и область применения станка.
- 4.3. Перечислите основные узлы и органы управления.
- 4.4. Назовите движения, которыми управляет распределительный вал.
- 4.5. Составьте уравнения кинематических цепей для правого и левого вращения шпинделя.
- 4.6. Назовите движения, которыми управляет вспомогательный вал.
- 4.7. Как работает самовыключающаяся однооборотная муфта?
- 4.8. Опишите цикл подачи и зажима прутка.
- 4.9. Опишите цикл движения револьверного суппорта.
- 4.10. Как работают поперечные суппорты?
- 4.11. Укажите назначение каждого кулачка, находящегося на распределительном валу.
- 4.12. Что включает в себя наладка станка?
- 4.13. Назовите режущий инструмент и приспособления для их закрепления.
- 4.14. Исходя из каких критериев выбираются режимы резания?
- 4.15. Приведите последовательность проектирования кулачков.
- 4.16. Общая характеристика работ, выполняемых при наладке.
- 4.17. Какова последовательность обработки детали на автомате?

## Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 568 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

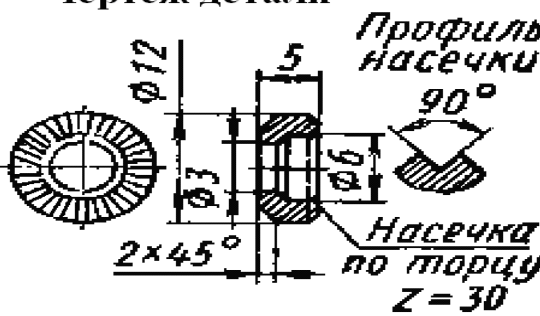
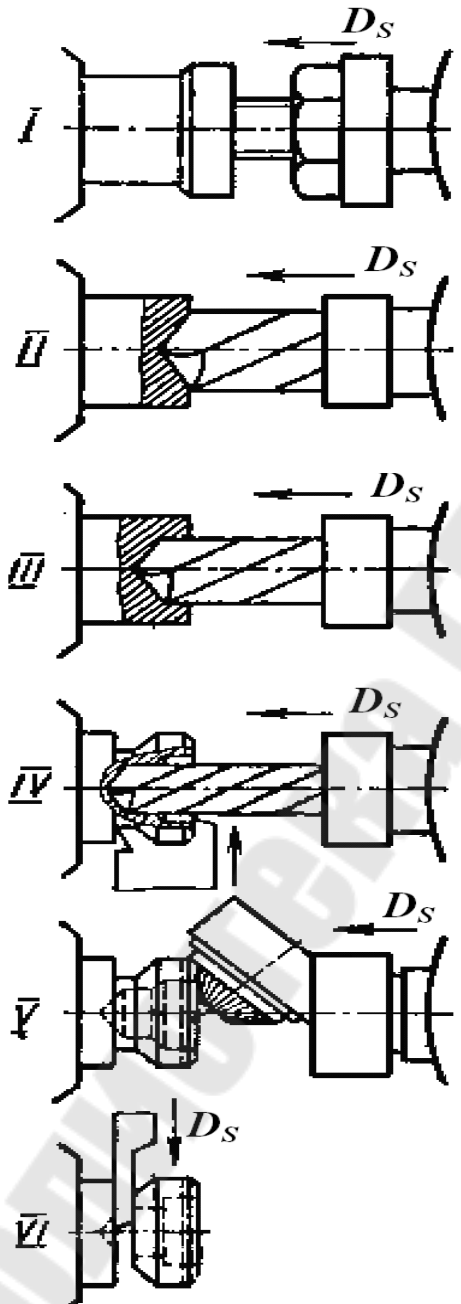


## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.2.1

### Примеры последовательности обработки детали на автомате

Чертежи деталей	Изготовление двух втулок:
<p>Переходы</p> <p><i>I</i></p>	<p><i>I</i> переход – подача прутка до упора</p>
<p><i>II</i></p>	<p><i>II</i> переход – центровать отверстие</p>
<p><i>III</i></p>	<p><i>III</i> переход – сверлить <math>\varnothing 5</math></p>
<p><i>IV</i></p>	<p><i>IV</i> переход – сверлить <math>\varnothing 3</math>, обточить фасонным резцом</p>
<p><i>V</i></p>	<p><i>V</i> переход – отрезать детали</p>

<p><b>Чертеж детали</b></p>  <p><b>Переходы</b></p> 	<p>Изготовление специальной втулки:</p> <p><i>I</i> переход – подача прутка до упора</p> <p><i>II</i> переход – центровать отверстие</p> <p><i>III</i> переход – сверлить Ø6</p> <p><i>IV</i> переход – сверлить Ø3, обточить фасонным резцом</p> <p><i>V</i> переход – накатка насечек по торцу</p> <p><i>VI</i> переход – отрезать деталь</p>

### **Лабораторная работа № 3**

## **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКОВ**

**Цель работы:** получить навыки по настройке вертикально и радиально-сверлильных станков.

### **1. Порядок выполнения лабораторной работы**

- 1.1. Получить задание у преподавателя.
- 1.2. Изобразить схемы обработки исходя из назначения станка.
- 1.3. Подобрать инструмент для требуемой наладки станка.
- 1.4. Назначить режимы обработки по справочнику.
- 1.5. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему.
- 1.6. Записать уравнения кинематического баланса для требуемых частоты вращения и подачи.
- 1.7. Закрепить заготовку.
- 1.8. Установить необходимую частоту вращения и подачу с описанием последовательности работы механизмов переключения, а также приводов главного движения и подач.
- 1.9. Произвести обработку.
- 1.10. Произвести измерения обработанной поверхности.
- 1.11. Записать наиболее рациональную последовательность перемещений шпинделя станка в зону обработки и описать последовательность использования органов управления станка.

### **2. Общие сведения о сверлильных станках**

Вертикально-сверлильные станки широко применяют во всех отраслях машиностроительной промышленности, как в ремонтно-механических мастерских, так и в крупных механических цехах заводов. Вертикально-сверлильные станки можно разделить на несколько групп: 1) универсальные, специализированные, специальные; 2) автоматические, полуавтоматические, автоматизированные, с программным управлением, с механической ручной подачей; 3) одношпиндельные, многошпиндельные, многоколонные; 4) нормальной и повышенной точности.

Одношпиндельные вертикально-сверлильные станки разделяются на: а) настольные станки для обработки отверстий диаметром 3,6 и 12 мм, применяемые в приборостроении (рис. 3.1, а) с подачей

шпинделя вручную; б) станки на колонне (основной и наиболее распространенный тип) для обработки отверстий (рис. 3.1, б–г) диаметром 18, 25, 35, 50 и 75 мм, им присущ недостаток, что для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента необходимо перемещение деталей относительно инструмента (вручную).

Базовыми являются обычные универсальные вертикально-сверлильные станки мод. 2Н118, 2Н125, 2Н135 и 2Н150. Они предназначены главным образом для работы в условиях единичного производства, где коэффициент загрузки составляет не менее 50 %.

Универсальные автоматизированные станки мод. 2Н118А, 2Н125А, 2Н135А, 2Н150А предназначены для мелкосерийного и серийного производства. Эти станки наряду с обычным ручным могут работать в полуавтоматическом и автоматическом циклах движения шпинделя, благодаря чему они хорошо приспособлены для многостаночного обслуживания.

Многошпиндельные сверлильные станки делят в основном на две группы: а) станки с постоянными шпинделями (рис. 3.1, д), имеющими одну общую станину, на которой установлен ряд стоек. На каждой стойке имеется шпиндель с отдельным электроприводом. На станке можно обрабатывать (последовательно) одно и то же отверстие различными режущими инструментами, постепенно перемещая деталь вдоль стола станка; б) станки с переставными шарнирно соединенными шпинделями (рис. 3.1, е). Станки с переставными шпинделями дают возможность устанавливать их независимо один от другого, в соответствии с расположением отверстий, которые необходимо просверлить в заготовке.

Современная машиностроительная промышленность производит сложные механизмы и оборудование крупногабаритных размеров с применением отверстий, которые трудно обработать на вертикально-сверлильных станках и требующие сложнейших приспособлений и кондукторов. Эта проблема решается за счет применения радиально-сверлильных станков, которые включают большую группу станков по типу и объему выпуска с условным диаметром сверления от 2,5 до 100 мм.

В вертикально-сверлильных станках при работе приходится перемещать обрабатываемую заготовку относительно сверла, в радиально-сверлильных станках, наоборот, сверло перемещают относительно обрабатываемой заготовки. Это сделано не случайно, так как при обработке тяжелых заготовок на их установку и выверку, а также закрепление требуется больше времени, чем на подвод сверла.

Шпиндель радиально-сверлильных станков можно легко перемещать как в радиальном направлении, так и по окружностям различных радиусов. Сверлильную головку радиально-сверлильных станков можно установить под нужным углом к поверхности, что позволяет обрабатывать отверстия в разных плоскостях и под разными углами.

В промышленности применяется много различных типов радиально-сверлильных станков: настенные радиально-сверлильные станки; общего назначения; с колонной, перемещающейся по направляющим станины; на самоходной тележке; переносные и т. д. Благодаря своей универсальности радиально-сверлильные станки находят широкое применение – от ремонтного до машиностроительных цехов крупносерийного производства.

Радиально-сверлильный станок применяется в индивидуальном, мелкосерийном и серийном производствах для обработки отверстий в средних и крупных деталях.

На станке можно выполнять сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы в разных плоскостях и под разными углами, а также с помощью специальных инструментов и приспособлений можно растачивать отверстия, канавки, вырезать отверстия большего диаметра в дисках из листового материала, притирать точные отверстия и т. д.

Главным движением на станке является вращение шпинделя вместе с режущим инструментом, движением подачи – осевое перемещение шпинделя с пинолью.

Вспомогательные движения на станке: поворот и закрепление траверсы на неподвижной колонне; вертикальное перемещение траверсы по наружной колонне, осуществляемое отдельным электродвигателем; перемещение шпиндельной головки по траверсе.

Агрегатная компоновка имеет следующие эксплуатационные и конструктивные преимущества: а) размещаясь на одном корпусе, все органы управления концентрируются в одной удобной для обслуживания зоне; б) сравнительно легко можно создавать различные специальные модификации станков; в) сверлильную головку можно установить на колонны и стойки любых конструкций с помощью промежуточных плит.

К существенным конструктивным достоинствам следует отнести упрощение общего монтажа станка, конструкции колонны, системы смазки и шпинделя. Такие станки благодаря меньшей длине ведущей шлицевой части шпинделя обладают увеличенной крутильной жесткостью. Такую компоновку имеют сверлильные станки гаммы Н.

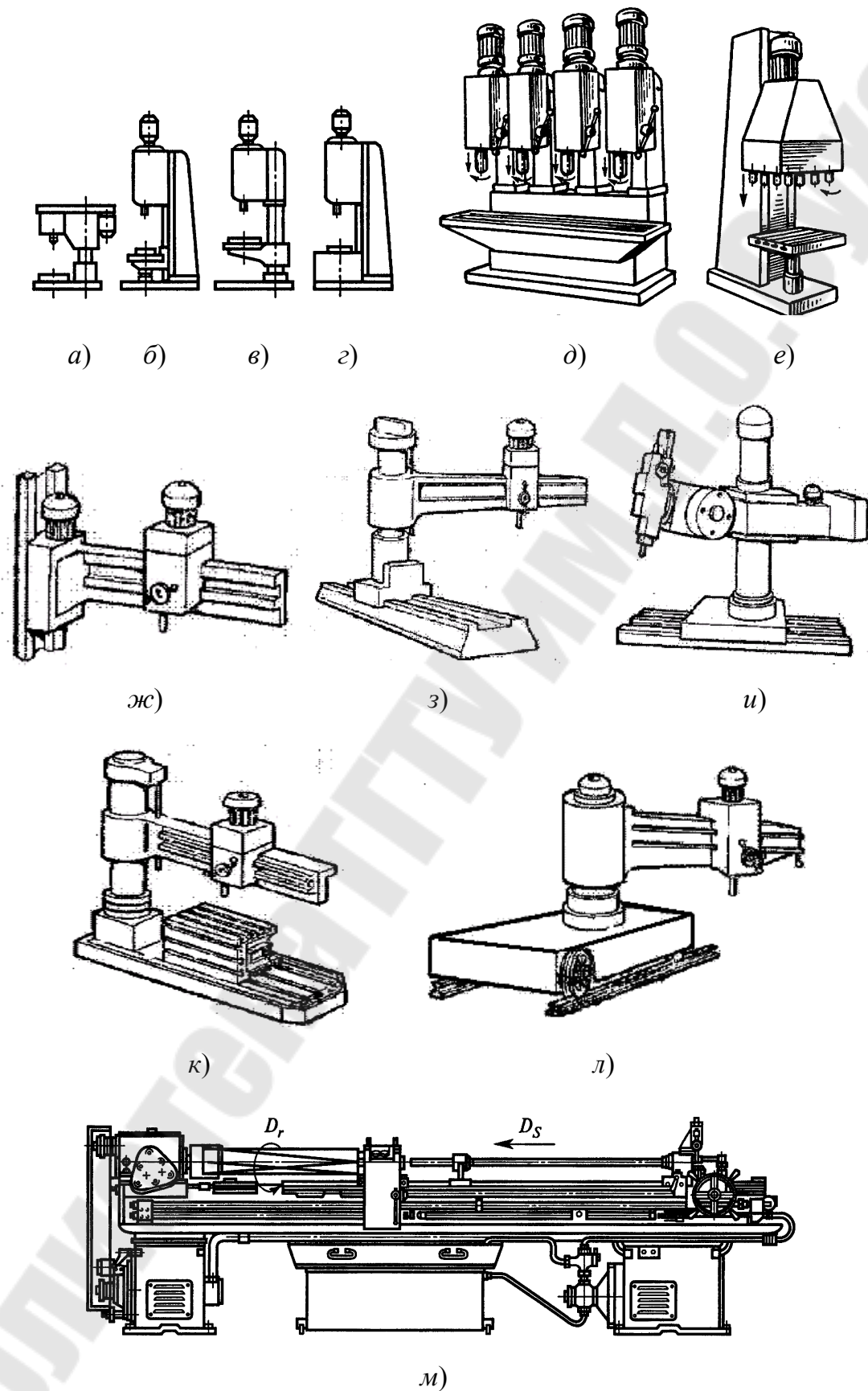


Рис. 3.1. Эскизы компоновок сверлильных станков

В настенном радиально-сверлильном станке отсутствуют плита и колонна (рис. 3.1, *ж*). Эти станки применяют для обработки стальных конструкций и прокатного или листового материала. Крупные котлы и резервуары обрабатывают на них с механическим вертикальным перемещением рукава.

Радиально-сверлильный станок с колонной, перемещающейся по направляющим станины (рис. 3.1, *з*), предназначен для обработки тяжелых труднотранспортируемых и громоздких деталей.

Переносный радиально-сверлильный станок (рис. 3.1, *и*) применяется для обработки отверстий в крупных корпусных стальных и чугунных отливках. Он является широкоуниверсальным с поворотной головкой и применяется в тяжелом машиностроении, на судостроительных заводах.

Радиально-сверлильный станок общего назначения представлен на рис. 3.1, *к*. Обрабатываемую заготовку устанавливают на плите или на столе. Шпиндель станка занимает вертикальное положение и может перемещаться в трех направлениях: вокруг оси колонны, по радиусам этой окружности и вертикально – вдоль своей оси.

Радиально-сверлильный станок (рис. 3.1, *л*) может быть смонтирован на самоходной тележке, которая перемещается с помощью электропривода по нормальной железнодорожной колее.

Перемещение колонны по станине, вертикальное и горизонтальное перемещение рукава осуществляют механически. Зажим колонны, рукава и салазок на станине производится гидравлически.

### **3. Методические рекомендации для выполнения лабораторной работы**

3.1. При выполнении п. 1.2. необходимо изобразить схемы обработки с указанием длины рабочего хода, величины врезания и перебега инструмента.

3.2. При выполнении пп. 1.3 и 1.4 необходимо подобрать инструмент и по [1], [2] назначить режимы резания.

3.3. При выполнении п. 1.5 необходимо определить движения в станке и записать их кинематические связи. Изобразить структурную схему станка и записать краткую формулу кинематического баланса.

### **Вертикально-сверлильный станок 2Г125 (рис. 3.2)**

Станок мод. 2Г125 предназначен для сверления, зенкерования, развертывания и нарезания резьбы в отверстиях диаметром до 25 мм в чугуне и стали.

Станок является универсальным и может быть использован во вспомогательных цехах машиностроительных заводов, ремонтных мастерских и т. п.

В станке предусмотрена возможность автоматического отключения подачи при достижении необходимой глубины обработки, а также автоматического реверсирования шпинделя при нарезании резьбы.

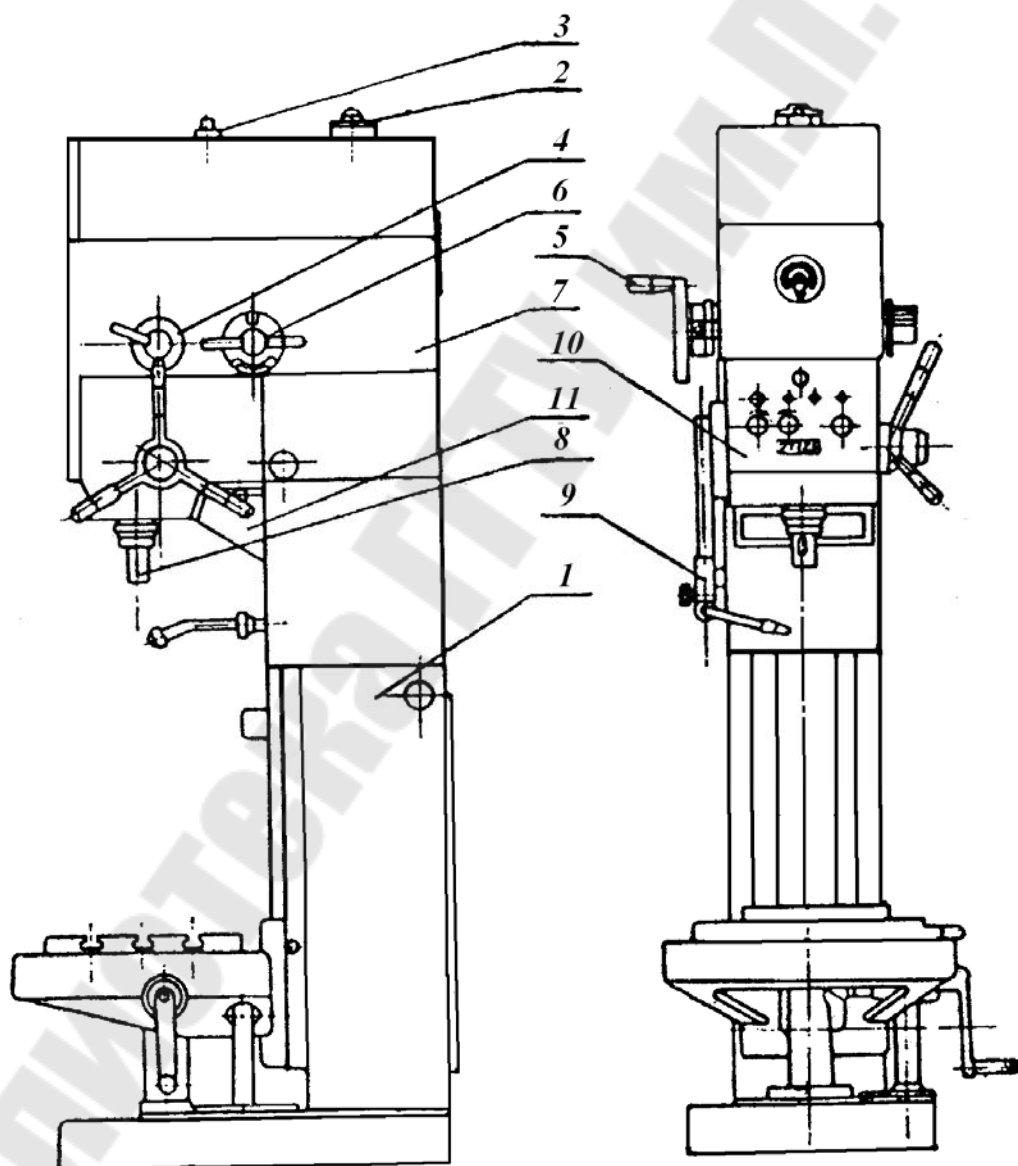


Рис. 3.2. Общий вид станка



## Техническая характеристика станка

Класс точности, ГОСТ 8–71 .....	Н
Наибольший диаметр сверления в стали 45 ГОСТ 1050–60, мм .....	25
Конус шпинделя по ГОСТ 2847–67 .....	Морзе 3
Вылет шпинделя от колонны, мм .....	260
Размеры рабочей поверхности стола, мм .....	450 × 450
Количество частот вращения шпинделя .....	бесступенчатое
Пределы частот вращения шпинделя, об./мин .....	63–2000
Количество подач шпинделя .....	9
Пределы подач шпинделя, мм/об .....	0,1–1,6
Габаритные размеры станка, мм:	
длина .....	730
ширина .....	780
высота .....	2104

*Таблица 3.1*

### Числа зубьев колес

<b>N</b> Номер позиции	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Z</b> Число зубьев	25	62	20	80	38	30	70	29	58	30	42

*Продолжение табл. 3.1*

<b>N</b> Номер позиции	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<b>Z</b> Число зубьев	45	31	16	45	31	16	26	36	26	31	36	1

*Продолжение табл. 3.1*

<b>N</b> Номер позиции	27	30	31	32	33	36	38	37	39	42	43
<b>Z</b> Число зубьев	47	13	25	13	33	18	18	36	72	16	42

Кинематическая схема станка (рис. 3.3) содержит кинематические цепи: вращения шпинделя и подачи.

Кинематика станка позволяет осуществить следующие движения: вращение шпинделя (главное движение); подачу шпинделя (движение подачи); перемещение шпинделя (установочное движение).

Электродвигатель I (рис. 3.3) через шкивы 2 и 3 клиноременного вариатора вращает вал II коробки скоростей. С этого вала через зубчатые колеса 4 и 5 вращение передается на вал III, а затем через одну из двух пар зубчатых колес 5–8 или 6–7 на вал IV и шпиндель V. Изменение частоты вращения шпинделя осуществляется путем осевого перемещения нижнего диска ведомого шкива 3 вариатора и блока зубчатых колес 7, 8.

$$n_{\text{шп}} = 1420 i_{\text{в}} \frac{25}{62} \cdot \frac{20}{80} \left( \frac{62}{38} \right),$$

$$0,44 \leq i_{\text{в}} \leq 2,141,$$

где  $i_{\text{в}}$  – передаточное отношение вариатора.

На валу IV установлено зубчатое колесо 9, от которого через колеса 10–14 вращение передается на вал VI коробки подач, а затем через одну из трех пар зубчатых колес 15 и 20, 16 и 19 или 17 и 18 – на вал VII и также через одну из трех пар зубчатых колес 19 и 24, 21 и 25 или 22 и 23 – на вал VIII.

Изменение величины подачи шпинделя осуществляется осевым перемещением блоков зубчатых колес 15–17 и 23–25.

Вал VIII соединен муфтой с валом IX червяка механизма подачи. Вращение передается через червяк 26 и червячное колесо 27, полумуфту 28 и ступицу 29 на вал X с реечным зубчатым колесом 30, которое через зубья рейки, нарезанные на пиноли 31, перемещает последнюю в осевом направлении, т. е. осуществляет подачу шпинделя.

$$\begin{cases} S_0 = l \frac{30}{70} \cdot \frac{29}{58} \cdot \frac{30}{42} \cdot \frac{16}{45} \left( \frac{31}{31}, \frac{45}{16} \right) \cdot \frac{26}{36} \left( \frac{31}{31}, \frac{36}{26} \right) \frac{1}{47} \cdot \pi \cdot 3 \cdot 13; \\ z_{\text{п}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1 = 9. \end{cases}$$

На валу X установлено зубчатое колесо 32, которое через зубчатое колесо 33 передает вращение лимбу.

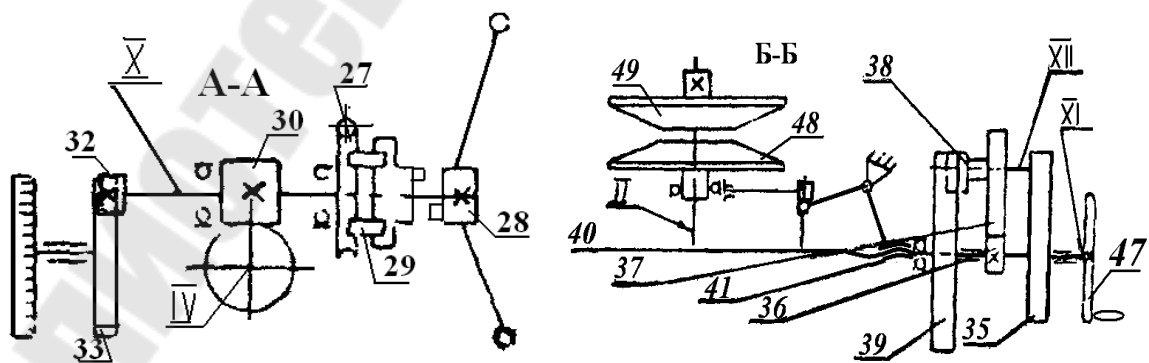
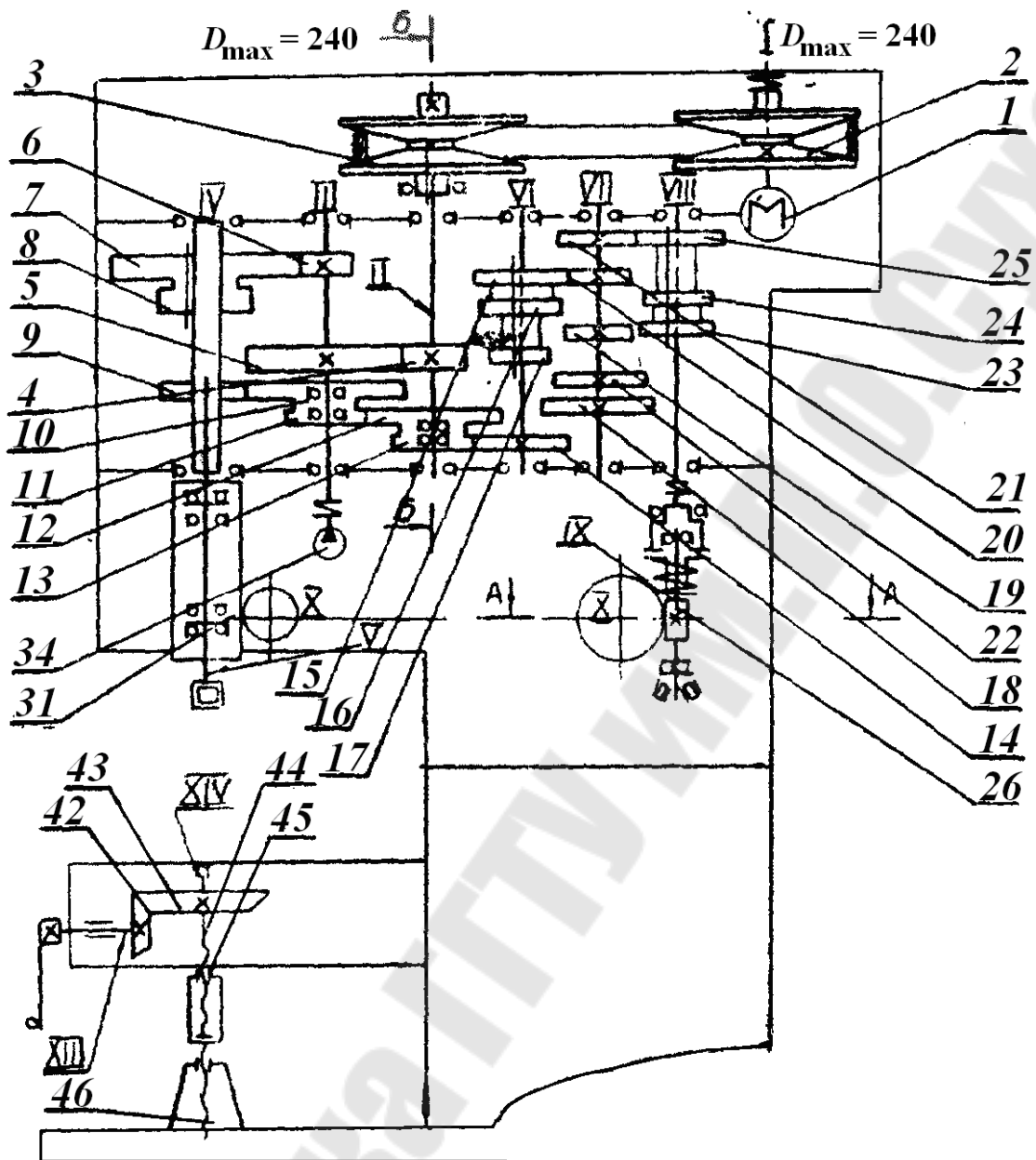


Рис. 3.3. Кинематическая схема станка

Перемещение стола осуществляется вращением вала XIII, через конические зубчатые колеса 42–43. Последнее, вращаясь в гайке-винте 45, перемещает стол. После упора винта 44 начинают вращаться также гайка-винт 45 и гайка 46.

**Механизм подачи** (рис. 3.4) состоит из червяка 2, червячного колеса 3, реечной шестерни 4, штурвала 5. Вал червяка 2 соединен муфтой с последним валом коробки подач, а реечная шестерня сцеплена с зубьями рейки, нарезанными на пиноли шпинделя. С левой стороны сверлильной головки размещен лимб 6 с кулачками для управления перемещения шпинделя.

Механизм подачи предназначен для выполнения следующих операций:

- ручного подвода инструмента к заготовке;
- включения рабочей подачи;
- ручного опережения подачи;
- выключения рабочей подачи;
- ручного отвода шпинделя вверх;
- ручной подачи для нарезания резьбы.

Принцип работы механизма подачи заключается в следующем: при вращении штурвала 5 на себя поворачивается кулачковая полумуфта 7, которая через ступицу 8 вращает вал-шестерню 4. Происходит ручной подвод шпинделя. Когда инструмент подойдет к обрабатываемой заготовке, на валу-шестерне 4 возрастает крутящий момент, который не может быть передан зубцами кулачковой муфты 7, и ступица 8 перемещается влево вдоль оси вала до тех пор, пока торцы кулачков не станут друг против друга. В этот момент полумуфта 7 поворачивается свободно относительно вала на  $20^\circ$  (угол  $20^\circ$  ограничивается пазом на полумуфте 7 и штифтом 9). На ступице 8 установлен двухсторонний храповый диск 10, связанный со ступицей 8 собачками 11.

При смещениях ступицы 8 зубцы диска 10 входят в зацепление с зубцами второго диска 12, прикрепленного к червячному колесу 3. Таким образом, вращение от червяка передается на реечную шестерню 4 и происходит механическая подача.

При дальнейшем вращении штурвала 5 при включенной подаче собачки 11, закрепленные на ступице 8, проскакивают по зубцам внутренней стороны диска 10 и производится ручное опережение механической подачи.

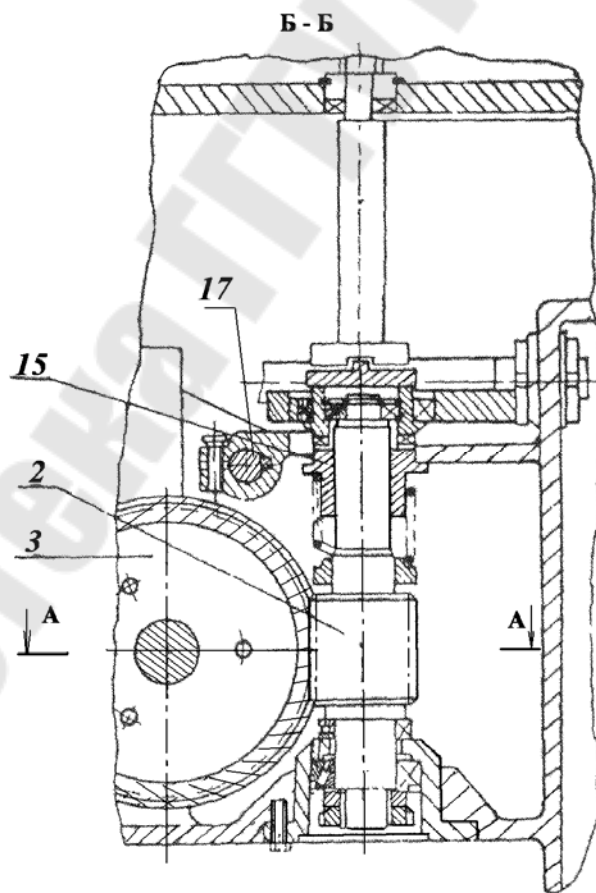
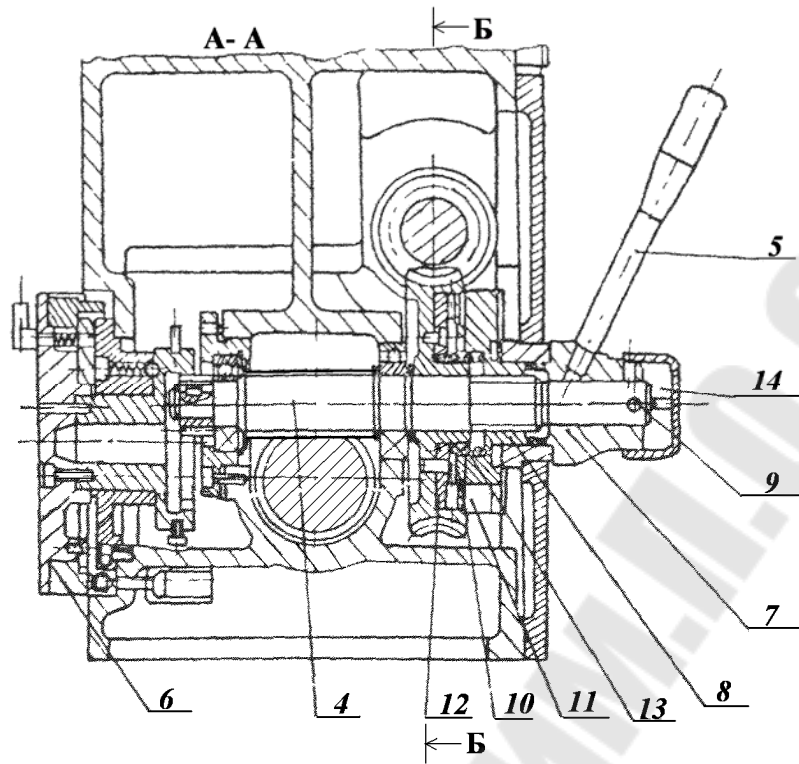


Рис. 3.4. Механизм подачи

При ручном выключении подачи штурвал 5 поворачивается в обратную сторону на  $20^\circ$  относительно вала-шестерни 4. При этом кулачки полумуфты 7 устанавливаются против впадин ступицы 8, которая вследствие осевой силы, возникающей благодаря наклону зубьев дисков 10 и 11 и пружины 13, смещается вправо и расцепляет диски – механическая подача прекращается.

Механизм подачи позволяет также осуществлять ручную подачу штурвалом. Для этого необходимо выключить штурвалом 5 механическую подачу, а затем колпачок 14 перемещать вдоль оси влево. При этом штифт 9 передает крутящий момент непосредственно от кулачковой полумуфты 7 на вал-шестерню 4.

Для предохранения механизма подачи от поломки предусмотрена предохранительная муфта 15.

На лимбе 6 имеются два кулачка. Один из них при настройке лимба на определенную глубину обработки, нажимая на кулачок, поворачивает вал 17 и выключает предохранительную муфту 15. Таким образом происходит автоматическое выключение подачи. Вторым кулачком нажимает на микровыключатель, который дает команду на реверсирование электродвигателя привода – осуществляется автоматический реверс шпинделя при нарезании резьбы.

#### ***Управление приводом главного движения***

На валу электродвигателя установлен ведущий шкив клиноременного вариатора, состоящий из неподвижного и подвижного дисков. Подвижный диск пружинной всегда прижат к ремню. При сведении дисков ведомого шкива ремень вариатора натягивается и, преодолевая усилие пружины, перемещает подвижный диск. Механизм управления вариатором представляет собой маховик 47 с винтом XI, установленном в отдельном корпусе (рис. 3.3). Винт входит в зацепление с гайкой 41 на рычаге 50 перемещения подвижного диска ведомого шкива вариатора.

Для установки необходимой частоты вращения шпинделя имеется лимб 35, приводимый во вращение от винта через планетарный редуктор. На лимбе нанесены две шкалы частот вращения, соответствующие двум положениям рукоятки управления коробкой скоростей. Управление вариатором осуществляется только при вращении шпинделя.

#### ***Радиально-сверлильный станок 2К52-1 (рис. 3.5)***

Станок состоит из следующих основных узлов: А – бочка; Б – сверлильная головка; В – траверса; Г – колонна; Д – основание; Е – тумба; Ж – электрооборудование.

Бочка служит корпусом для: коробки скоростей, механизма переключения, механизма подъема, механизма зажима и электрооборудования.

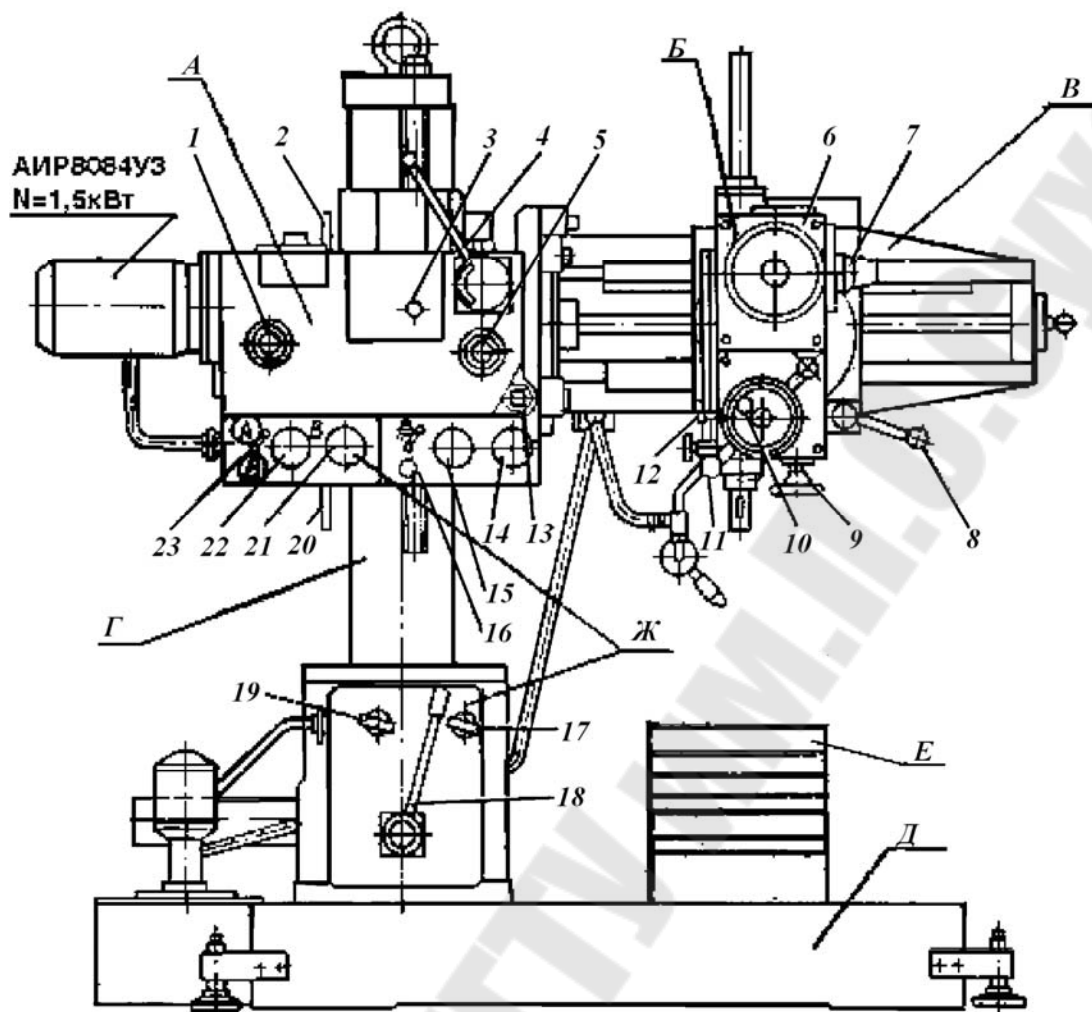


Рис. 3.5. Эскиз общего вида станка с основными органами управления

### Техническая характеристика радиально-сверлильного станка 2К52-1

Класс точности, ГОСТ 8–82 .....	Н
Наибольший условный диаметр сверления (сталь 45, ГОСТ 1060–74).....	52
Наибольший диаметр нарезаемой резьбы (сталь45).....	M16
Вылет шпинделя, мм:	
наименьший .....	300
наибольший .....	800
Мощность главного привода, кВт.....	1,5
Габаритные размеры станка, мм:	
длина .....	1760
ширина .....	915
высота.....	1970

Масса станка, кг .....	1185
Наибольшее перемещение траверсы по колонне, мм .....	625
Наибольший ход сверлильной головки по направляющим траверсы, мм .....	500
Ход шпинделя, мм:	
наибольший .....	250
под выбивку инструмента .....	15
Конус шпинделя, ГОСТ 25557–82 .....	Морзе 3
Число ступеней частоты вращения шпинделя .....	8
Частоты вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	63, 100, 160, 50, 400, 630, 1000, 1600
Число ступеней механических подач шпинделей .....	3
Механические подачи шпинделя, мм/об. ....	0,125; 0,2; 0,315
Размеры рабочей зоны станка в плоскостях, мм:	
горизонтальной .....	360 × 500
вертикальной .....	400 × 500

### ***Цепь вращения шпинделя***

Вращение шпинделя от электродвигателя *M* передается через коробку скоростей, приводной вал *V*, конические зубчатые колеса 39–40, 41–47 на цилиндрическую передачу 26–27 (рис. 3.6).

Передвижные блоки колес 8–7, 6–5 и 43–44 коробки скоростей обеспечивают восемь ступеней частоты вращения шпинделя в диапазоне от 63 до 1600 об./мин.

Общее уравнение кинематического баланса (с. 73, табл. П.1):

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{20}{42} \cdot \frac{42}{32} \left( \frac{25}{48}, \frac{18}{55}, \frac{33}{40} \right) \cdot \frac{54}{32} \left( \frac{18}{67} \right) \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{23}{25} \cdot \frac{21}{19} \cdot \frac{37}{29}$$

### ***Цепь подач***

Вращение от шпинделя через цилиндрическую передачу 25–32, коробку подач, червячную передачу 38–51, зубчатое колесо 50 передается на рейку 49 пиноли шпинделя.

$$S_0 = 1 \frac{29}{37} \cdot \frac{23}{51} \cdot \frac{24}{48} \cdot \frac{35}{37} \left( \frac{20}{52}, \frac{28}{44} \right) \cdot \frac{1}{41} \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 12.$$

Тройным блоком 28–29–30 обеспечивается получение трех механических подач: 0,125; 0,2; 0,315 мм/об.

Ручной подвод инструмента, а при необходимости и ручная подача, производится рукоятками штурвального устройства (XII вала), при включенной муфте А.



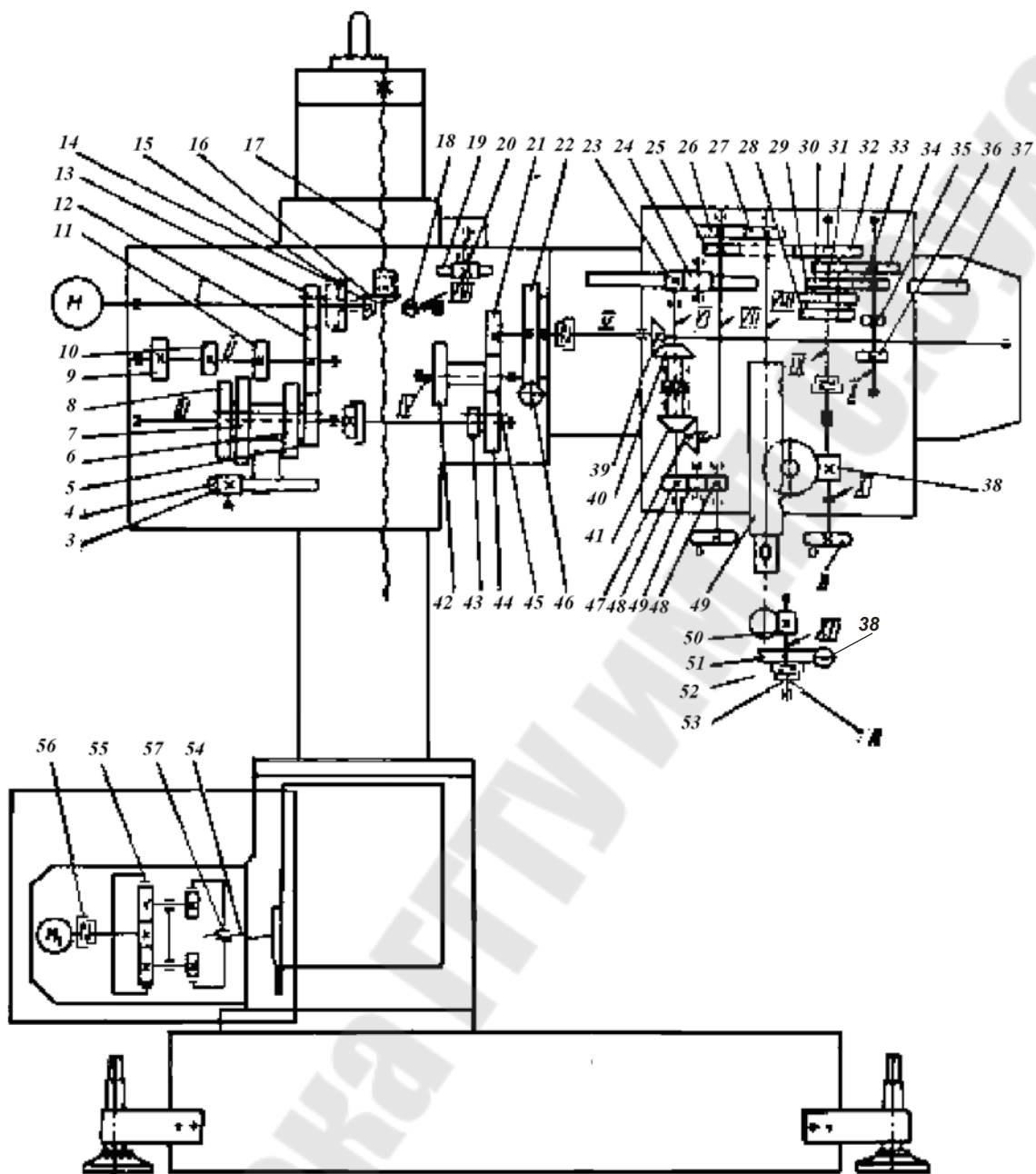


Рис. 3.6. Кинематическая схема станка 2K52-1

### ***Цепь вертикального перемещения траверсы***

Вертикальное перемещение траверсы осуществляется от электродвигателя *M* через передачу с внутренним зацеплением 13–14, коническую пару 15–16, которая передает вращение гайке, перемещающейся вдоль винта подъема 17.

Изменение направления перемещения траверсы производится реверсом электродвигателя, а ручная установка по высоте (опускание) осуществляется рукояткой поворота траверсы, установленной на хвостовике подпружиненного зубчатого колеса 18.

### ***Цепь зажима колонны***

Для привода зажима колонны применяется электромеханическая головка, вращательное движение в которой от электродвигателя  $M_1$ , при включенной муфте 56, посредством планетарного редуктора 55 передается гайке 57, а относительно ее винт 54, совершая поступательное движение, воздействует на гильзу, осуществляется зажим-разжим колонны.

3.4. При выполнении п. 1.6 необходимо записать развернутое уравнение кинематического баланса для требуемых частоты вращения шпинделя и подачи, воспользовавшись кинематикой станка (рис. 3.6).

3.5. При выполнении п. 1.8 необходимо записать последовательность перемещений шпинделя станка, обосновав это минимальным суммарным временем перемещений или требуемыми нагрузками. Затем описать последовательность использования органов управления, воспользовавшись рис. 3.5 и табл. 3.2.

3.6. При выполнении п. 1.9 необходимо установить на станке необходимую частоту вращения и подачу, воспользовавшись рис. 3.5, табл. 3.1 и технической характеристикой станка. Затем описать последовательность работы механизмов.

### ***Описание основных узлов станка***

*Механизм подъема* предназначен для механического подъема и опускания бочки с траверсой.

Для ручного опускания бочки предусмотрено подпружиненное коническое колесо 18, хвостик которого выведен на переднюю стенку бочки (рис. 3.5 и 3.6). Коническим колесом пользуются в случае горизонтального расположения шпинделя для облегчения установки на заданную координату.

Таблица 3.2

### **Основные органы управления**

<b>Номер позиции</b>	<b>Наименование</b>
1,5	Переключатели скоростей шпинделя
2	Толкатель конечного выключателя «Вверх»
3	Квадратный хвостик для рукоятки ручного опускания бочки
4	Рукоятка включения вращения шпинделя, механического перемещения траверсы по колонне и зажима-разжима бочки на колонне
5	Маховик перемещения сверлильной головки по траверсе
6	Рукоятка переключения механической подачи шпинделя

Номер позиции	Наименование
7	Рукоятка зажима-разжима каретки и колонны (тумблер 23 в положении «А»)
8	Маховик тонкой подачи шпинделя вручную
9	Кнопка фиксации лимба
10	Рукоятка включения механической или ручной подачи шпинделя
11	Кнопка включения упора лимба
12	Вал поворота траверсы
13	Кнопка «Аварийный стоп»
14	Кнопка «Включение схемы»
15	Тумблер включения местного освещения
16	Рукоятка вводного выключателя
17	Рукоятка ручного зажима колонны
18	Рукоятка управления системы охлаждения
19	Толкатель конечного выключателя «Вниз»
20	Кнопка разжима колонны (тумблер 23 в положении «В»)
21	Кнопка зажима колонны (тумблер 23 в положении «В»)
22	Тумблер выбора органов управления зажимом–разжимом колонны

В механизме подъема на случай износа гайки предусмотрена предохранительная гайка.

*Сверлильная головка* состоит из привода шпинделя, коробки подач, механизма подачи, штурвального устройства и механизма переключения подач.

*Штурвальное устройство* (рис. 3.7) представляет собой вал-шестерню 7, вращающуюся при включенной зубчатой муфте 18, несущей на себе червячное колесо 6. Вал-шестерня 7 входит в зацепление с рейкой, нарезанной на гильзе шпинделя 24. На этом же валу находится спиральная пружина 5, уравновешивающая шпиндель.

Ручная подача шпинделя осуществляется вращением рукояток 9 при отключенной зубчатой муфте 8. Для включения механической подачи рукоятки 9 подаются в положение б «на себя», при этом включается зубчатая муфта и происходит осевое перемещение гильзы со шпинделем. Для отключения подачи рукоятку 9 необходимо подать от себя. Отключение подачи также возможно с помощью жесткого упора 4.

При работе с жестким упором, с помощью лимба 2 устанавливается глубина сверления, а кнопка 1 должна быть в зацеплении с лимбом. При достижении заданной глубины лимб штырем 3 нажимает на упор 4 и подача отключается предохранительным устройством.

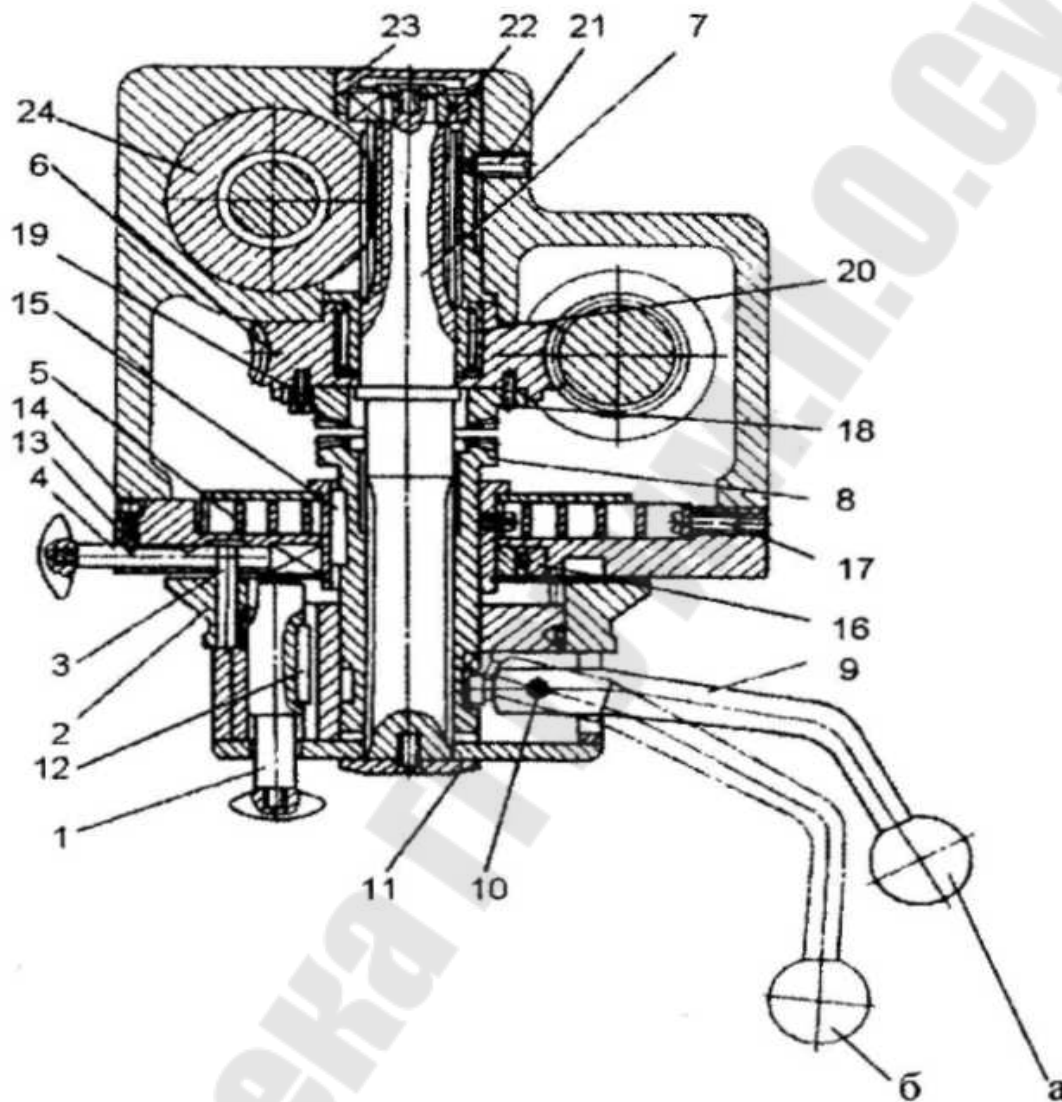


Рис. 3.7. Эскиз штурвального устройства

**Шпиндельный узел станка** (рис. 3.8). Шпиндель предназначен для передачи вращения инструменту, установленному в его конусе. Шпиндель монтируется на двух радиальных подшипниках 7, 10. Осевая нагрузка на шпиндель воспринимается соответственно направлению одним из двух упорных подшипников 8, 9.

Осевой люфт регулируется гайкой. Палец 6 является жестким упором, ограничивающим ход шпинделя в его крайних положениях. Зубчатая рейка гильзы 2 шпинделя находится в постоянном зацепле-

нии с реечным зубчатым колесом вала штурвального устройства. Инструмент удаляется под действием кулачка 5 на его хвостик в крайнем верхнем положении шпинделя при выдвинутом в крайнее левое положение пальцем 6.

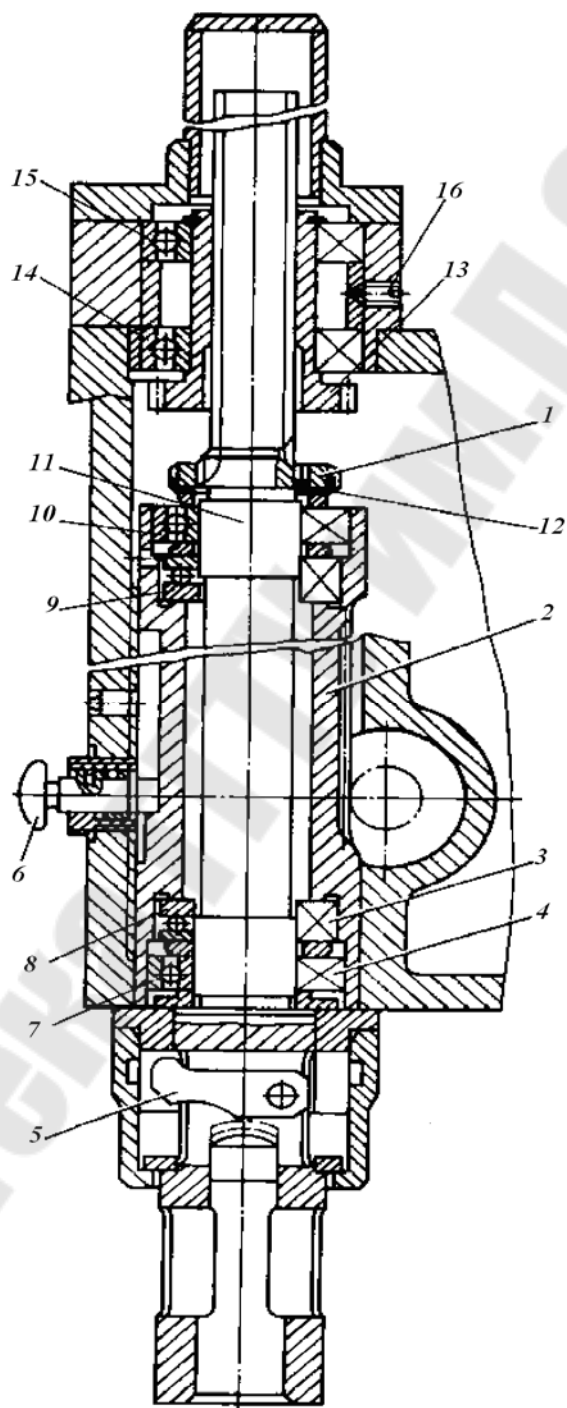


Рис. 3.8. Эскиз шпиндельного узла

Коробка и механизм подачи (рис. 3.9). Коробка подач обеспечивает три механические подачи.

Механизм подачи состоит из червяка 6, получающего либо механическое вращение от вала 3, либо ручное от маховика 7 тонкой ручной подачи. Червяк входит в зацепление с червячным колесом вала штурвального устройства.

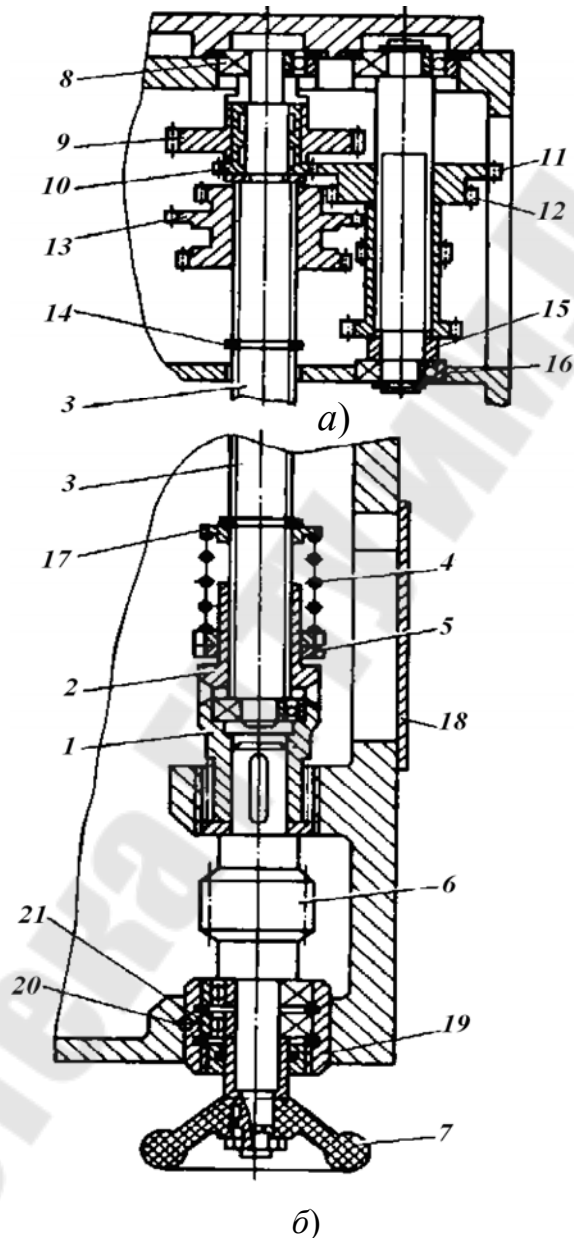


Рис. 3.9. Эскизы:  
а – коробки подач; б – механизма подач

На станке имеется предохранительное устройство от перегрузок по осевой силе. При перегрузках подпружиненная полумуфта 2 проскальзывает по кулачкам неподвижной полумуфты 1 (рис. 3.9, б).

### **Предельные допускаемые режимы работы**

Материал-сталь 45, ГОСТ 1050–74. Диаметр обработки 25 мм.  
Инструмент – сверло Ø 25 мм по ГОСТ 10903–77.

Частота вращения шпинделя –  $160 \text{ мин}^{-1}$ . Подача – 0,125 мм/об.  
Скорость резания 14,2 м/мин. Крутящий момент на шпинделе –  $110 \pm 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Осевая сила резания –  $7500 \pm 1000 \text{ Н}$ .

## **4. Структура отчета**

- 4.1. Название лабораторной работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Эскиз детали.
- 4.4. Маршрут обработки с эскизами схем обработки.
- 4.5. Режимы резания.
- 4.6. Структурная схема станка с описанием кинематических связей.
- 4.7. Уравнение кинематического баланса для требуемых частот вращения и подач.
- 4.8. Обоснованное описание последовательности перемещений шпинделя станка в рабочую зону.
- 4.9. Описание работы механизмов переключения при установке требуемых частоты вращения шпинделя и подачи.

## **5. Техника безопасности**

- 5.1. Станок должен быть подключен к заземляющему устройству.
- 5.2. Запрещается студентам включать станок в сеть.
- 5.3. Перед началом работы станок должен быть проверен учебным мастером на холостом ходу.
- 5.4. Время торможения шпинделя после его выключения (при всех частотах вращения) не должен превышать трех секунд.
- 5.5. Нельзя переключать рукоятки управления во время вращения шпинделя.
- 5.6. Во время работы на станке не разрешается:
  - работать с открытым шкафом электрооборудования;
  - работать при снятых крышках, закрывающих вращающиеся детали станка;
  - производить выбивку инструмента при вращающемся шпинделе;
  - оставлять рукоятку на хвостовике зубчатого колеса ручного опускания траверсы по колонне;

- работать при расположении штыря в положении выбивки инструмента;
- прикладывать чрезмерные усилия при повороте колонны.

## 6. Контрольные вопросы

- 6.1. Назначение и область применения станка.
- 6.2. Перечислить основные узлы станка и органы управления.
- 6.3. Назовите движения, которые имеются в станке.
- 6.4. Составьте уравнения кинематических цепей станка.
- 6.5. Опишите работу коробки скоростей и механизма подъема.
- 6.6. Опишите работу привода шпинделя.
- 6.7. Опишите конструкцию и работу шпинделя станка.
- 6.8. Опишите конструкцию и работу коробки подач и механизма подач.
- 6.9. Опишите устройство и работу штурвального устройства.
- 6.10. Опишите наладку станка для обработки заданного отверстия.
- 6.11. Приведите схему обработки и устройства закрепления детали на станке.

## Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 568 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.3.1

**Перечень элементов кинематической схемы**

Узлы механизма	Номер позиции	Число зубьев зубчатых колес или заходов червяков	Модуль или шаг, мм
Механизм переключения	3	18	2
	4	12	6,28
Коробка скоростей	5	32	2
	6	48	2
	7	55	2
	8	40	2
	9	33	2
	10	18	2
	11	25	2
	12	42	2
Механизм подъема бочки	13	20	2
	14	20	2
	15	11	1,75
	16	40	1,75
	17	1	6
Механизм зажима бочки	18	11	1,75
	19	13	3,14
	20	30	1
Траверса	21	40	2
	22	92	2
Каретка	23	14	1,5
	24	30	1,5
Привод шпинделя	25	23	1,5
	26	37	2
Шпиндель	27	29	2
Коробка подач	28	44	1,5
	29	52	1,5
	30	37	1,5
	31	24	1,5
	32	51	1,5
	33	35	1,5
	34	48	1,5
	35	20	1,5
	36	28	1,5
	37	127	4,71

Окончание табл. П.3.1

Узлы механизма	Номер позиции	Число зубьев зубчатых колес или заходов червяков	Модуль или шаг, мм
Механизм подачи	38	1	2
Каретка	39	23	2
	40	25	2
Привод шпинделя	41	21	2
Коробка скоростей	42	67	2
	43	18	2
	44	54	2
	45	32	2
Бочка	46	1	2
Привод шпинделя	47	19	2
Привод шпинделя	48	30	1,5
Шпиндель	49	42	6,28
Штурвальное устройство	50	12	2
	51	41	2
	52	36	—
	53	36	—
Винт	54	—	—

## **Лабораторная работа № 4**

# **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА КОНСОЛЬНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ И ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ**

**Цель работы:** получить навыки по наладке консольных фрезерных станков и делительной головки.

### **1. Порядок выполнения лабораторной работы**

- 1.1. Получить задание у преподавателя.
- 1.2. Изобразить схемы обработки исходя из назначения станка.
- 1.3. Подобрать инструмент для требуемой наладки станка.
- 1.4. Назначить режимы обработки по справочнику.
- 1.5. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему.
- 1.6. Записать уравнения кинематического баланса для требуемых частоты вращения и подачи.
- 1.7. Закрепить заготовку.
- 1.8. Установить необходимую частоту вращения и подачу.
- 1.9. Произвести обработку.
- 1.10. Произвести измерения обработанной поверхности.

### **2. Методические рекомендации для выполнения лабораторной работы**

2.1. При выполнении п. 1.2 используем данные о назначении станка. Консольные горизонтально- и вертикально-фрезерные станки предназначены для выполнения разнообразных фрезерных работ в условиях единичного и серийного производства.

На станках мод. 6P80 и 6P10 удобно фрезеровать плоскости, торцы, скосы, пазы на небольших деталях разнообразной конфигурации из стали, чугуна, цветных металлов и пластмасс.

Общий вид с обозначением составных частей станков представлен на рис. 4.1 и 4.2.

Станки состоят из станины 4, которая закреплена на основании. Внутри станины размещены коробки скоростей 7 и 17, а на ее боковой стороне панель управления 19. По направляющим станины перемещается консоль 14, внутри которой находится коробка подач 16. Она

обеспечивает продольное перемещение стола 3, поперечное перемещение салазок 2 и вертикальное перемещение консоли. Органы управления станками изображены на рис. 4.1 и 4.2 и описаны в табл. 4.1.

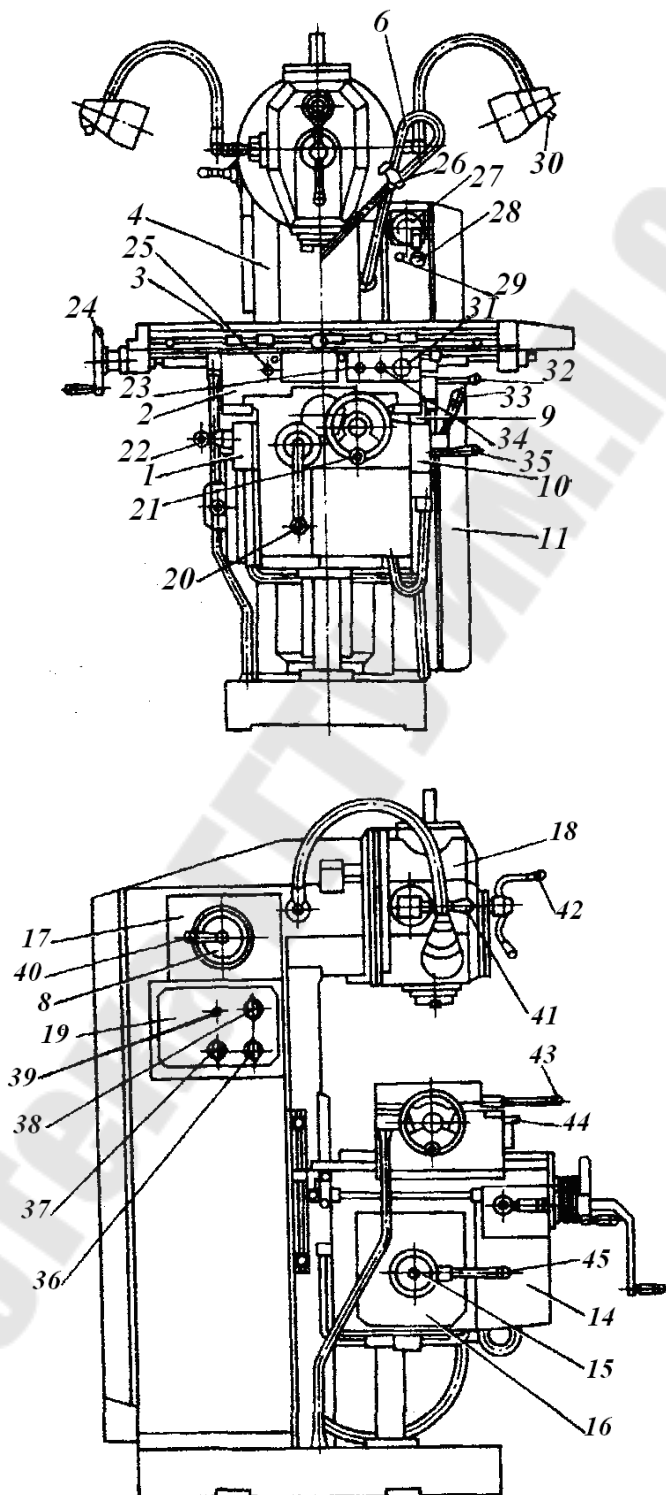


Рис. 4.1. Проекция общего вида станка модели 6P10

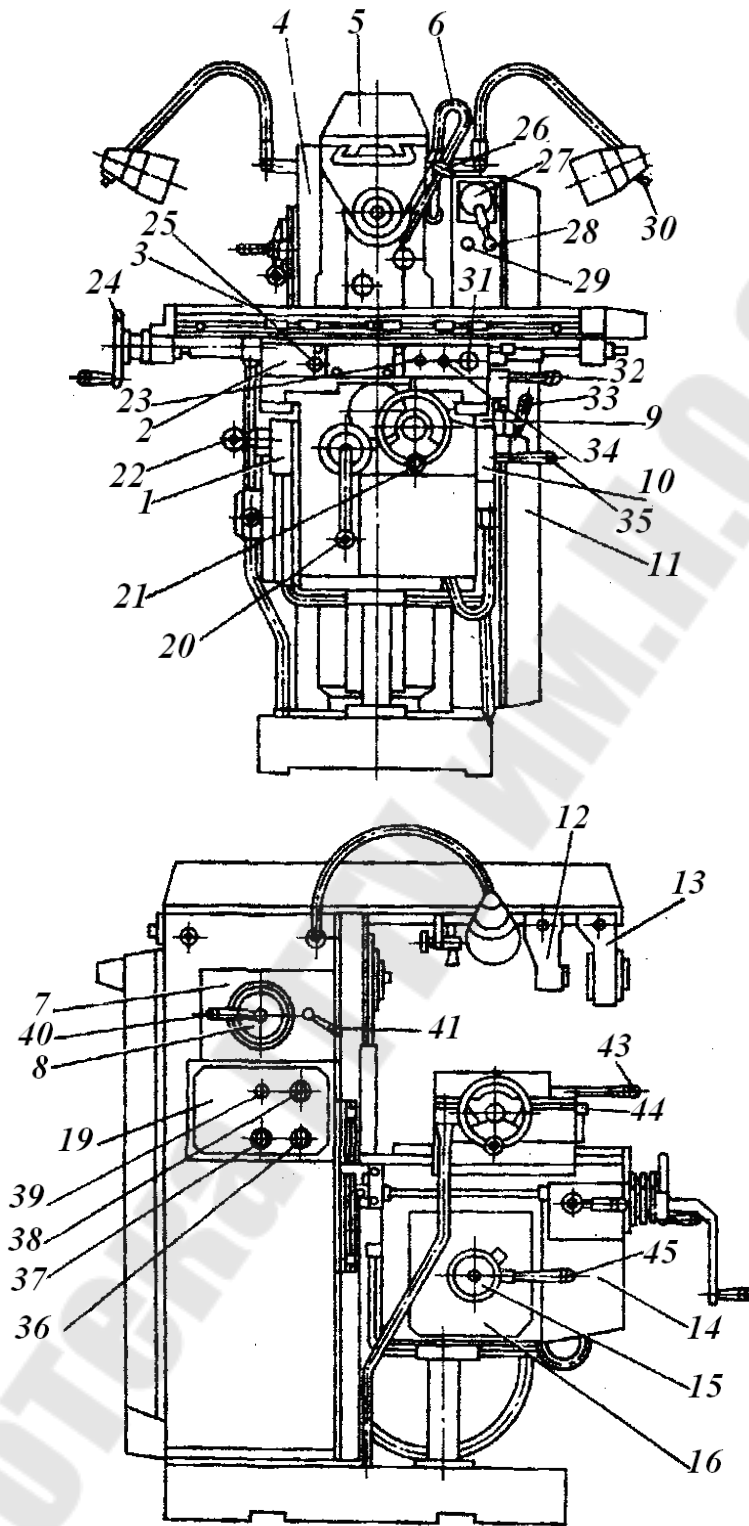


Рис. 4.2. Проекция общего вида станка модели 6P80Г

## Перечень узлов и органов управления станками

Номер позиции	Наименование
<b>Узлы станков</b>	
1	Механизм переключения перемещения консоли
2	Салазки
3	Стол
4	Станина
5	Хобот
6	Охлаждение
7	Коробка скоростей и шпиндель
8	Механизм переключения скоростей
9	Гайка поперечной подачи
10	Механизм переключения салазок
11	Электрошкаф
12, 13	Подвески
14	Консоль
15	Механизм переключения подач
16	Коробка подач
17	Коробка скоростей
18	Шпиндельная головка
<b>Органы управления</b>	
19	Панель управления
20, 21	Рукоятки ручного перемещения консоли и салазок
22	Рукоятка включения вертикальной подачи
23	Кнопка включения быстрого перемещения стола, салазок и консоли
24	Маховик ручного перемещения стола
25	Червяк выборки зазора в паре винт–гайка стола
26	Кран охлаждения
27	Указатель нагрузки
28	Рукоятка включения электросети
29	Лампа сигнальная
30	Переключатель освещения
31	Кнопка «Стоп»
32	Рукоятка зажима салазок
33	Рукоятка включения поперечной подачи
34	Кнопка «Пуск»
35	Рукоятка зажима консоли

Номер позиции	Наименование
36, 37	Рукоятки включения электродвигателя подач и электронасоса охлаждения
38	Переключатель направления вращения шпинделя
39	Кнопка «Толчок шпинделя»
40	Рукоятка установки частот вращения шпинделя
41	Рукоятка включения диапазона шпинделя
42	Рукоятка перемещения гильзы шпинделя станка
43	Рукоятка включения продольной подачи
44	Винты зажима стола
45	Рукоятка установки значений подач

Основные показатели технических характеристик станков приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

#### Технические характеристики станков

Наименование	Модель станка	
	6P10	6P80Г
Класс точности	Н	Н
Размеры стола Н × В, мм	800 × 200	800 × 200
Наибольший ход стола, мм	500 × 160	500 × 160
Конец шпинделя (№ конуса)	40	40
Ход и угол поворота шпинделя	60 × 45°	–
Количество скоростей шпинделя	12	12
Пределы частот вращения шпинделя, об./мин	50–2240	50–2240
Количество подач	12	12
Пределы подач, мм/мин: продольных и поперечных	25–1120	25–1120
вертикальных	12,5–560	12,5–560
Марка масла для смазки	И-20	И-20

2.2. Кинематические схемы (рис. 4.3 и 4.4). Процесс фрезерования осуществляется за счет двух движений: главного – вращения шпинделя с фрезой; движения подачи – поступательного перемещения стола с заготовкой.

Подробно рассмотрим схему горизонтально-фрезерного консольного станка (рис. 4.3).

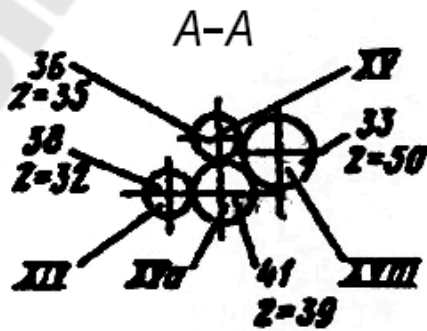
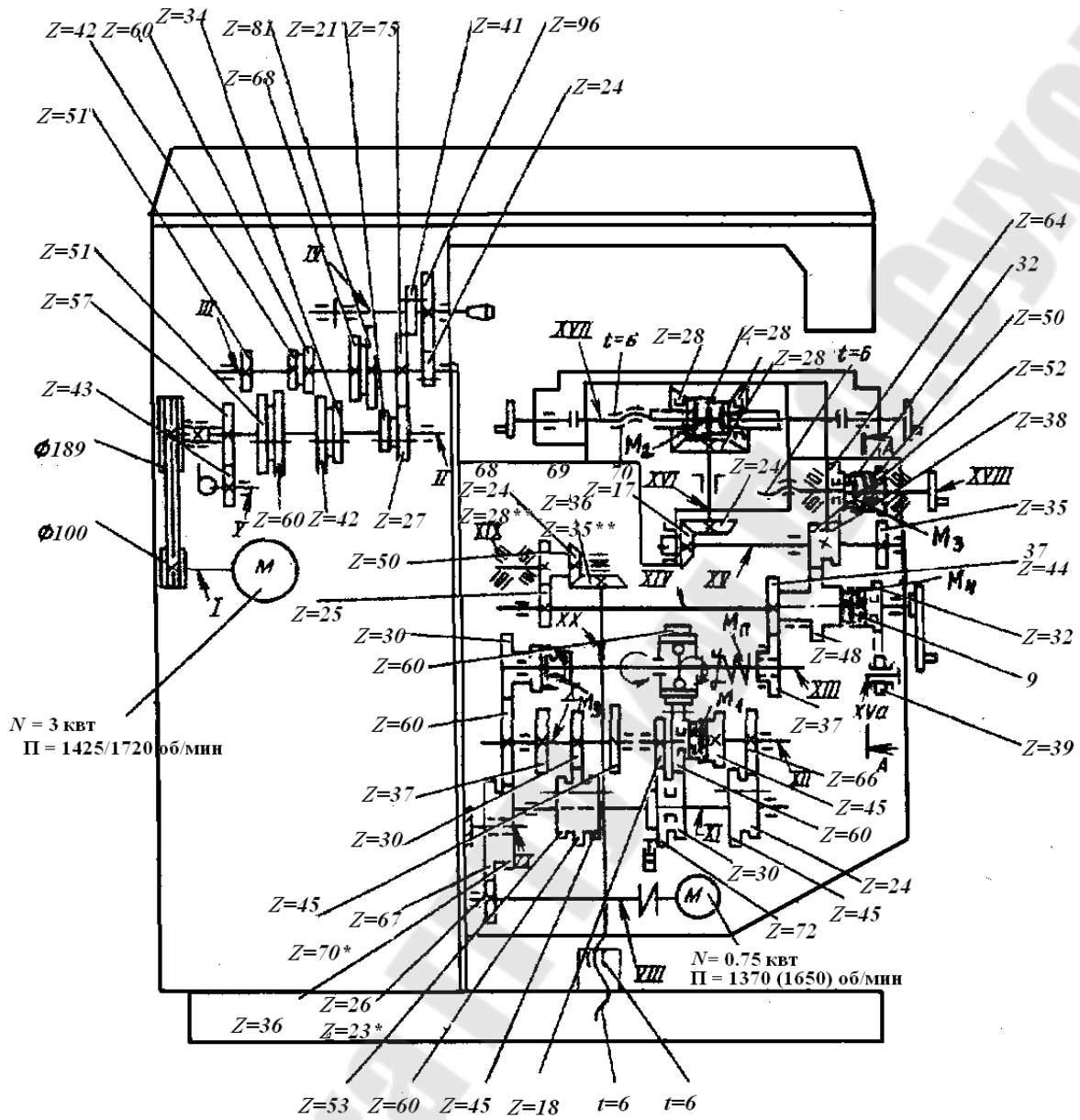


Рис. 4.3. Кинематическая схема горизонтально-фрезерного станка



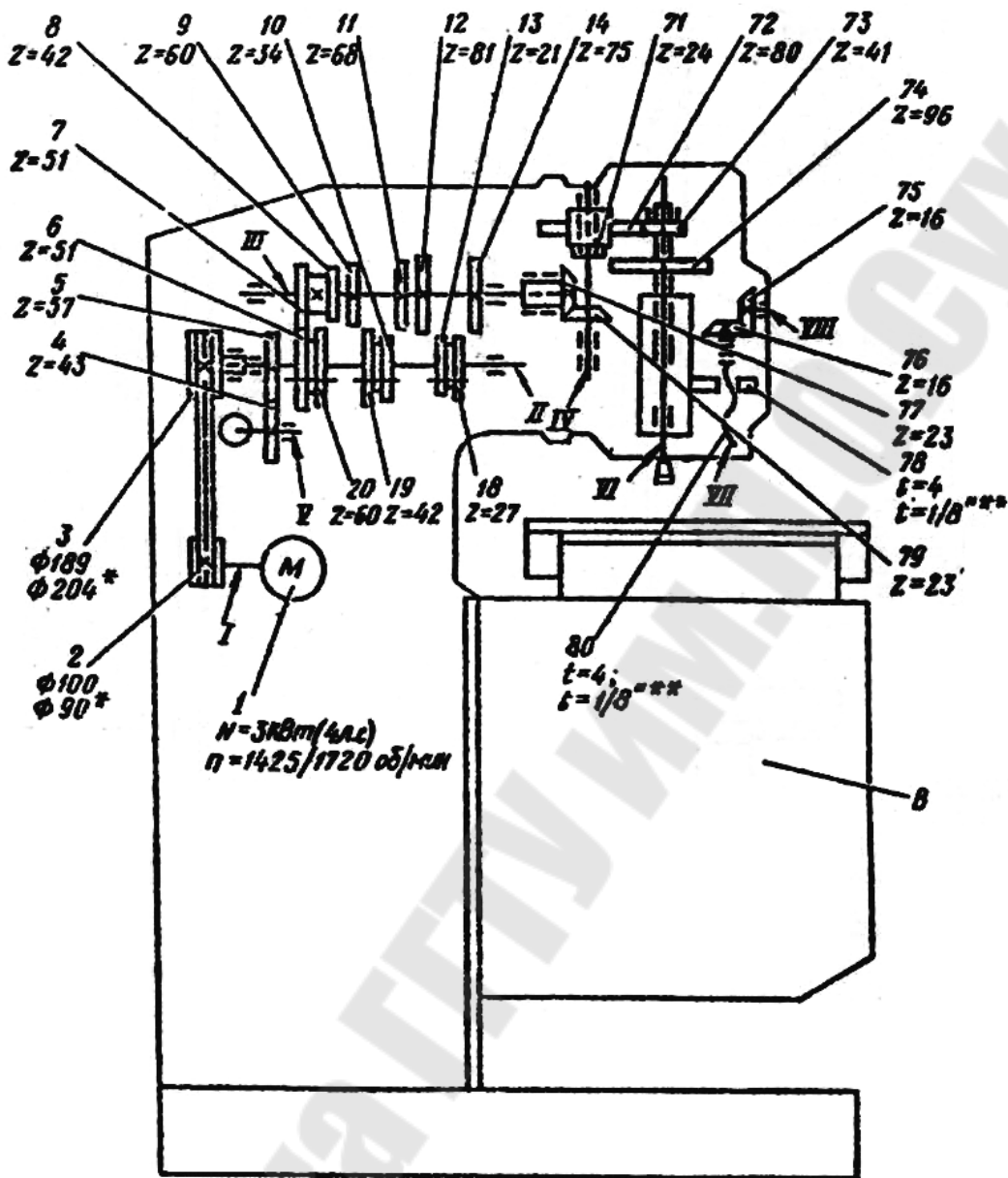


Рис. 4.4. Кинематическая схема вертикально-фрезерного станка

Привод главного движения осуществляется от электродвигателя  $M_1$  с параметрами:  $N = 3$  кВт;  $n = 1425/1720$  об./мин.

Краткое уравнение кинематического баланса цепи главного движения имеет вид:  $n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} i_{\text{кс}}$ , где  $i_{\text{кс}}$  – передаточное отношение коробки скоростей.

$$n_{\text{шп}} = 1425 \frac{100}{189} \cdot \frac{51}{51} \left( \frac{42}{60}, \frac{21}{81}, \frac{60}{42}, \frac{34}{68}, \frac{27}{75} \right) \cdot \frac{75}{41} \left( \frac{24}{96} \right), \text{ об./мин.}$$

Следовательно, шпиндель станка получает 12 различных частот вращения.

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:

$$z = 1 \cdot 1 \cdot (2 + 2 + 2) \cdot 2 = 12.$$

Цепь подач связывает вращательное движение второго отдельного электродвигателя  $M_2$  с параметрами:  $N = 0,75$  кВт;  $n = 1370$  об./мин и, соответственно, стол, консоль или салазки.

$$n_{\text{дв}2} \cdot i_{\text{к.п}} \cdot P_{\text{х.в}} = V_s, \text{ мм/мин},$$

где  $i_{\text{к.п}}$  – передаточное отношение коробки подач;  $P_{\text{х.в}}$  – шаг ходового винта станка.

Тогда для цепи продольных подач можно записать:

$$V_{s_{\text{прод}}} = 1370 \frac{26}{67} \cdot \frac{36}{60} \left( \frac{37}{53}, \frac{30}{60}, \frac{45}{45} \right) \cdot \frac{45}{45} \left( \frac{18}{72}, \frac{30}{60} \right) \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{17}{24} \cdot \frac{28}{28} \cdot 6.$$

Следовательно, механизм коробки подач обеспечивает 12 различных значений продольных подач стола станка.

Уравнение кинематического баланса цепи поперечных подач запишем аналогично как для цепи продольных подач:

$$V_{s_{\text{попереч}}} = 1370 \frac{26}{67} \cdot \frac{36}{60} \left( \frac{37}{53}, \frac{30}{60}, \frac{45}{45} \right) \cdot \frac{45}{45} \left( \frac{18}{72}, \frac{30}{60} \right) \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{38}{64} \cdot 6.$$

Уравнение кинематического баланса вертикальной подачи консоли будет иметь вид:

$$V_{s_{\text{верт}}} = 1370 \frac{26}{67} \cdot \frac{36}{60} \left( \frac{37}{53}, \frac{30}{60}, \frac{45}{45} \right) \cdot \frac{45}{45} \left( \frac{18}{72}, \frac{30}{60} \right) \cdot \frac{25}{50} \cdot \frac{24}{36} \cdot 6.$$

Ускоренное перемещение стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях осуществляется по отдельной кинематической цепи с уравнением кинематического баланса:

$$V_{s_{\text{прод}}}^{\text{ускор}} = 1370 \frac{26}{67} \cdot \frac{36}{60} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{17}{24} \cdot \frac{28}{28} \cdot 6;$$

$$V_{s_{\text{попереч}}}^{\text{ускор}} = 1370 \frac{26}{67} \cdot \frac{36}{60} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{48}{52} \cdot \frac{38}{64} \cdot 6;$$

$$V_{s_{\text{верт}}}^{\text{ускор}} = 1370 \frac{26}{67} \cdot \frac{36}{60} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{25}{50} \cdot \frac{24}{36} \cdot 6.$$

Кинематическая схема вертикально-фрезерного консольного станка аналогична кинематике горизонтально-фрезерного консольного станка, за исключением привода главного движения. Уравнение кинематического баланса привода главного движения представляет вид:

$$n_{\text{шп}} = 1425 \frac{100}{189} \cdot \frac{51}{51} \left( \frac{60}{42}, \frac{42}{60}, \frac{34}{68}, \frac{21}{81}, \frac{27}{75} \right) \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{24}{96} \left( \frac{80}{41} \right).$$

Следовательно, шпиндель станка получает 12 различных частот вращения.

$$z = 1 \cdot 1(2 + 2 + 2) \cdot 1 \cdot 2 = 12.$$

### 2.3. Станина

Станина станков состоит из основания, стойки и электрошкафа (рис. 4.1 и 4.2).

На основании установлены стойка, кронштейн с гайкой винта подъема консоли и насос охлаждения.

Внутренняя полость основания является резервуаром для охлаждающей жидкости.

С правой стороны стойки прикреплен электрошкаф, в верхней части коробка скоростей и механизм переключения скоростей.

На хоботе станка 6Р80Г крепятся подвески 12, 13 (рис. 4.2), которые служат опорами для фрезерных оправок. Эти подвески имеют два исполнения: с опорой качения, с опорой скольжения.

Особенностью станины станка 6Р10 является наличие фланца в верхней ее части, для крепления шпиндельной головки (рис. 4.1).

### 2.4. Коробка скоростей

Главное движение осуществляется от двигателя на шкив 41, который закреплен винтами на втулке 42, установленной на валу II и закрепленной болтом (рис. 4.5). На цилиндрической поверхности втулки 42 установлены подшипники 43, которые разгружают вал II. Наружные кольца подшипников базируются в стакане 50. Основными опорами вала II являются 2 подшипника, установленные в стойке станка.

По валу II перемещаются блоки зубчатых колес 40, 49, 51, которые передают вращение на вал III посредством зубчатых колес 26–30. Зубчатое колесо 44, вращая колесо 45 и крышку 46, обеспечивает работу насоса системы смазки 48, который закреплен в стакане 47.

На валу III установлены шарикоподшипники 23 и 37, причем подшипник 37 выполняет роль плавающей опоры, а подшипник 23 зафиксирован в осевом направлении стопорными кольцами 22. Вращательное

движение с вала III передается на шпиндель IV посредством колес 7 и 10. Колесо 7 выполняет роль маховика, обеспечивающего более равномерное вращение шпинделю, и зафиксировано в осевом направлении гайками 9.

В качестве передней опоры шпинделя используется двухрядный роликоподшипник 2 с установкой внутреннего кольца на конус, радиальный зазор в подшипнике регулируется гайками 5 через втулку 4 и кольцо 3. В качестве задней опоры служат два радиально-упорных шарикоподшипника 6, воспринимающие осевые силы. Подшипники зафиксированы в осевом направлении гайками 18, 19.

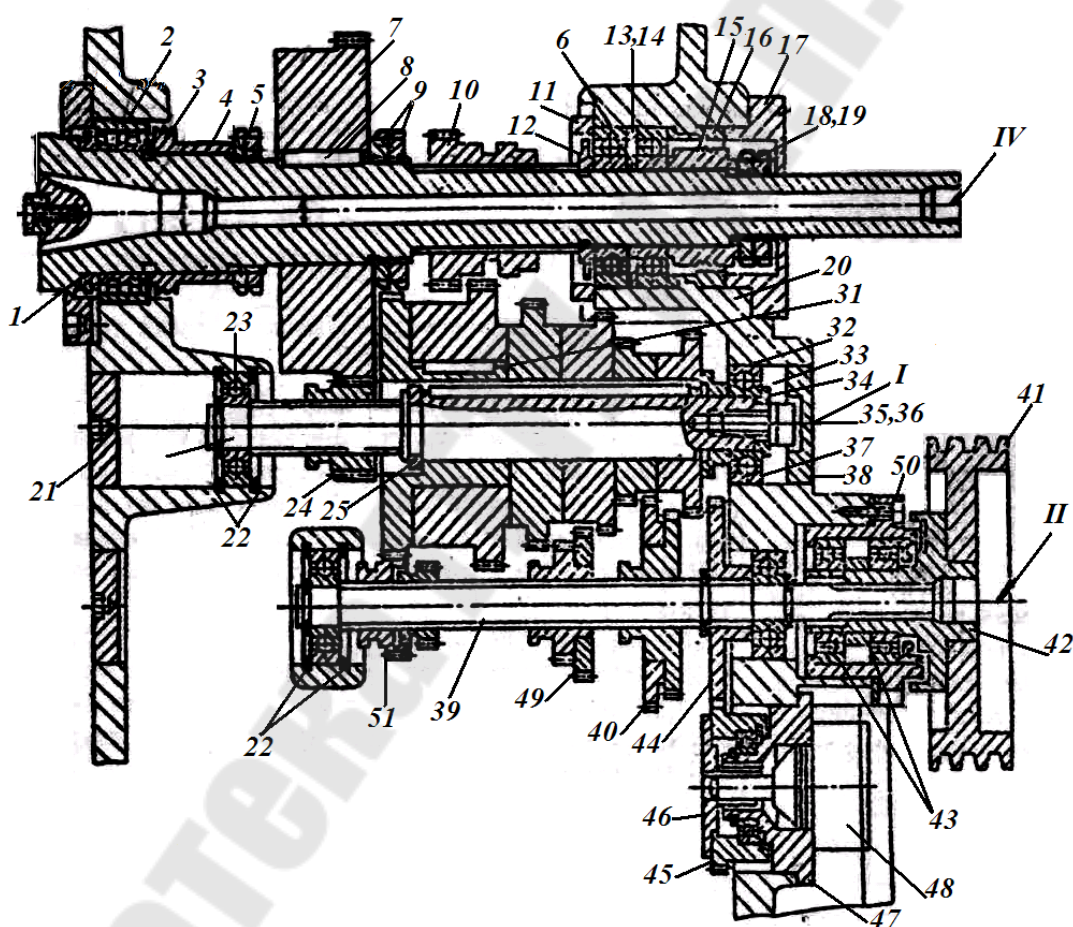


Рис. 4.5. Коробка скоростей горизонтально-фрезерного станка

### 2.5. Консоль

Спереди, в нижней части консоли, встроен фланцевый электродвигатель. С левой стороны консоли крепится коробка подач с механизмом переключения подач и механизмом включения вертикального перемещения консоли, а с правой – механизмом перемещения салазков.

Двенадцатиступенчатая коробка подач (рис 4.3 и 4.4), кроме цепи рабочих подач, имеет цель ускоренного хода. В коробке подач расположена предохранительная муфта, исключающая возможность поломки шестерен при перегрузке.

На рис. 4.6 представлена развертка приводов консоли. Вращательное движение от выходного колеса коробки подач (рис. 4.6) передается колесу 7, которое передает его посредством втулки 8 колесу 9. От колеса 9 вращение передается блоку колес 10, а от него колесу 11, установленному на винт XVIII посредством подшипника скольжения, и колесу 12 посредством втулки 13. Вращение от колеса 12 передается колесу 14, свободно установленному на оси 15, а от него колесу 16, свободно установленному на винт XVIII.

Кроме того, колесо 12 входит в зацепление с колесом 17, которое свободно установлено на вал XIV.

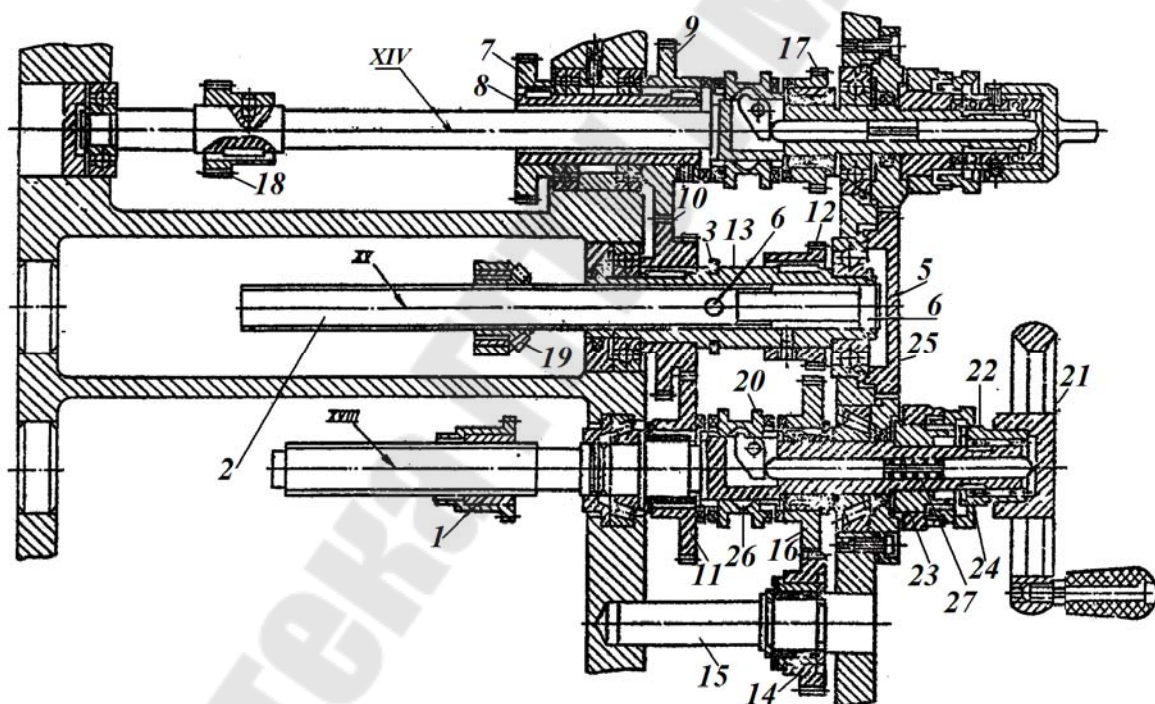


Рис. 4.6. Эскиз консоли (развертка по осям)

Вращение от вала XIV передается на винт вертикальных подач посредством колеса 18. Вращение от вала XV посредством колеса 19 передается столу, обеспечивая ему продольную подачу. Вращение же винта XVIII обеспечивает перемещение гайки 1, которая перемещает салазки станка в поперечном направлении. Для того чтобы винт XVIII получил вращения, необходимо ввести в зацепление втулку 20 кулачковой муфты с одним из колес 11 или 16, при этом винт XVIII получит правое или

левое механическое вращение. Вручную винт XVIII получает вращение от маховика 21, неподвижно закрепленного на втулке 22, которая на левом торце имеет зубья. При перемещении маховика 21 влево (рис. 4.6) зубья втулки 22 входят в зацепление с зубьями втулки 23, которая неподвижно закреплена на винте XVIII. Перемещая маховик 21 влево, он перемещает два стержня 24 и 25 внутри винта, которые, упираясь в поворотный сухарь-фиксатор 26, предохраняют от включения зубчатой муфты механических подач. Пружина 27 раздвигает стержни 24 и 25 и отводит маховик 21 вправо.

Аналогично устроен механизм поворота вала XIV.

## 2.6. Стол и поперечные салазки

Салазки перемещаются в поперечном направлении на консоли и имеют направляющие для стола.

Вращение винту 2 от приводного конического колеса (рис. 4.7) передается на колесо 9, которое закреплено на оси 8 колеса 7. Зубчатое колесо 7 вращает колеса 5 и 6, свободно установленные на втулках. Кроме того, на торцах этих колес имеются кулачки, которые могут входить в зацепление с кулачками муфты 10, обеспечивая реверсивное вращение винту 2. Муфта 10 перемещается от рукоятки, установленной на салазках.

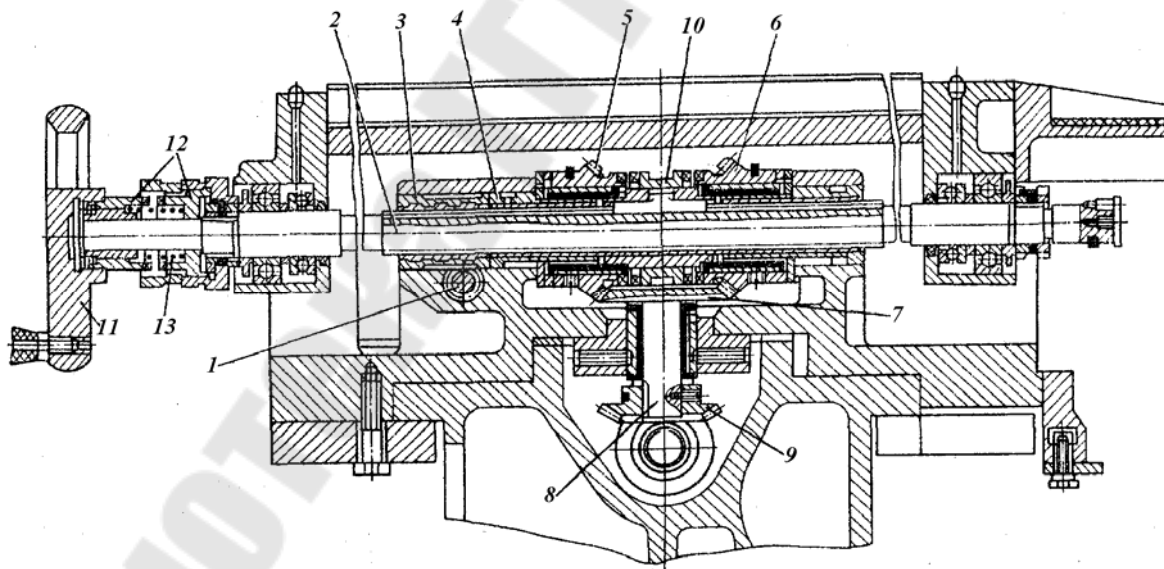


Рис. 4.7. Эскиз стола и поперечных салазок

Для работы методом попутного фрезерования предусмотрена выборка зазоров между резьбой ходового винта 2 и гаек 3, 4 посредством поворота червяка I. При работе методом встречного фрезерования сильно изнашивается ходовой винт.

Поэтому, когда на станке длительное время выполняется одна работа, следует менять участок работы винта. Ручное вращение винту 2 сообщается от маховика 11, который необходимо переместить вправо для зацепления кулачков муфты 12. Пружина 13 обеспечивает возврат маховика 11 в исходное положение. Правый конец винта выполнен удлиненным для закрепления на нем сменных зубчатых колес при работе с делительной головкой.

### 3. Наладка и регулирование станка

#### 3.1. Установка инструментов на станке

Схема установки инструмента на горизонтально-фрезерном станке приведена на рис. 4.8, а.

Для этого на оправку, закрепленную в конусе шпинделя шомполом 1, нужно надеть промежуточные кольца 6 (рис. 4.8, а), а на требуемом от торца шпинделя расстоянии фрезе, затем снова кольца 6 и буксу 5 (по возможности ближе к фрезе).

Набор колец с фрезой и втулкой нужно закрепить гайкой 4, а подвеску надеть на буксу и закрепить на хоботе гайкой 3. Хобот закрепляется винтом 2. Если работа выполняется торцевыми фрезами, то они устанавливаются так же, как и на вертикально-фрезерном станке 6Р10.

Установка инструмента на вертикальном шпинделе станка 6Р10 представлена на рис. 4.8, б–г.

Торцовые насадные фрезы крепятся с использованием переходного фланца 8 (рис. 4.8, б). Оправка в конусе шпинделя крепится шомполом 7. На шейку оправки надевается переходной фланец и фреза, которая крепится винтом 9.

Фрезы, имеющие в отверстии канавку под шпонку, крепятся на оправке с буртом, имеющей пазы под шипы шпинделя.

Торцовые и концевые фрезы, имеющие хвостовик с конусом Морзе, крепятся в конусе шпинделя посредством переходной втулки 10 (рис. 4.8, в).

Фрезы большого диаметра, имеющие на торце цилиндрическую выточку, пазы и четыре сквозных отверстия, надеваются непосредственно на головку шпинделя (рис. 4.8, г) и крепятся винтами 11.

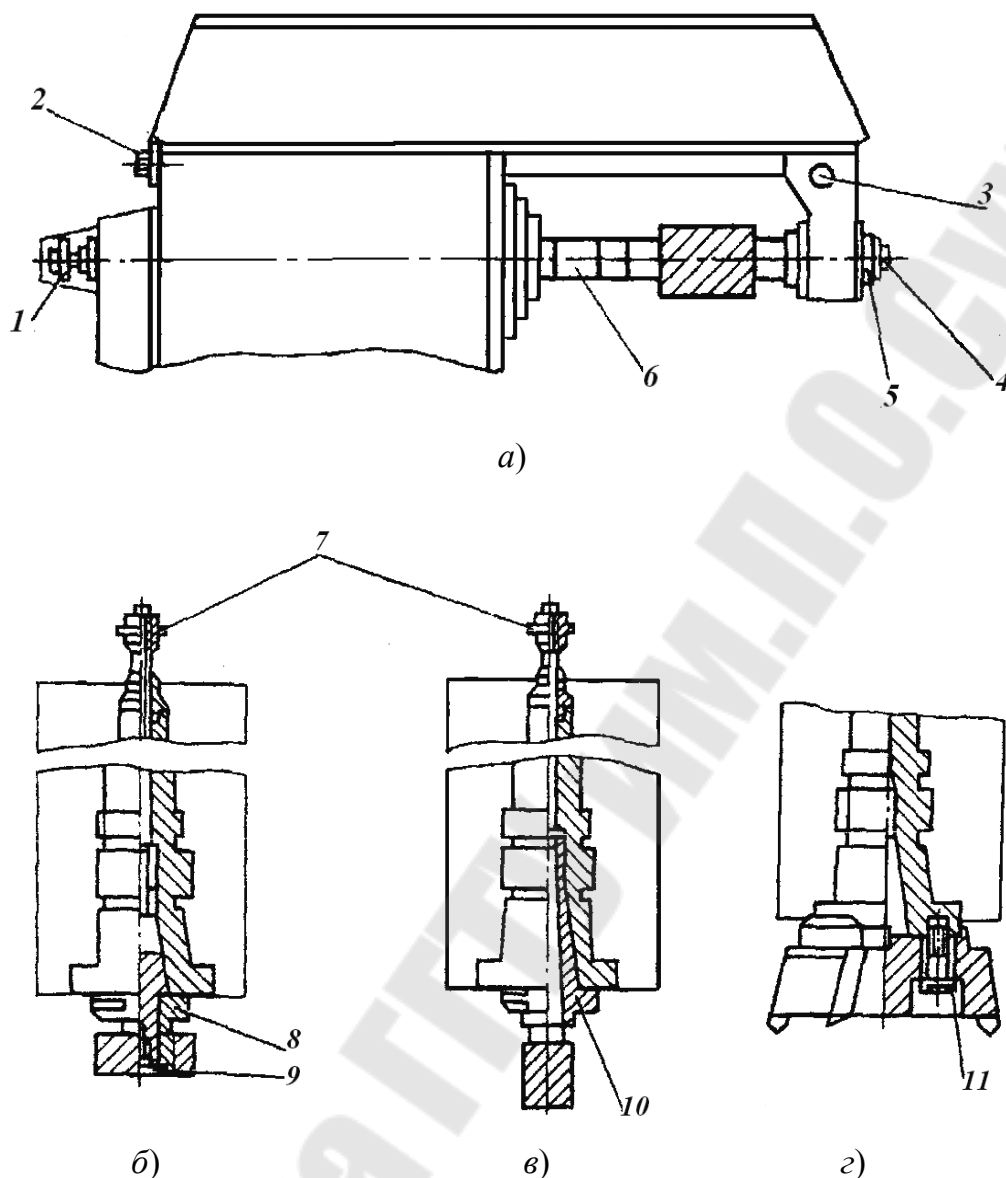


Рис. 4.8. Схема закрепления инструмента:  
*a* – с использованием колес и буксы; *б* – переходного фланца;  
*в* – посредством переходной втулки; *г* – винтами

В процессе эксплуатации станка возникает необходимость в подналадке отдельных его составных частей с целью восстановления их нормальной работы.

### 3.2. Устройство и наладка универсально-делительных головок

Нарезание прямозубого зубчатого колеса производится с помощью делительной головки.

К простейшим фрезерным работам, выполняемым при помощи делительных головок, относятся: фрезерование канавок, расположенных по поверхности тел вращения (стружечных канавок фрез, разверток,



зенкеров, сверл), фрезерование граней на деталях (грани гаек, головок болтов, хвостовиков инструментов), фрезерование пазов и шлицев на торцовых поверхностях (зубчатые муфты, корончатые гайки).

Делительные головки подразделяется на простые и универсальные.

Универсальные делительные головки изготавливают двух типов: с лимбом (делительным диском) и безлиббовые (без делительного диска).

*Простая делительная головка* для деления на 12 частей содержит на шпинделе диск, на котором имеется двенадцать прорезей. Вращение шпинделя происходит при помощи рукоятки. Шпиндель фиксируется диском, диск устанавливается в требуемом положении при помощи стопорного рычага, на левом конце которого имеется выступ, входящий плотно в прорези диска.

Простая делительная головка допускает деление на ограниченное количество частей, а именно на 12, 6, 4, 3 и 2. Шпиндель поворачивается при вращении диска за рукоятку без промежуточных механизмов.

Для точных угловых делений заготовок при их обработке и для проверки точности различного рода угловых деталей широкое применение получили *оптические делительные головки*.

Общий вид и схематический разрез оптической головки представлены на рис. 4.9. Стеклоциркулярная шкала 5 с ценой деления  $1^\circ$  жестко укреплена на червячном колесе 6, закрепленном на шпинделе 9 головки, вращающейся в двух подшипниках 8 и 11. Червячное колесо 6 приводится во вращение червяком 10, связанным с маховичком 1. Червячное колесо 6 может быть застопорено в любом положении рукояткой 4, связанной с прижимной шайбой 7.

Углы поворота отсчитывают по круговой шкале 5 с помощью отсчетного микроскопа 2, окуляр которого помещен вне корпуса головки. В поле зрения окуляра помещена шкала, разделенная на 60 частей, с ценой деления  $1'$ . Круговая шкала освещается лампочкой через призму 3, помещенную вне корпуса головки. Высота центров  $H = 130$  мм.

Если задано число делений, приходящихся на полный оборот заготовки, то угол поворота шпинделя головки определяется по формуле

$$\alpha = \frac{360}{z}, \quad (4.1)$$

где  $\alpha$  – угол поворота шпинделя головки в градусах;  $z$  – заданное число делений.

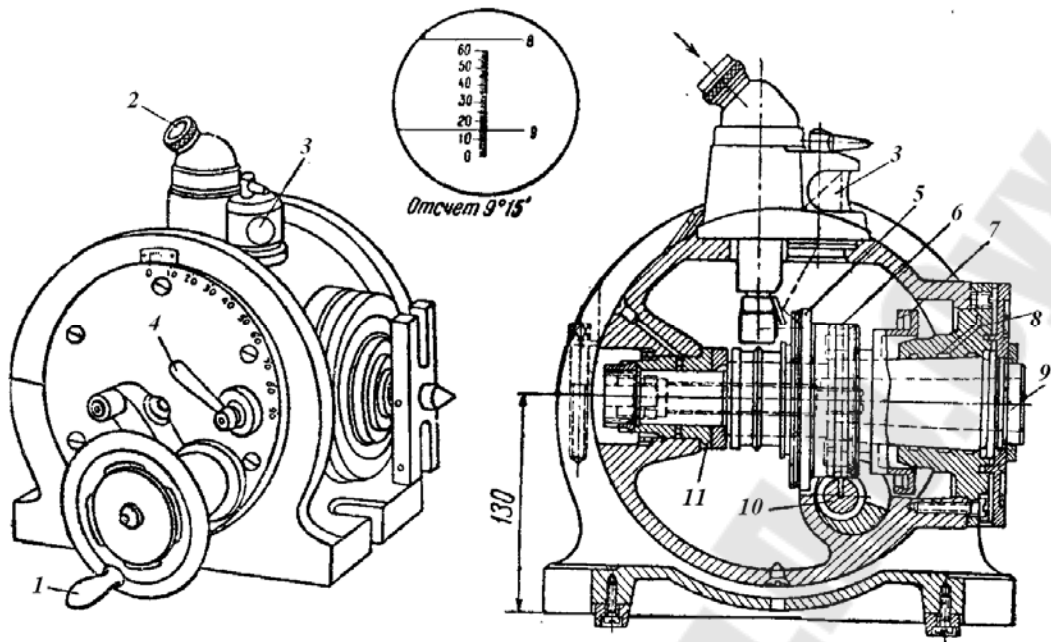


Рис. 4.9. Оптическая делительная головка

Универсальные делительные головки (УДГ) предназначены для:

- а) установки оси обрабатываемой заготовки под требуемым углом относительно стола станка (горизонтально, вертикально, наклонно);
- б) периодического поворота заготовки вокруг ее оси на определенные углы (деление на равные и неравные части);
- в) непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых канавок (спиралей).

В переднем конце шпинделя имеется коническое отверстие, в которое может быть вставлен передний центр 2 (рис. 4.10).

В этом случае на центр надевают поводок 3, который служит для захвата хомутика, установленного на обрабатываемой заготовке. Снаружи передний конец шпинделя снабжен резьбой, на которую может быть навинчен трехкулачковый патрон.

Колодка 5 делительной головки, несущая шпиндель, может быть повернута вокруг оси корпуса 6 на любой угол в пределах от 0 до 10° вниз и от 0 до 100° вверх по градусной шкале на колодке и закреплена в выбранном положении.

Для отсчета угла поворота шпинделя головки, т. е. для деления, служат делительные диски.

Лобовой делительный диск 1 насажен на шпиндель головки, угол его поворота соответствует углу поворота шпинделя. Лобовым делительным диском универсальной делительной головки можно пользоваться для непосредственного деления. Универсальная дели-

тельная головка УДГ-100 имеет 24 отверстия на лобовом диске и позволяет производить деление на 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 части; универсальная делительная головка УДГ-160 имеет лобовой диск с тремя рядами отверстий (24, 30 и 36 отверстий) и позволяет производить деление на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей.

Для УДГ с градуированным диском, если задан центральный угол  $\alpha$  (рис. 4.10, б) между осями фрезеруемых или проверяемых граней или канавок, угол поворота шпинделя равен  $\alpha$ .

Если задан угол  $\beta$  между плоскостями АВ и ВС (рис. 4.10, в), то угол поворота шпинделя головки  $\alpha$  определяется по формуле

$$\alpha = 180^\circ - \beta. \quad (4.2)$$

Если задано число делений  $z$ , приходящееся на полный оборот детали, то угол поворота шпинделя головки для каждого деления определяют по формуле (4.1).

При каждом следующем повороте шпинделя и отсчете, соответствующем положению шпинделя до поворота, следует прибавлять величину  $\alpha$ .

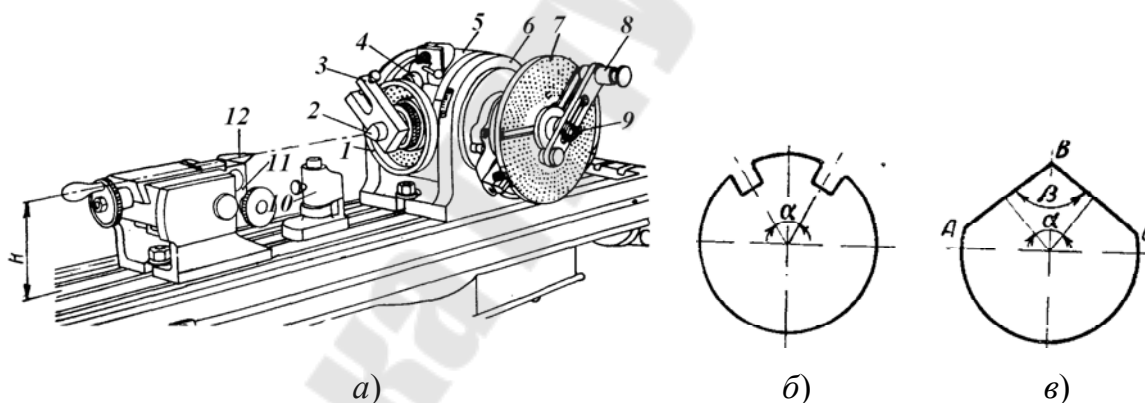


Рис. 4.10. Схемы:

а – универсальная делительная головка; б – случаи деления по центральному углу; в – по углу между гранями

*Пример.* Требуется профрезеровать в заготовке четыре грани на делительной головке УДГ-135. Необходимо определить положение шпинделя при фрезеровании каждой грани.

По формуле (4.1):  $\alpha = \frac{360}{z} = \frac{360}{4} = 90^\circ.$

Если положение граней не связано с какими-либо поверхностями обрабатываемой заготовки, то при фрезеровании первой грани следует установить шпиндель головки на нулевое деление лобового диска.

Боковой делительный диск 7 (рис. 4.10, а) имеет несколько концентрических окружностей с отверстиями.

Делительные диски, прилагаемые к делительным головкам УДГ-100, УДГ-135 и УДГ-160, допускают деление на любые части от 2 до 60, от 60 до 120 – только на все четные и кратные пяти, свыше же 120 и до 400 – только на некоторые числа.

Рукоятка 8 (рис. 4.10, а) имеет запорный штифт (защелку), входящий в отверстие делительного диска. Для установки штифта против требуемого ряда отверстий рукоятка может быть переставлена по прорези и закреплена в нужном положении гайкой 9.

К нижней плоскости основной плиты делительной головки привинчены шпонки, входящие в паз стола станка и обеспечивающие положение делительной головки относительно шпинделя станка.

Для закрепления заготовок центр 12 задней бабки можно перемещать в продольном направлении. Колодка 11, несущая задний центр, допускает установку в вертикальном направлении, а также под различными углами к горизонтали.

Нижняя плоскость основания задней бабки также имеет фиксирующие шпонки, соответствующие размерам паза стола фрезерного станка, подобно делительной головке.

При фрезеровании длинных тонких валиков во избежание прогиба их подпирают домкратиком 10.

Важным параметром УДГ является ее характеристика ( $N$ ), которая определяет число оборотов рукоятки, необходимое для поворота шпинделя делительной головки на один оборот. Для большинства УДГ  $N = 40$ , при этом существуют головки, имеющие характеристику 30, 60, 80 или 120.

Для установки на столе фрезерного станка делительной головки и задней бабки необходимо:

1. Установить делительную головку и заднюю бабку фиксирующими шпонками в средний паз стола, предварительно очистив стол и его пазы от стружки и смазав тонким слоем масла плоскости стола и основания делительной головки.

2. Ввести в паз стола крепежные болты для закрепления делительной головки и задней бабки и закрепить их.

3. Проверить совпадения центров передней и задней бабок.

4. Освободить болты, крепящие заднюю бабку, отодвинуть ее от делительной головки на требуемое расстояние по длине заготовки и закрепить болтами к столу.

Заготовки, фрезеруемые при помощи делительных головок, могут быть в зависимости от их конструкции закреплены одним из следующих способов:

- а) в центрах делительной головки и задней бабки;
- б) на оправках, устанавливаемых в центрах делительной головки и задней бабки;
- в) на оправках, устанавливаемых в коническом отверстии шпинделя делительной головки;
- г) в трехкулачковом патроне, накрутом на резьбовой конец шпинделя делительной головки.

Заготовки типа дисков и втулок надеваются на оправки, которые устанавливаются в центрах делительной головки и задней бабки, или на оправки, устанавливаемые в коническое отверстие шпинделя делительной головки.

#### *Способы настройки УДГ*

На рис. 4.11 представлены кинематические схемы лимбовых (рис. 4.11, а–в) и безлимбовых (рис. 4.11, г) делительных головок. Вращение шпинделю передается от рукоятки 1 через группы зубчатых колес 3–6 и червячную передачу 7–8 (рис. 4.11, а–в). Положение рукоятки при повороте на необходимый угол фиксируется делительным диском 2. Передаточное отношение всех передач, кроме червячной и сменных колес, обычно равно 1.

Существует три способа настройки универсальных делительных головок:

- непосредственного деления;
- простого деления;
- дифференциального деления.

*Непосредственное деление.* На шпинделе делительной головки установлен диск, имеющий определенное число пазов на равных расстояниях друг от друга. Диск поворачивают рукояткой.

При 12 пазах диска шпиндель головки можно повернуть на  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $1/4$ ,  $1/6$  и  $1/12$  оборота, т. е. делить окружность на 2, 3, 4, 6 и 12 частей. Таким образом, область использования непосредственного деления весьма ограничена.

*Простое деление* (рис. 4.11, а) применяют в тех случаях, когда передаточное отношение между валом с рукояткой и шпинделем головки может быть выражено в виде простой дроби. Если  $z$  – число равных частей, на которое необходимо произвести деление, то величина

периодического вращения шпинделя головки составит  $1/z$  оборота. Для этого рукоятку  $1$  нужно повернуть относительно неподвижного диска  $2$  на  $n_p$  оборотов. Согласно уравнению кинематического баланса цепи:

$$\frac{1}{z} = n_p \frac{z_5 z_7}{z_6 z_8}, \quad (4.3)$$

где  $\frac{z_5 z_7}{z_6 z_8} = i_{\text{кин. цепи}} = \frac{1}{N}$ , при этом  $N$  – характеристика головки или число зубьев червячного колеса (чаще всего  $N = 40$ , однако бывают 60, 80, 120).

Тогда, выразив значение  $n_p$  в виде простой дроби, получается, что

$$n_p = \frac{N}{z} = \frac{A}{B}, \quad (4.4)$$

где  $A$  – число отверстий, на которое необходимо повернуть рукоятку;  $B$  – число отверстий на одной из окружностей делительного диска.

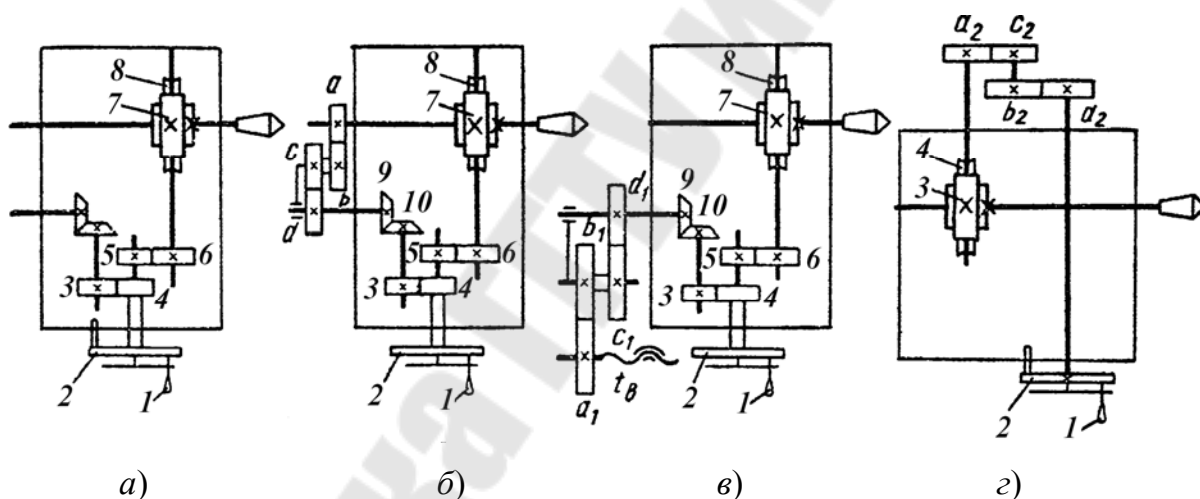


Рис. 4.11. Кинематические схемы универсальных делительных головок:

$a-v$  – лимбовых;  $z$  – безлиम्бовых

Для упрощения отсчета делительная головка оснащается раздвижным сектором (рис. 4.10,  $a$ ), состоящим из двух радиальных линеек. Их раздвигают на угол, соответствующий числу отверстий, отсчитываемому на диске, и скрепляют. Если левую линейку упереть в фиксатор рукоятки, то правая линейка окажется совмещенной с отверстием, в которое надо будет при очередном повороте ввести фиксатор. После фиксирования рукоятки в новом положении левую линейку снова упирают в фиксатор.

*Пример.* Настроить лимбовую делительную головку для фрезерования зубчатого колеса  $z = 28$ .

$$n_p = \frac{N}{z} = \frac{40}{28} = 1 + \frac{12}{28} = 1 + \frac{3 \cdot 4}{7 \cdot 4} = 1 + \frac{9}{21} \text{ оборота.}$$

Следовательно, для поворота шпинделя с заготовкой на  $1/28$  часть оборота выбираем диск с концентрической окружностью и числом отверстий 21, рукоятку следует поворачивать на один полный оборот и дополнительно на девять промежутков.

*Дифференциальное деление* применяют в тех случаях, когда подобрать диск с необходимым количеством отверстий способом простого деления не удастся. Сущность дифференциального деления состоит в следующем. Подбирают фиктивное число частей  $z_\phi$ , на которое необходимо произвести деление, близкое к заданному  $z$  и удовлетворяющее простому способу деления.

Если выполнить простое деление, то шпиндель повернется на  $1/z_\phi$  оборота вместо  $1/z$ . Для компенсации полученной разницы шпинделю сообщают дополнительный поворот, равный  $\frac{1}{z} - \frac{1}{z_\phi}$ . Если

эта разность будет положительной, то дополнительный поворот делают в ту же сторону, что и основной, если отрицательной, то в противоположную сторону (рис. 4.12, в, з).

Таким образом, рукоятка 1 (рис. 4.11, б) должна совершить основной поворот, чтобы разделить окружность на  $z_\phi$  частей, и дополнительный, чтобы компенсировать указанную выше разницу. Это достигается путем медленного поворота диска 2 на величину дополнительного поворота рукоятки. Когда последняя будет повернута на угол, соответствующий заданному числу отверстий, отверстие, в которое должен быть введен фиксатор вместе с диском 2, уйдет вперед или назад. Поэтому для того, чтобы ввести фиксатор в отверстие, необходимо рукоятку дополнительно повернуть в ту или другую сторону, до совпадения оси фиксатора с осью отверстия. Вращение диску передается от шпинделя делительной головки через сменные колеса  $a-b$ ,  $c-d$ , коническую пару 9-10 и зубчатые колеса 3-4.

Расчет настройки сводится к определению передаточного отношения сменных зубчатых колес  $a-b$ ,  $c-d$ . Чтобы повернуть шпиндель на  $1/z$  и  $1/z_\phi$  оборота, необходимо повернуть рукоятку на  $n_p = \frac{N}{z}$  оборотов

при заданном числе делений и на  $n_{р.ф} = \frac{N}{z_{\phi}}$  оборотов – при фиктивном числе делений.

Величина дополнительного вращения рукоятки равна величине поворота диска:

$$n_{р.доп} = \frac{N}{z} - \frac{N}{z_{\phi}} = N \left( \frac{1}{z} - \frac{1}{z_{\phi}} \right) = \frac{1}{z} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_9}{z_{10}} \cdot \frac{z_3}{z_4}$$

Таким образом, формула настройки цепи имеет вид (рис. 4.11, б):

$$i_{д} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{N}{C} \frac{z_{\phi} - z}{z_{\phi}}, \quad (4.5)$$

где  $C = \frac{z_9}{z_{10}} \cdot \frac{z_3}{z_4}$  (обычно  $C = 1$ ).

Настройка передаточного отношения  $i_{д}$  производится либо одной (рис. 4.12, а), либо двумя (рис. 4.12, б) парами сменных зубчатых колес с применением одного (рис. 4.12, б) или двух (рис. 4.12, а) промежуточных колес, либо без них.

Необходимое количество промежуточных колес зависит от знака  $i_{д}$ , т. е. от знака разности  $(z_{\phi} - z)$  [см. формулу (4.5)] и от числа пар сменных колес гитары, и указано в табл. 4.1.

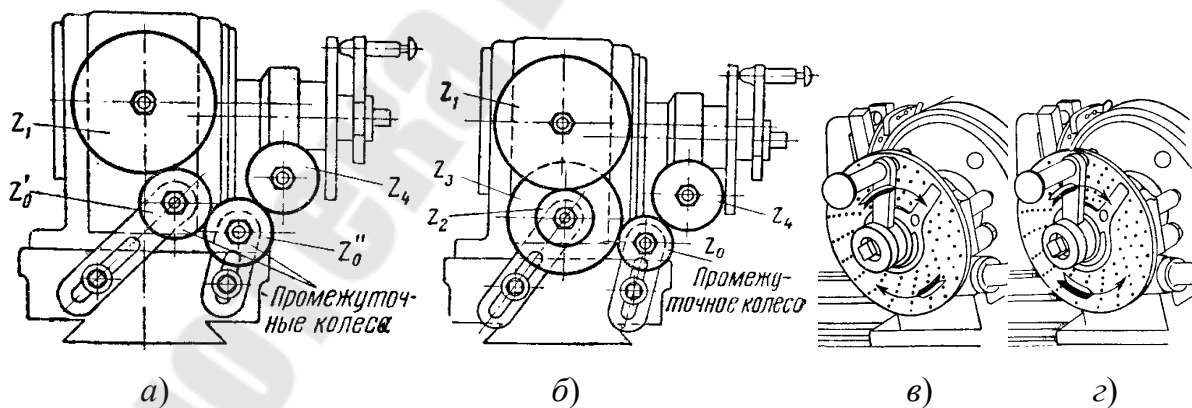


Рис. 4.12. Схемы настройки передаточного отношения:  
 а – одной парой сменных колес (с двумя промежуточными колесами);  
 б – двумя парами сменных колес (с одним промежуточным колесом);  
 в, г – направления вращения делительного диска  
 при дифференциальном способе деления (в –  $i_{д} > 0$ ; г –  $i_{д} < 0$ )



При положительном значении  $i_{\text{Д}}$  ( $z_{\text{ф}} > z$ ) делительный диск и рукоятка вращаются в одном направлении (по часовой стрелке, рис. 4.12, в); при отрицательном значении  $i_{\text{Д}}$  ( $z_{\text{ф}} < z$ ) – в противоположных направлениях (диск – против часовой стрелки, рис. 4.12, з).

*Пример.* Определить параметры настройки делительной головки для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с  $z = 61$ . Пусть характеристика головки  $N = 40$  и  $C = 1$ ; примем  $z_{\text{ф}} = 60$ , тогда число оборотов рукоятки:

$$n_{\text{р.ф}} = \frac{40}{60} = \frac{4}{6} \text{ или } \frac{28}{42}.$$

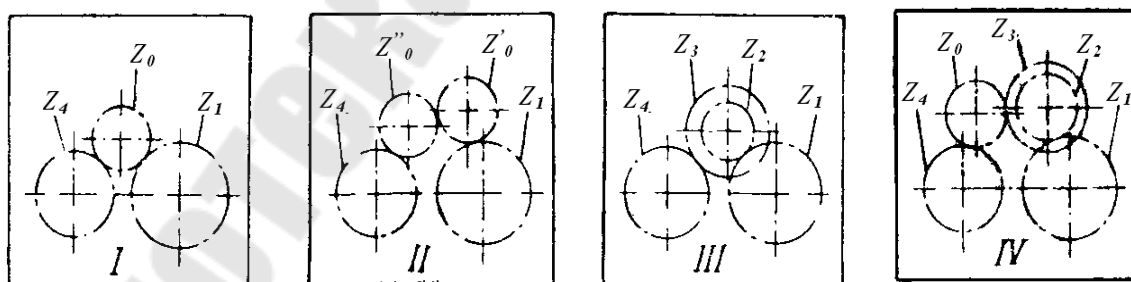
Таким образом, необходимо использовать диск с 42 отверстиями и поворачивать рукоятку при делении на 28 отверстий. Передаточное отношение сменных колес:

$$i_{\text{Д}} = \frac{40}{1} \frac{60 - 61}{60} = -\frac{40}{60}.$$

Устанавливаем на шпиндельный вал зубчатое колесо  $z_1 = 40$  (ведущее) и на вал привода делительного диска колесо  $z_4 = 60$  (ведомое). Так как передаточное отношение  $i_{\text{Д}} < 0$ , то в передачу вводим два промежуточных колеса согласно схеме II в табл. 4.1.

Таблица 4.1

**Число промежуточных колес в гитаре делительной головки при настройке передаточного отношения**



Число пар сменных зубчатых колес	При $i_{\text{Д}} > 0$ , т. е. когда $z_{\text{ф}} > z$	При $i_{\text{Д}} < 0$ , т. е. когда $z_{\text{ф}} < z$
Одна пара	Одно промежуточное колесо (схема I)	Два промежуточных колеса (схема II)
Две пары	Два промежуточных колеса (схема III)	Одно промежуточное колесо (схема IV)

Фрезерование винтовых канавок, расположенных равномерно по окружности, осуществляется следующим образом (рис. 4.13, а).

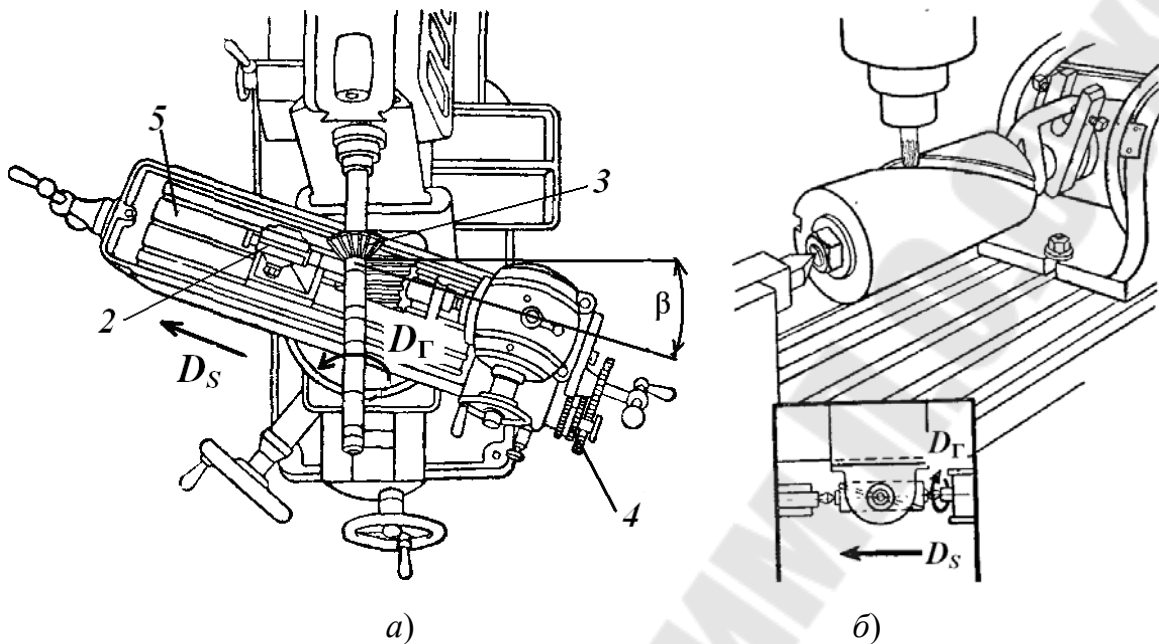


Рис. 4.13. Схемы фрезерования:

- а – дисковой фрезой правой винтовой канавки;
- б – концевой фрезой правой винтовой канавки

Заготовку, установленную в центрах делительной головки 1 и задней бабки 2, вместе со столом 5 поворачивают на угол  $\beta$ , равный углу наклона винтовой линии канавки. В результате этого средняя плоскость дисковой фрезы 3 совпадает с направлением канавки. Заготовке сообщают непрерывное вращение, связанное через сменные зубчатые колеса 4 с продольной подачей стола.

При повороте стола необходимо учитывать направление винтовой канавки обрабатываемой заготовки.

При фрезеровании винтовой канавки концевой фрезой (рис. 4.13, б) стол станка не поворачивается, так как плоскость вращения фрезы совпадает с наклоном канавки. Однако концевой фрезой можно фрезеровать только прямоугольные или симметричные канавки.

Шпиндель делительной головки с закрепленной заготовкой вращают от ходового винта продольной подачи стола (рис. 4.11, в) по цепи сменных зубчатых  $a_1-b_1$ ,  $c_1-d_1$ , далее через 9-10, 3-4 и диск 2 на рукоятку 1, передачи 5-6 и 7-8. За один оборот шпинделя стол должен переместиться на величину шага винтовой линии канавки  $t_p$ .

Уравнение кинематического баланса цепи имеет вид:

$$t_p = 1_{\text{об. зар}} \frac{z_8 \cdot z_6 \cdot z_4 \cdot z_{10} \cdot d_1 \cdot b_1}{z_7 \cdot z_5 \cdot z_3 \cdot z_9 \cdot c_1 \cdot a_1} t_B,$$

где  $t_B$  – шаг ходового винта станка.

Учитывая, что  $\frac{z_8 \cdot z_6 \cdot z_4 \cdot z_{10}}{z_7 \cdot z_5 \cdot z_3 \cdot z_9} = \frac{1}{N}$ , получим уравнение настройки кинематической цепи:

$$i_H = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = N \frac{t_B}{t_p}. \quad (4.6)$$

Для определения передаточного отношения сменных зубчатых колес при нарезания винтовых канавок применяют простой способ деления.

Если винтовую линию канавки задают не шагом  $t_p$ , а углом наклона  $\beta$  (или углом подъема винтовой линии  $\varphi = 90 - \beta$ ) и диаметром  $d$ , то шаг винтовой канавки определяется по формуле

$$t_p = \frac{\pi d}{\text{tg} \beta}. \quad (4.7)$$

*Пример.* Задано нарезать винтовую канавку с шагом  $t_p = 300$  мм на цилиндре диаметром  $d = 75$  мм. Определить угол поворота  $\beta$  универсально-фрезерного станка.

Согласно формуле  $\text{tg} \beta = \frac{\pi d}{t_p} = \frac{3,14 \cdot 75}{300} = 0,786$ , а угол поворота  $\beta = 38^\circ 10'$ .

Настройка сменных зубчатых колес для получения необходимого шага винтовой канавки производится гитарой УДГ (рис. 4.14. а), которая имеет зубчатые колеса  $z = 38_1$ ,  $z = 24$ ,  $z = 38_2$  и  $z = 40$  – постоянные (т. е. постоянно находятся на гитаре); зубчатые колеса  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$ ,  $z_4$  – сменные и соответствуют зубчатым колесам  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$ ,  $d_1$ , формулы (6) и рис. 4.11, в.

На рис. 4.14, б показана установка сменных колес для фрезерования правых винтовых канавок, а на рис. 4.14, в – левых. При фрезеровании правых канавок зубчатое колесо  $z = 40$  выводится и  $z_1$  сцепляется с  $z_2$ .

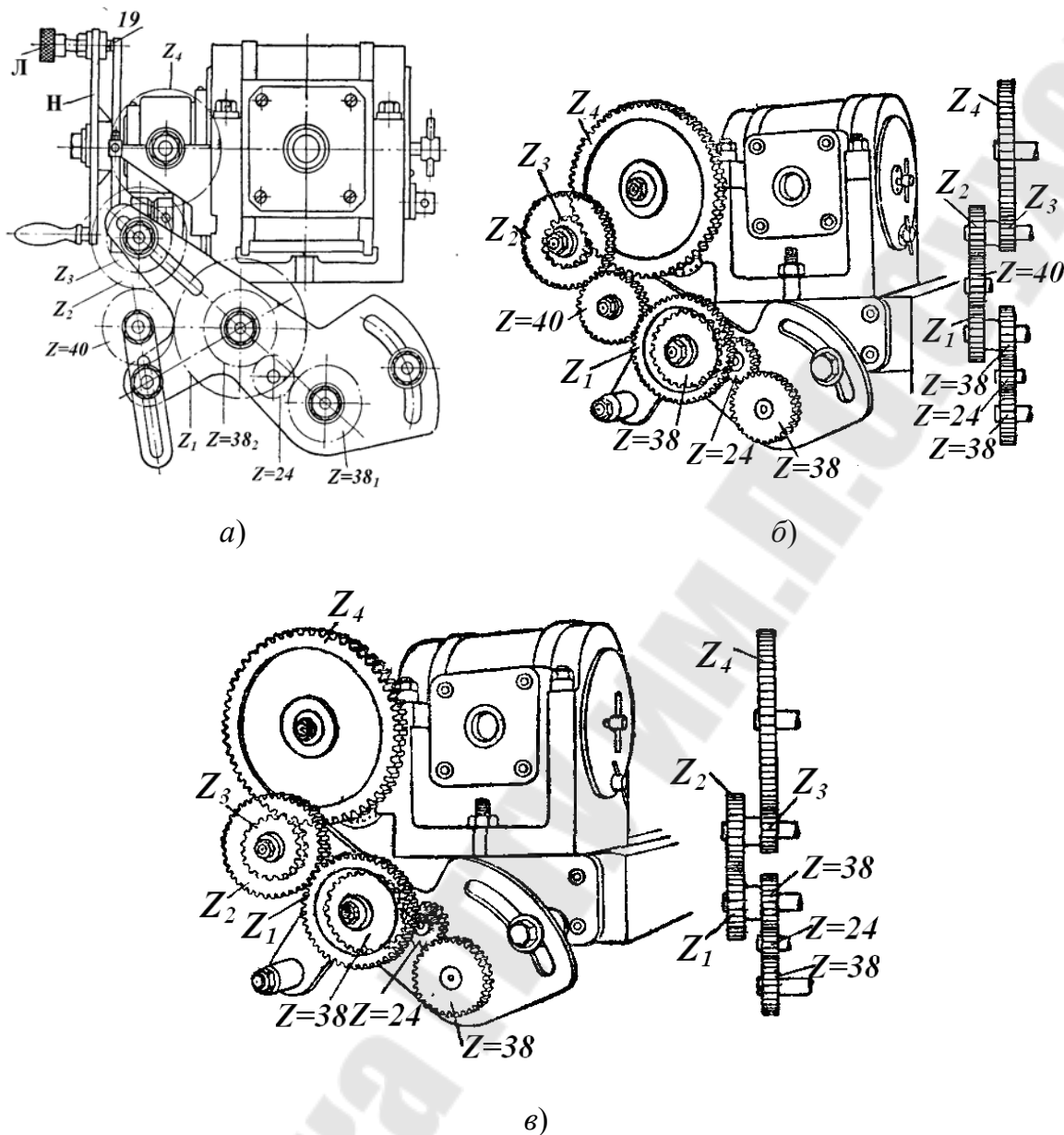


Рис. 4.14. Схемы:  
 а – настройки УДГ для фрезерования; б – правой винтовой канавки; в – левой винтовой канавки

При выборе чисел зубьев необходимо проверить условие их зацепляемости и применяемости, которое имеет следующий вид:

– для однопарных зубчатых колес –  $a + в = \text{const}$ , что определяет неизменное межосевое расстояние  $A$ , указанное для конкретного устройства;

– для двух парных сменных зубчатых колес:

$$a + в \geq c + (15-20);$$

$$c + d \geq c + (15-20).$$

Рассмотрим подробнее некоторые способы.

*Способ подбора колес разложением на простые дроби*

Данный способ разложения применяют в том случае, если на них можно разложить числитель и знаменатель передаточного отношения, полученного по уравнению настройки. Произведя разложение, сокращают дробь или вводят дополнительные множители, комбинируя их так, чтобы получить выражение дроби через числа зубьев, имеющихся в комплекте сменных колес.

Например,

$$i = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{299}{396} = \frac{13 \cdot 23}{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 11} = \frac{13(5)}{3 \cdot 3(5)} \cdot \frac{23}{2 \cdot 2 \cdot 11} = \frac{65}{45} \cdot \frac{23}{44}.$$

Проверка:  $65 + 45 > 23 + (15-20)$ .

$23 + 44 > 45 + (15-20)$ .

*Фрезерование цилиндрических зубчатых колес по методу простого деления.* Требуется нарезать на горизонтально-фрезерном станке зубчатое колесо.

Для этой обработки необходимы следующие приспособления и инструменты:

- приспособления – делительная головка и задняя бабка, фрезерная оправка с набором колец;
- оправка для закрепления заготовки, поводковый патрон, хомут и центр к делительной головке;
- режущий инструмент – фреза модульная дисковая диаметром 75 мм, модуль  $m = 3$  мм, № 5 1/2 из набора в 15 фрез, число зубьев  $Z_{\text{ф}} = 22$ ;
- измерительный инструмент – штангензубомер, контрольный валик, индикатор, шаблон.

Нарезаемое зубчатое колесо плотно насажено на оправку, имеющую небольшую конусность (рис. 4.15, а).

Один конец оправки опирается на центр, вставленный в гнездо шпинделя делительной головки, а другой конец поддерживается задним центром. На конец шпинделя делительной головки надет поводковый патрон, который при помощи хомутка, закрепленного на оправке, приводит во вращение заготовку, насаженную на оправку.

Рассчитывается глубина фрезерования  $t$  равная высоте зуба  $h$ :

$$t = h = 2,2m = 2,2 \cdot 3 = 6,6 \text{ мм.}$$

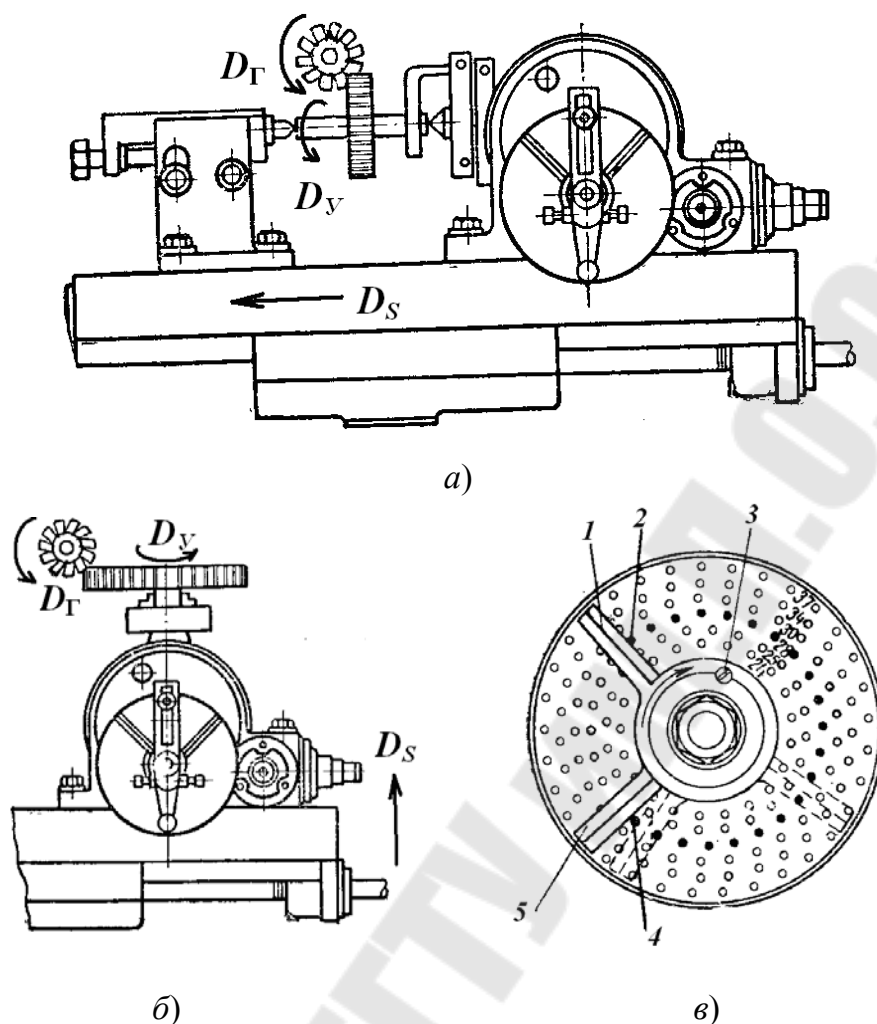


Рис. 4.15. Схемы закрепления и обработки зубчатых колес на горизонтально-фрезерном станке:  
*a* – при горизонтальной оси УДГ; *б* – при вертикальной оси УДГ;  
*в* – раздвижной сектор делительной головки

Станок настраивается на выбранные режимы резания: скорость резания  $V = 20$  м/мин, что соответствует  $n = 100$  об./мин и подачу на один зуб фрезы  $S_z = 0,05$  мм или  $v_s = 100$  мм/мин.

Расчет настройки делительной головки производится по формуле (4.4):

$$n_p = \frac{N}{z} = \frac{40}{32} = 1 + \frac{8}{32} = 1 + \frac{2 \cdot 4}{8 \cdot 4} = 1 + \frac{6}{24}, \text{ оборота.}$$

По данной настройке на шпиндель УДГ устанавливается делительный диск той стороной, которая имеет 24 отверстия. Далее устанавливается рукоятка делительной головки так, чтобы штифт (защелка) приходился по ряду с 24 отверстиями и раздвижной сектор. Последний

имеет раздвижные ножки 1 и 5 (рис. 4.15, в), расстояние между которыми в данном случае составляет шесть отверстий по ряду 24. Принятое положение фиксируется штифтом 3.

Порядок фрезерования зубьев колеса следующий:

а) установить упоры автоматического выключения продольной подачи для схемы (рис. 4.1 и 4.2);

б) включить двигатель привода главного движения;

в) рукоятками продольной и вертикальной ручных подач подвести заготовку до легкого касания с фрезой (поперечные салазки закреплены после установки фрезы по центру делительной головки). Отвести стол продольной подачей в исходное положение. Поднять стол на глубину фрезерования, произведя отсчет по лимбу. Застопорить консоль стола;

г) подвести стол к фрезе, медленно врезаться в заготовку и включить механическую продольную подачу. Профрезеровать первую впадину. Остановить станок. Проверить профиль впадины. При несоответствии необходимо исправить положение стола по высоте, т. е. поднять или опустить его;

д) отвести стол в исходное положение, освободить шпиндель головки и произвести деление, для чего повернуть рукоятку на один полный оборот и на часть оборота, ограниченную сектором, вставить защелку делительной рукоятки и повернуть сектор до упора с защелкой. Застопорить шпиндель делительной головки. Поднять стол в исходное положение, закрепить консоль и профрезеровать вторую впадину, остановить станок.

Проверить штангензубомером размеры;

е) снова произвести деление и пройти третью впадину зуба и т. д.;

ж) остановить станок, выключить электродвигатель, снять оправку с деталью и проверить число нарезанных зубьев и все размеры.

#### **4. Содержание отчета**

4.1. Название лабораторной работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Эскиз детали.

4.4. Эскиз технологической наладки.

4.5. Структурная схема станка с описанием кинематических связей.

4.6. Расчет настройки станка.

4.7. Обоснованное описание последовательности использования органов управления станка.

4.8. Описание работы механизмов переключения и настройки при установке требуемых режимов обработки заготовки.

## 5. Контрольные вопросы

- 5.1. Назовите назначение фрезерных консольных станков.
- 5.2. Назовите основные узлы фрезерных консольных станков.
- 5.3. Назовите основные движения фрезерных консольных станков.
- 5.4. Запишите уравнения кинематического баланса приводов фрезерных консольных станков.
- 5.5. Опишите порядок наладки фрезерных консольных станков.
- 5.6. Назовите основные типы делительных головок, их назначение.
- 5.7. Укажите конструктивные особенности и назначение делительных головок.
- 5.8. Раскройте устройство, принцип работы и область применения УДГ-135.
- 5.9. Назовите назначение лобового и делительного дисков УДГ, их использование в работе.
- 5.10. Какова последовательность установки УДГ на столе станка и проверка правильности ее установки?
- 5.11. Назовите способы закрепления заготовок в УДГ, назначение домкратика.
- 5.12. В чем заключается способ непосредственного деления? Как производят деление на 1, 3, 4, 6, 8, 12 частей способом непосредственного деления?
- 5.13. В чем заключается способ простого деления? Как производят деление на 2, 4, 8, 10, 20 частей способом простого деления? Напишите формулу простого деления.
- 5.14. Что называют характеристикой делительной головки?
- 5.15. В чем заключается способ дифференциального деления? Напишите формулу цепи настройки данным способом деления.
- 5.16. Укажите особенности настройки передаточного отношения при  $i_d > 0$  или  $i_d < 0$ .
- 5.17. Укажите особенности фрезерования винтовых канавок. Как влияет ее направление на установку стола фрезерного станка? Напишите формулу настройки кинематической цепи фрезерования винтовых канавок.
- 5.18. Назовите особенности настройки безлимбовых делительных головок.
- 5.19. Рассчитайте числа зубьев сменных зубчатых колес при заданных преподавателем значениях передаточных отношений.
- 5.20. Назовите последовательность настройки фрезерного станка и наладки УДГ.



## **6. Техника безопасности при выполнении лабораторной работы**

6.1. Студентам запрещается самостоятельно включать станок в электрическую сеть и производить любые виды работ при включенном станке.

6.2. Демонстрацию работы станка, а также обработку на нем заготовок имеет право производить только лаборант или преподаватель с соответствующей формой допуска.

6.3. Перед включением станка в сеть лаборант или преподаватель обязаны проверить:

- наличие и надежность закрепления заземления;
- надежность закрепления инструмента и инструментальных блоков;
- надежность установки и крепления налаживаемых узлов и деталей;
- надежность закрепления заготовки.

6.4. Перед пуском станка должны быть установлены и закреплены все ограждающие и защитные устройства, а студенты занять удобное для обзора и безопасное место.

6.5. При любой, даже непродолжительной, остановке станка производить полное его отключение от питающих сетей.

6.6. Запрещается производить измерение детали во время работы станка.

6.7. Запрещается опираться на оборудование и находится в зоне действия подвижных органов станка.

### **Литература**

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 694 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 568 с.

3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.

4. Паспорт горизонтально-фрезерного консольного станка.

5. Паспорт вертикально-фрезерного консольного станка.

**Лабораторная работа № 5**  
**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И НАЛАДКА**  
**ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ**  
**НА НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

**5.1. КОНСТРУКЦИЯ И НАЛАДКА ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА**

**Цель работы:** получить навыки по наладке зубодолбежного станка модели 5107.

**1. Порядок выполнения лабораторной работы**

- 1.1. Получить задание у преподавателя.
- 1.2. Изобразить технологическую наладку.
- 1.3. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему.
- 1.4. В соответствии с индивидуальным заданием произвести расчет настройки станка и записать уравнения кинематического баланса для требуемых режимов обработки.
- 1.5. Описать последовательность использования органов управления станка при его наладке.
- 1.6. Произвести наладку станка.
- 1.7. Произвести обработку детали.

Зубодолбежный станок модели 5107 предназначен для нарезания мелко модульных прямозубых цилиндрических колес с наружным и внутренним зацеплением.

Кроме того, станок позволяет нарезать цилиндрические колеса с винтовым зубом. Для этого на штосселе должны быть установлены специальные винтовые направляющие. Шаг винтовой линии направляющей определяется параметром нарезаемой шестерни.

Наиболее целесообразной областью применения станка является нарезание блоков зубчатых колес и колес с внутренними зубьями.

**2. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы**

- 2.1. При выполнении п. 1.2 необходимо изобразить технологические наладки обработки заготовки с использованием рис. 5.1 и 5.2, табл. 5.1 и 5.2.

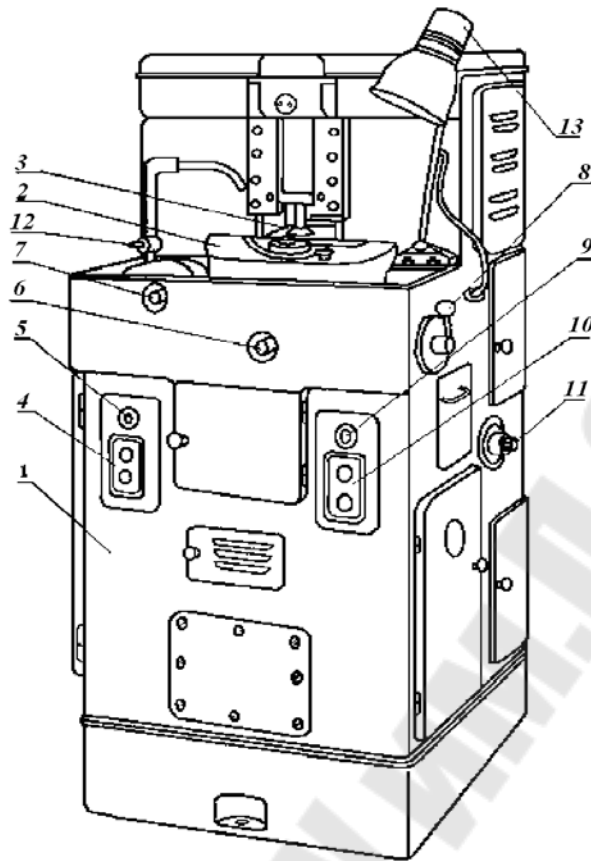


Рис. 5.1. Эскиз общего вида с органами управления станка

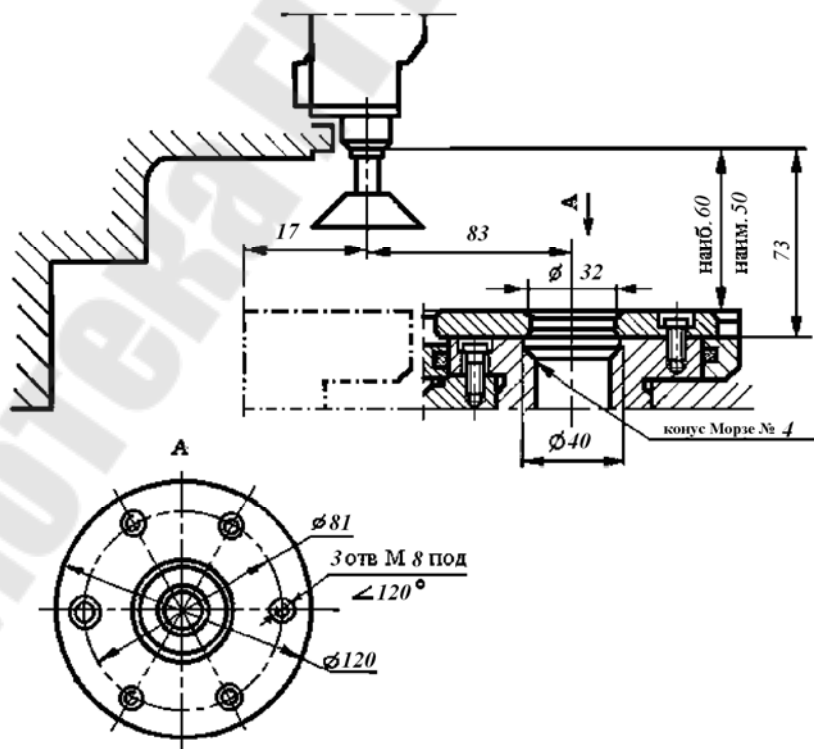


Рис. 5.2. Эскиз рабочей зоны станка

2.2. При выполнении п. 1.3 необходимо определить движения в станке и записать их кинематические связи.

Нарезание зубчатых колес производится по методу обката (рис. 5.3) долбяками. Долбяк совершает возвратно-поступательное движение параллельно оси заготовки (главное  $D_T$ ) и вращается вокруг своей оси (движение круговой подачи  $D_{S_{И}}$ ), заготовка получает вращательное движение в строгом соответствии с вращательным движением инструмента (движение обката  $D_{S_3}$ ).

Таблица 5.1

### Органы управления и основные узлы

Номер позиции	Наименование
1	Станина
2	Стол
3	Долбяк
4	Кнопочная станция пуска и остановки двигателя гидропривода и охлаждения
5	Сигнальная лампа
6	Квадрат ручного перемещения стола
7	Квадрат ручного вращения шпинделя стола
8	Пусковая рукоятка
9	Выключатель местного освещения
10	Кнопочная станция пуска и остановки двигателя главного движения
11	Квадрат натяжения ремня
12	Кран охлаждения
13	Лампа освещения

Процесс резания происходит только при рабочем ходе долбяка, а при обратном (холостом) ходе долбяк в радиальном направлении отводится автоматически от заготовки, благодаря чему устраняются трение и износ режущих зубьев. К началу рабочего хода долбяк автоматически перемещается к заготовке, возвращаясь в исходное положение. На столе станка заготовка может крепиться на оправке, при помощи гидравлического зажима или в специальном приспособлении. Структурную схему (рис. 5.4) необходимо изобразить с использованием кинематической схемы (рис. 5.5). С использованием структурной схемы необходимо записать краткие уравнения кинематического баланса.

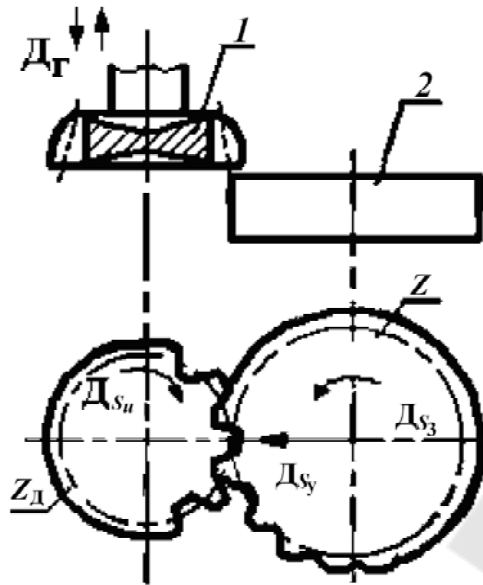


Рис. 5.3. Схема нарезания зубьев долбяком

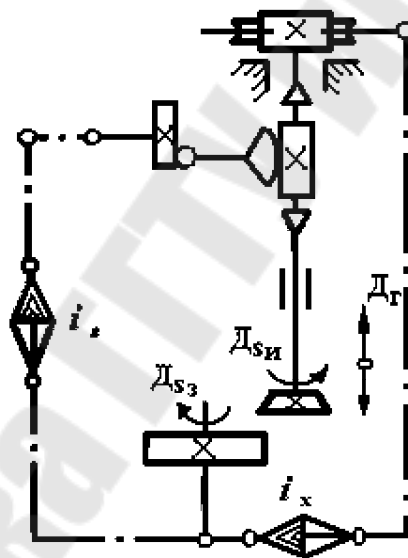


Рис. 5.4. Структурная схема

### Техническая характеристика станка

Наибольший модуль нарезаемых зубчатых колес, мм .....	1
Наибольший наружный диаметр нарезаемых колес, мм .....	75
Наибольший наружный диаметр изделия при нарезании зубьев внутреннего зацепления, мм.....	100
Наибольшая ширина обработки зубчатых колес, мм .....	20
Наибольший ход долбяка, мм .....	25
Наибольший отход инструмента от заготовки во время обратного хода, мм .....	0,07

Частоты двойных ходов долбяка, мин <sup>-1</sup> .....	400; 700; 1200; 2000
Пределы круговых подач долбяка (при диаметре делительной окружности долбяка $d = 30$ мм), мм/дв. ход.....	0,012–0,41
Мощность главного электродвигателя, кВт .....	0,6

2.3. При выполнении п. 1.4 необходимо произвести расчет настройки станка в соответствии с заданием и записать уравнения кинематического баланса для требуемых режимов обработки заготовки, воспользовавшись рис. 5.5 и 5.6.

### 2.3.1. Расчет настройки станка

#### 2.3.1.1. Цепь главного движения

Конечные звенья: электродвигатель-долбяк.

Возвратно-поступательное движение долбяка осуществляется кривошипно-шатунным механизмом, заимствующим движение от вала  $1$ , через четырех ступенчатые шкивы  $46$  и  $45$  (рис. 5.5). Кривошипно-шатунный механизм состоит из кривошипного диска  $41$ , раздвижного шатуна  $40$  и коромысла  $39$ , зубчатый сектор которого входит в зацепление с круговой рейкой  $37$  штосселя. Частота двойных ходов долбяка равна частоте вращения кривошипного диска.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{д}} = 1350 \frac{D_1}{D_2}.$$

Частота двойных ходов долбяка определяется в зависимости от выбранной скорости резания  $V$  (м/мин) и величины хода долбяка  $L$  по следующей формуле:

$$n_{\text{д}} = \frac{1000V}{2L}.$$

Здесь  $L = b + k$ ,

где  $b$  – длина нарезаемого зуба;  $k = 3-4$  – суммарная величина перебега долбяка, мм.

Расчетная частота двойных ходов уточняется по числам, фактически осуществимым на станке, т. е. подбирается ближайшая подходящая частота.

На станке имеются следующие частоты двойных ходов долбяка: 400; 700; 1200; 2000.

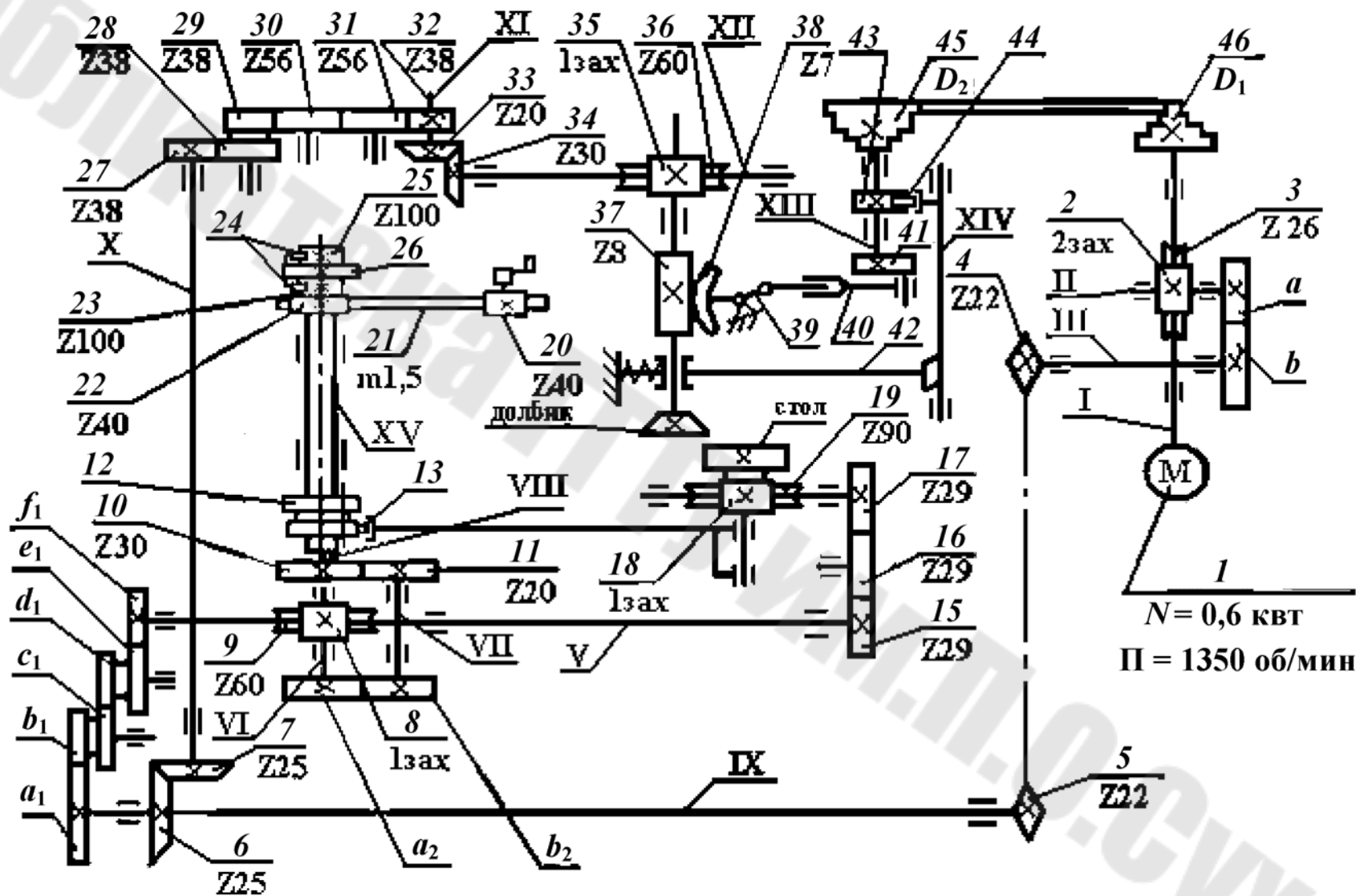


Рис. 5.5. Кинематическая схема станка

Передаточное отношение клиноременной передачи:

$$i_{p.п} = \frac{n_D}{1350}$$

Подбираем из имеющихся на станке шкивов главного привода соответствующую ступень (табл. 5.2):

Таблица 5.2

Диаметры шкивов главного привода

Наименование	Ступени			
	I	II	III	IV
Ведущий	58	87	120	153
Ведомый	202	173	140	107

### 2.3.1.2. Цепь круговых подач

Под круговой подачей понимается длина дуги поворота долбяка по делительной окружности за один двойной ход долбяка.

Конечные звенья: шпиндель с долбяком и штоссель с долбяком.

Уравнение кинематического баланса:

$$S_{кр} = 1_{дв.ход} \cdot \frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{2}{26} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{22}{22} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{38}{56} \cdot \frac{56}{56} \cdot \frac{56}{38} \cdot \frac{20}{30} \cdot \frac{1}{60} \cdot \pi m Z_D,$$

откуда

$$\frac{a}{b} = \frac{373 \cdot S_{кр} \cdot i_{p.п}}{m \cdot Z_D},$$

где  $m$  – модуль нарезаемого колеса;  $Z_D$  – число зубьев долбяка, причем необходимо, чтобы  $a + b = 108$ , так как межосевое расстояние этих зубчатых колес постоянно.

Для настройки гитары круговых подач имеется набор сменных колес с числами зубьев: 20; 28; 36; 44; 50; 58; 64; 72; 80; 88.

### 2.3.1.3. Цель обката

Цель обката связывает вращение долбяка с вращением стола с заготовкой.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \cdot \frac{60}{1} \cdot \frac{30}{20} \cdot \frac{38}{56} \cdot \frac{56}{56} \cdot \frac{38}{38} \cdot \frac{25}{38} \cdot \frac{a_1}{25} \cdot \frac{c_1}{b_1} \cdot \frac{e_1}{d_1} \cdot \frac{29}{f_1} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{1}{90} = \frac{Z_D}{Z},$$



откуда

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{e_1}{f_1} = \frac{Z_D}{Z},$$

или при значении  $\frac{e_1}{f_1} = 1$  расчетная формула для определения сменных колес цепи обката будет:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{Z_D}{Z}.$$

Для настройки гитары обката имеется набор сменных колес с числом зубьев: 20; 23; 24; 25; 30; 34; 35; 36; 37; 40; 41; 43; 45; 47; 50; 53; 55; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 65; 67; 70; 71; 73; 75; 79; 80; 83; 85; 89; 90; 97; 98; 100.

#### 2.3.1.4. Радиальная подача

Радиальная подача осуществляется только в процессе врезания долбяка в заготовку и обеспечивается кулачками (рис. 5.6).

В зависимости от твердости материала обрабатываемого зубчатого колеса, модуля и требований к точности применяют одно- и двухзаходные кулачки врезания. Чем тверже материал обрабатываемой заготовки, больший модуль и выше точность, тем больше выбирается число проходов.

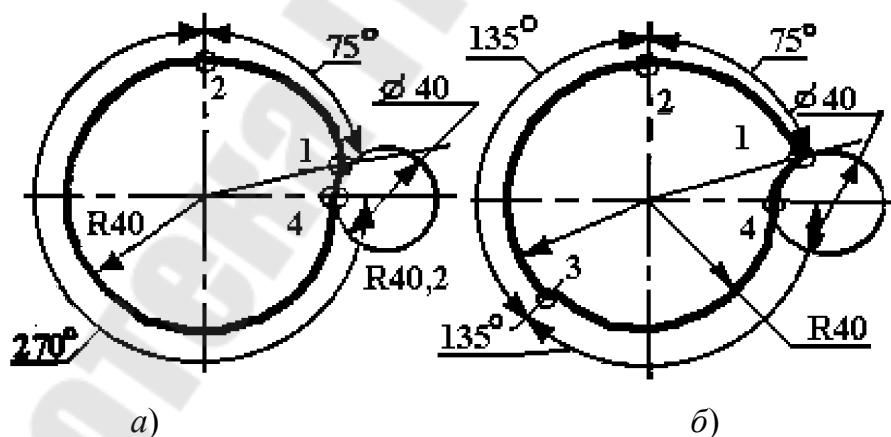


Рис. 5.6. Эскизы кулачков резания долбяка:  
а – для одного прохода; б – для двух проходов

На рис. 5.6, а и б показаны эскизы профиля кулачков врезания. Угол, соответствующий участку врезания 1–2, на кулачках составляет  $75^\circ$ , причем уменьшение радиуса от точки 1 до точки 2 происходит равномерно (рис. 5.6). Окончание врезания происходит в точке 2,

если нарезание зубчатого колеса происходит за один проход, кулачок поворачивается еще на угол  $270^\circ$  (участок 2–4). Если обработка ведется с помощью двухпроходного кулачка, то после врезания долбяка в заготовку (участок 1–2) кулачок поворачивается на угол  $135^\circ$  (участок 2–3) и происходит черновая обработка с отставанием 0,2 мм припуска на чистовую обработку (участок 3–4).

При однопроходном кулачке обработка происходит за один оборот заготовки, при двухпроходном – за два оборота.

На рис. 5.6 кулачки изображены в исходном положении, т. е. предыдущий цикл обработки окончен. Рабочее положение кулачков устанавливается их поворотом по часовой стрелке. В зависимости от требуемого модуля ролик занимает определенное положение на участке 1–2.

При однопроходной обработке за время одного оборота заготовки, после врезания долбяка, кулачок повернется на  $3/4$  оборота.

Уравнение кинематической цепи будет иметь вид:

$$1 \text{ оборот стола} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{29}{29} \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{20}{30} = \frac{3}{4} \text{ 1 оборот кулачка.}$$

При работе в два прохода кулачок повернется на  $3/8$  оборота за время одного оборота заготовки.

При однопроходной обработке передаточное отношение гитары радиальных подач  $\frac{a_2}{b_2} = \frac{28}{38}$ , а при двухпроходной  $\frac{a_2}{b_2} = \frac{18}{48}$ .

2.4. При выполнении п. 1.5 необходимо описать последовательность использования органов управления станком для обеспечения его рабочих движений, воспользовавшись рис. 5.1 и табл. 5.1.

2.5. При выполнении п. 1.6 необходимо произвести наладку станка на обработку заданной детали, воспользовавшись рис. 5.4–5.11 и табл. 5.1–5.3, в соответствии с расчетами, произведенными в п. 2.3.

#### 2.5.1. Последовательность наладки станка

Наладку станка необходимо производить в следующем порядке:

- установка долбяка;
- выбор оправки и крепление заготовки;
- установка и проверка оправки;
- установка и проверка заготовки;
- установка частоты двойных ходов долбяка;
- установка длины хода долбяка;
- установка хода долбяка относительно заготовки;

- установка долбяка на глубину врезания;
- настройка гитары деления;
- настройка сменных зубчатых колес радиальных подач;
- пробный пуск станка.

Кроме этого, предусматриваются дополнительные случаи наладки:

- вторичная установка обрабатываемого колеса;
- нарезание зубчатых колес с внутренним зацеплением;
- нарезание зубчатых колес с винтовыми зубьями.

### 2.5.2. Выбор и установка долбяка

При выборе типа долбяка нужно руководствоваться следующим.

Дисковые долбяки применяют тогда, когда диаметр бурта закрытого венца не превышает 4–5 модулей, а при большем диаметре бурта используют чашечные зубодолбежные головки. Желательно выбирать долбяк с числом зубьев, не равным и не кратным числу зубьев нарезаемого колеса.

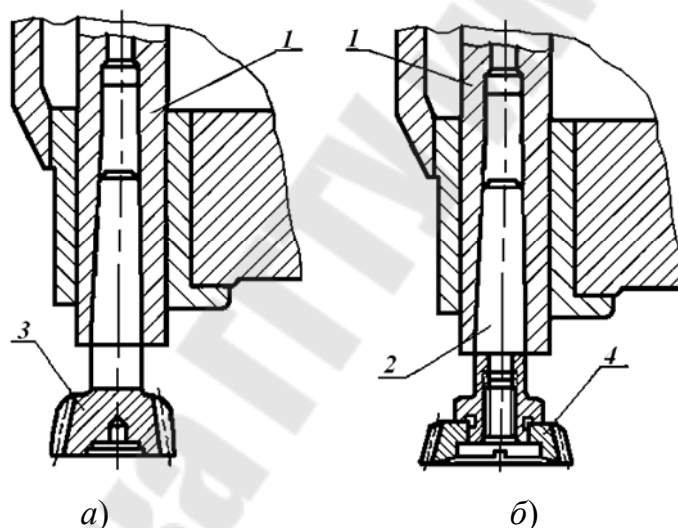


Рис. 5.7. Установка долбяка (инструмента):

*a* – в конусное отверстие штосселя; *б* – на специальной оправке

Диаметр делительной окружности долбяка выбирают минимально возможным, что увеличивает прочность долбяка и обеспечивает плавную работу станка и инструмента.

При меньшем диаметре делительной окружности долбяк несколько раз поворачивается в процессе зубодолбления, вследствие чего несколько снижаются погрешности обработки колеса.

Следует учитывать то, что при значительном уменьшении диаметра долбяка может исказиться профиль нарезаемых зубьев и значительно снизится стойкость долбяка вследствие сокращения числа режущих зубьев.

Радиальное и торцовое биение долбяка на шпинделе станка должно быть не более 10–15 мкм. Допуск на посадочное отверстие долбяка должен быть не более 5–8 мкм.

Хвостовые долбяки 3 устанавливаются непосредственно в конусное отверстие штосселя 1 (рис. 5.7, а), а насадные зубодолбежные головки 4 устанавливаются на специальной оправке 2 (рис. 5.7, б). Оправка и долбяк имеют хвостовик с размерами конуса Морзе № 1. Посадочное место оправки под насадку долбяка имеет диаметр 12,7–0,003 мм.

### 2.5.3. Установка заготовки

При установке заготовки следует тщательно протереть отверстие в шпинделе и посадочные поверхности оправки для заготовки. Несоосность посадочных поверхностей оправки не должна превышать 10 мкм.

Заготовка центрируется оправкой 2 с гидравлическим зажимом (рис. 5.8, а, б) и опирается на подставку 1, имеющую точно обработанные торцовые поверхности, с допуском на параллельность их 0,003 мм на длине 100 мм. Между отверстиями подставки и оправкой обязателен зазор. Сверху заготовка прижимается через специальную шайбу 3. Подставка и прижимная шайба должны иметь такие размеры, которые бы не препятствовали работе долбяка, т. е. диаметры их должны быть меньше диаметра окружности впадин зубьев заготовки (рис. 5.8, а). При гидравлическом зажиме изготавливается специальная подставка 1, оправка 2 и быстросъемная шайба 3 (рис. 5.8, б).

Бипение оправки не должно превышать 0,005 мм на расстоянии 50 мм от поверхности стола.

### 2.5.4. Назначение режимов резания

При назначении режимов резания круговую подачу и скорость резания выбирают в зависимости от вида обработки (черновая или чистовая), от размеров нарезаемого колеса и выбранного долбяка, от обрабатываемого материала и мощности станка.

При черновом зубодолблении круговую подачу выбирают в пределах 0,25–0,5 мм/дв. ход (при обработке стальных и чугунных заготовок), скорость резания – от 10 до 26 м/мин.

При чистовой обработке стальных заготовок круговая подача составляет 0,1–0,35 мм/дв. ход; скорость резания – 20–33 м/мин, а для чугунных колес до 45 м/мин.

Если зубодолбление осуществляется за несколько проходов, то круговая подача увеличивается на 20 %.

Радиальная подача принимается равной 0,1–0,25 круговой.

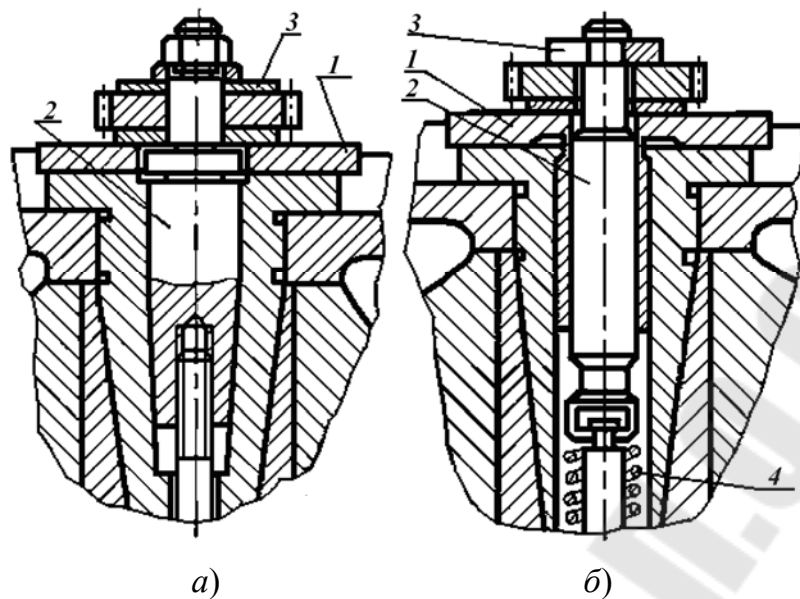


Рис. 5.8. Эскизы установки и закрепления заготовки:  
*а* – гайкой; *б* – разрезной шайбой

#### 2.5.5. Установка длины хода долбяка

Длину хода устанавливают путем перемещения пальца *1* кривошипа (рис. 5.9). Длина хода зависит от ширины нарезаемой шестерни и выхода долбяка. Выход долбяка в верхнем и нижнем положениях должен быть одинаков.

Величина выхода долбяка должна быть не менее 1,5 мм при частоте ходов 400 и 700 и от 1,5 до 2 мм при частоте двойных ходов долбяка 1200 и 2000.

#### 2.5.6. Установка хода долбяка относительно заготовки

После закрепления заготовки на столе и установки длины хода долбяка необходимо проверить правильность верхнего и нижнего положения долбяка относительно заготовки.

Для этого необходимо освободить винт *8* (рис. 5.9) и вращать валик-шестерню *10*. При этом рейка *9* будет перемещаться и вращать зубчатый сектор *3*, который сообщит перемещение шпинделю *2*. По окончании регулирования верхнего и нижнего положений долбяка винт *8* необходимо надежно закрепить.

#### 2.5.7. Установка долбяка на глубину врезания

Глубина врезания в зависимости от модуля обеспечивается за счет вращения кулачков подачи. На станке смонтированы в блоке два кулачка подачи: однопроходной и двухпроходной (рис. 5.5, позиции *12* и *13*; рис. 5.6, *а*, *б*). При относительно высокой твердости материала, максимальном модуле и низкой шероховатости обработки применяется двухпроходной кулачок.

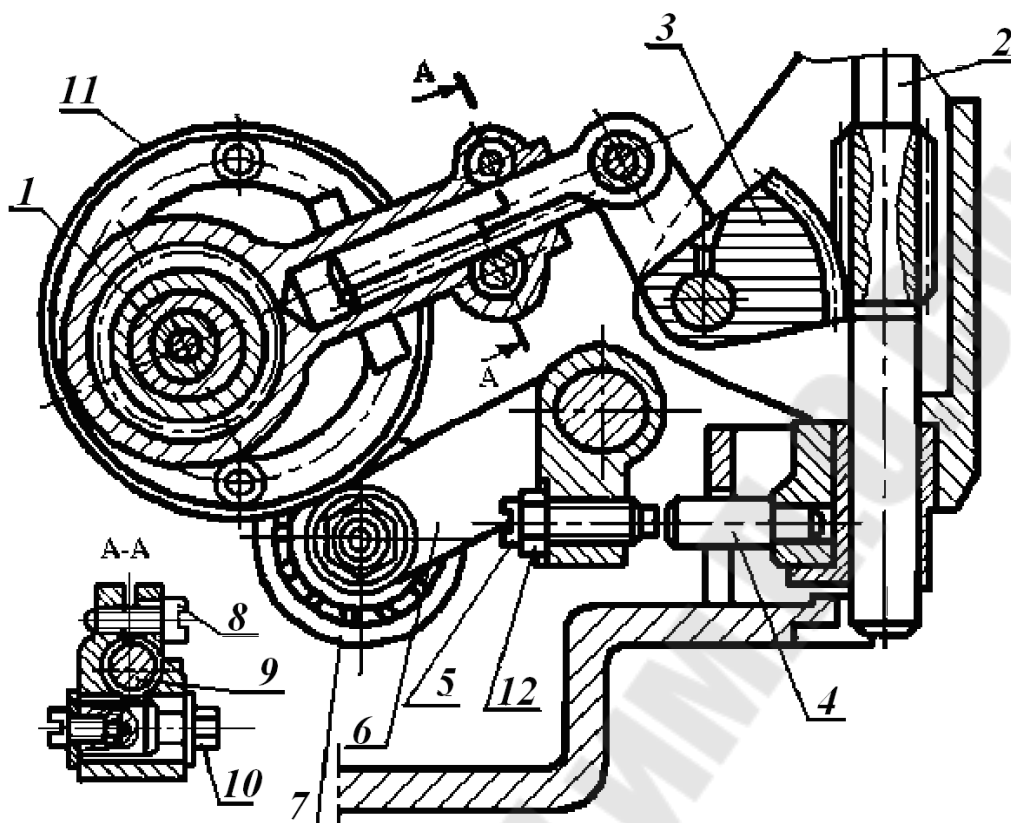


Рис. 5.9. Эскиз кривошипно-шатунного механизма

#### 2.5.8. Регулирование отвода инструмента от заготовки

Отвод долбяка от заготовки в период обратного хода долбяка осуществляется кулачком 43 (рис. 5.5), закрепленным на валу кривошипно-шатунного механизма XIII. В контакте с кулачком находится ролик 44, закрепленный на двухплечевом рычаге XIV (рис. 5.5).

Необходимо установить штоссель в положение, соответствующее началу резания, и, заворачивая винт 5 (рис. 5.9) двухплечевого рычага 6 до упора 4, поджимаем 7 штоссель 2 к планкам стойки.

Далее, перемещаем штоссель 2, вращая вал кривошипно-шатунного механизма, на котором установлен кулачок подвода и отвода штосселя 11, за шкив до положения, соответствующего холостому ходу.

При этом корпус штосселя должен отойти от планок стойки под действием пружин. Если корпус штосселя не отходит от планок стойки, производится подтяжка пружин посредством винтов.

Во время регулировки необходимо следить за тем, чтобы ролик (подшипник) 7 все время был в контакте с кулачком 11.

Величина отвода штосселя должна быть в пределах 0,05–0,07 мм.

После регулировки винт 5 необходимо застопорить гайкой 12.

2.5.9. Регулирование момента выключения двигателя главного движения в конце обработки нарезаемого колеса

Рабочее положение кулачков можно установить с помощью пусковой рукоятки 8 (рис. 5.1) в момент, когда электроцепь разомкнута, т. е. предыдущий цикл окончен. Вращая рукоятку по часовой стрелке, ставят нулевое положение (рис. 5.10), а затем против часовой стрелки поворачивают до заранее установленного упора 1 (рис. 5.10) на шкале 2 кронштейна.

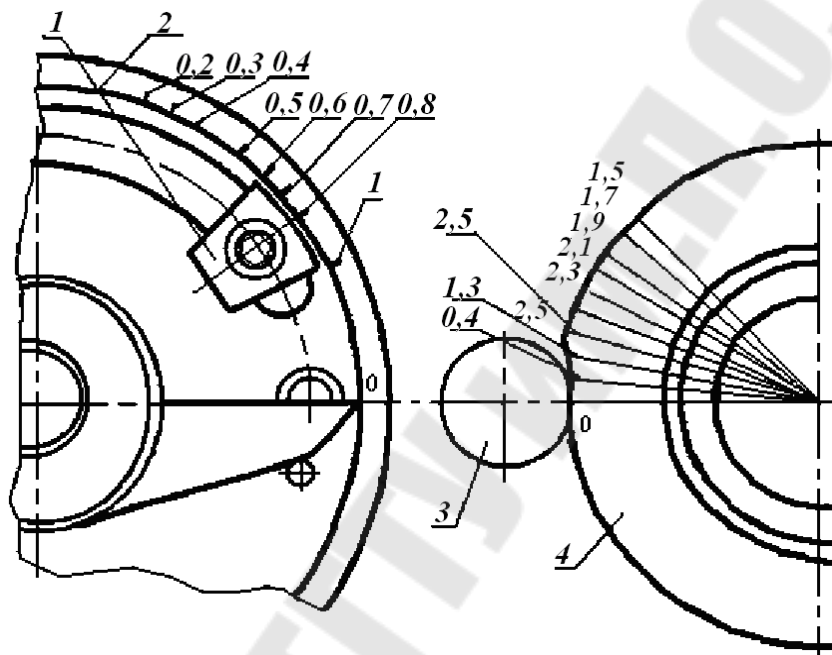


Рис. 5.10. Рабочее положение кулачка

Нулевое положение на шкале 2 соответствует нулевому положению ролика 3 на кулачке 4, т. е. моменту окончания предыдущего цикла, упор 1 устанавливается на то деление шкалы 2, которое соответствует нарезаемому модулю.

При повороте рукоятки 8 (рис. 5.1) по часовой стрелке кулачок 4 (рис. 5.10) не вращается.

После установки рукоятки в требуемое положение необходимо установить долбяк в крайнее положение.

#### 2.5.10. Нарезание зубчатых колес с винтовыми зубьями

В этом случае устанавливаются копиры с винтовыми направляющими, которые сообщают долбяку дополнительное вращение. В результате вращательного и возвратно-поступательного движения зубья долбяка будут перемещаться по винтовой линии, угол наклона которой должен быть равен углу наклона винтовой линии зубьев нарезаемого колеса на делительном цилиндре.

Если  $T$  и  $T_{\text{кп}}$  – шаги винтовой линии нарезаемых зубьев и копира, а  $\beta$  – угол наклона винтовой линии зуба, то

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{T_{\text{кп}}}{\pi m z_{\text{Д}}} = \frac{T}{\pi m z},$$

или

$$T_{\text{кп}} = T \frac{z_{\text{Д}}}{z}.$$

Расчетные перемещения, установленные для нарезания прямозубых колес, остаются теми же и при нарезании колес с винтовым зубом.

### 2.5.11. Гидравлическая схема (рис. 5.11)

Перемещение стола с заготовкой к долбяку и зажим заготовки, а также отход стола в исходное положение производится за счет давления в гидроцилиндрах 7 и 8. Кроме этого за счет давления в гидроцилиндре 7, в период врезания долбяка в заготовку и обкатки заготовки с долбяком, стол постоянно прижимается до упора ролика стола в кулачок радиальной подачи.

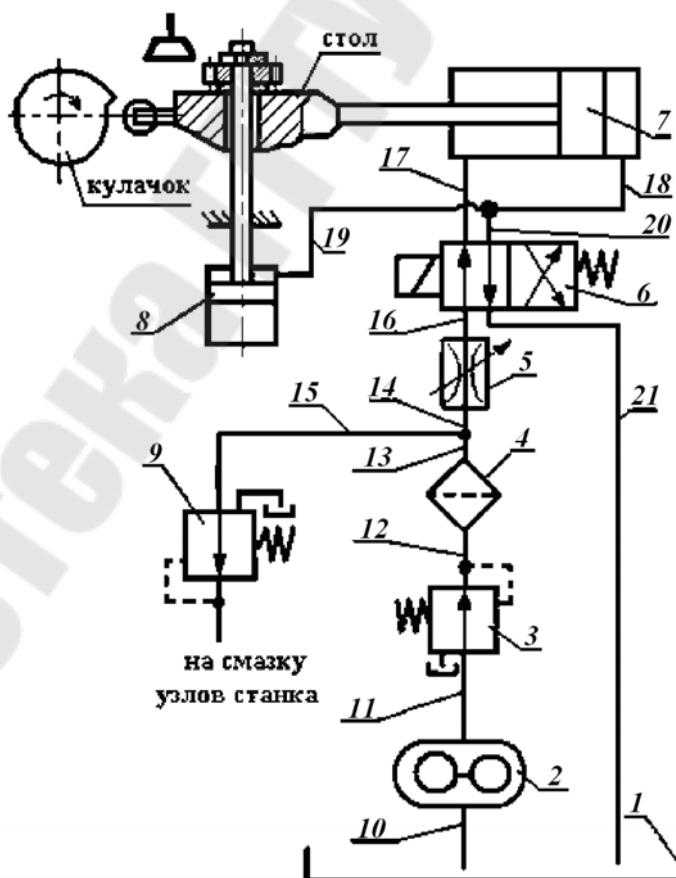


Рис. 5.11. Гидравлическая схема



Масло подается в цилиндры от шестеренного насоса 2. Давление в сети не должно превышать 0,5 МПа и регулируется редукционным клапаном 3. При этом давлении сила прижатия стола к кулачкам радиальной подачи будет равна 540 Н.

Далее, масло проходит через фильтр 4, дроссель 5, золотник с электромагнитным управлением 6 и по трубопроводам поступает в гидроцилиндры 7 и 8.

При окончании полной обработки зубчатого колеса электродвигатель привода главного движения автоматически выключается вне зависимости от того, за сколько проходов эта обработка производилась. Выключение производится при помощи конечного выключателя, связанного через штифт с диском 26 вала радиальной подачи VIII (рис. 5.5). В это же время прерывается электрический ток в обмотке магнита золотника 6 (рис. 5.11) и под действием пружины произойдет переключение потока жидкости.

При выключенном электромагните масло подается в левую полость цилиндра 7, и стол отойдет в исходное положение, благодаря чему долбяк не мешает съему детали. Масло из правой полости цилиндра 7 и цилиндра зажима заготовки 8 по маслопроводам 18–20 через полость корпуса золотника 6 и маслопровод 21 сольется в резервуар, а пружина 4 (рис. 5.8), смонтированная в шпинделе стола, поднимет оправку вверх и освободит заготовку.

## **5.2. КОНСТРУКЦИЯ И НАЛАДКА ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА**

**Цель работы:** получить навыки по наладке зубострогального станка модели 526 на нарезание прямозубых конических колес.

### **1. Порядок выполнения работы**

- 1.1. Получить задание у преподавателя.
- 1.2. Изобразить технологическую наладку.
- 1.3. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему.
- 1.4. В соответствии с индивидуальным заданием произвести расчет настройки станка и записать уравнения кинематического баланса для требуемых режимов обработки.
- 1.5. Произвести наладку станка.
- 1.6. Произвести обработку детали.

Зубострогальный станок модели 526 применяется в условиях мелкосерийного и единичного производства для черного и чистового нарезания прямозубых конических колес.

## 2. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы

2.1. При выполнении п. 1.2 необходимо изобразить технологическую наладку обработки заготовки.

2.2. При выполнении п. 1.3 необходимо определить движения в станке и описать их кинематические связи.

При черновом нарезании методом деления резцы прорезают клиновидные впадины без обката. При чистовой обработке нарезка зуба осуществляется по методу обката. Режущим инструментом являются два резца с прямолинейными режущими кромками, представляющие собой боковые грани двух зубьев плоского (воображаемого) колеса. Резцы укреплены в суппортах, совершающих возвратно-поступательное движение и смонтированных в люльке, которая поворачивается то в одну, то в другую сторону (рис. 5.12). Заготовка должна быть установлена на шпинделе делительной бабки так, чтобы вершины нарезаемого и производящего колес совпали, а образующая конуса впадин была параллельна плоскости, в которой находятся линии движений вершин резцов.

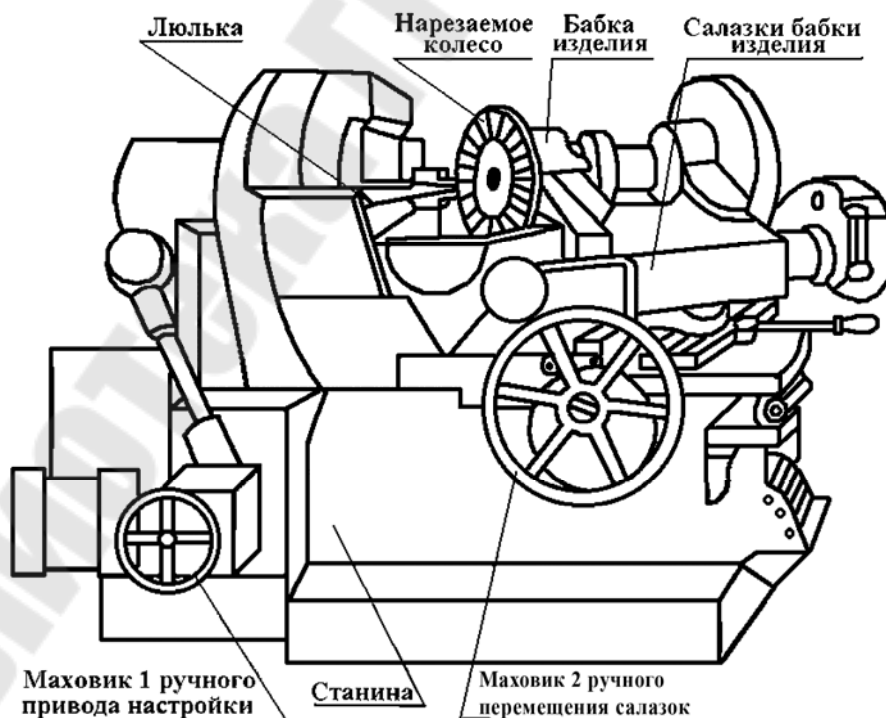


Рис. 5.12. Эскиз общего вида станка с органами управления

### Техническая характеристика станка

Наибольший модуль нарезаемых колес, мм.....	8
Число зубьев нарезаемых колес .....	10–200
Наибольшая ширина зубчатого венца, мм (длина нарезаемого зуба) .....	90
Частота двойных ходов резцов, дв. х/мин .....	85–442
Длина хода резцов, мм .....	13–100
Угол качания люльки, град .....	10–60
Время нарезания одного зуба, с.....	7,6–86,5
Мощность электродвигателя станка, кВт.....	3
Вес станка, кг.....	4500

Два резца люльки совершают возвратно-поступательные движения в радиальном направлении к центру, совершая одновременно движение обката благодаря повороту люльки вокруг своей оси то в одну, то в другую сторону. При этом сначала производится предварительная черновая обработка, а затем при обкате в другую сторону – окончательная чистовая обработка.

Принципиальная схема станка представлена на рис. 5.13.

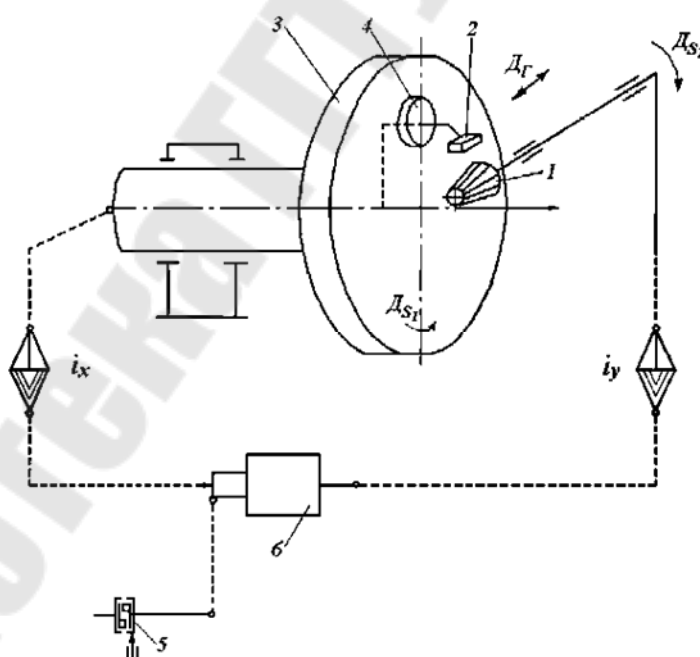


Рис. 5.13. Принципиальная схема станка модели 526:

$D_{S_1}$  – качание люльки с резцами;  $D_{S_2}$  – обкаточное вращение заготовки;  $D_{\Gamma}$  – главное движение резцов; 1 – заготовка; 2 – резцы; 3 – люлька; 4 – кривошип; 5 – делительный диск; 6 – дифференциал

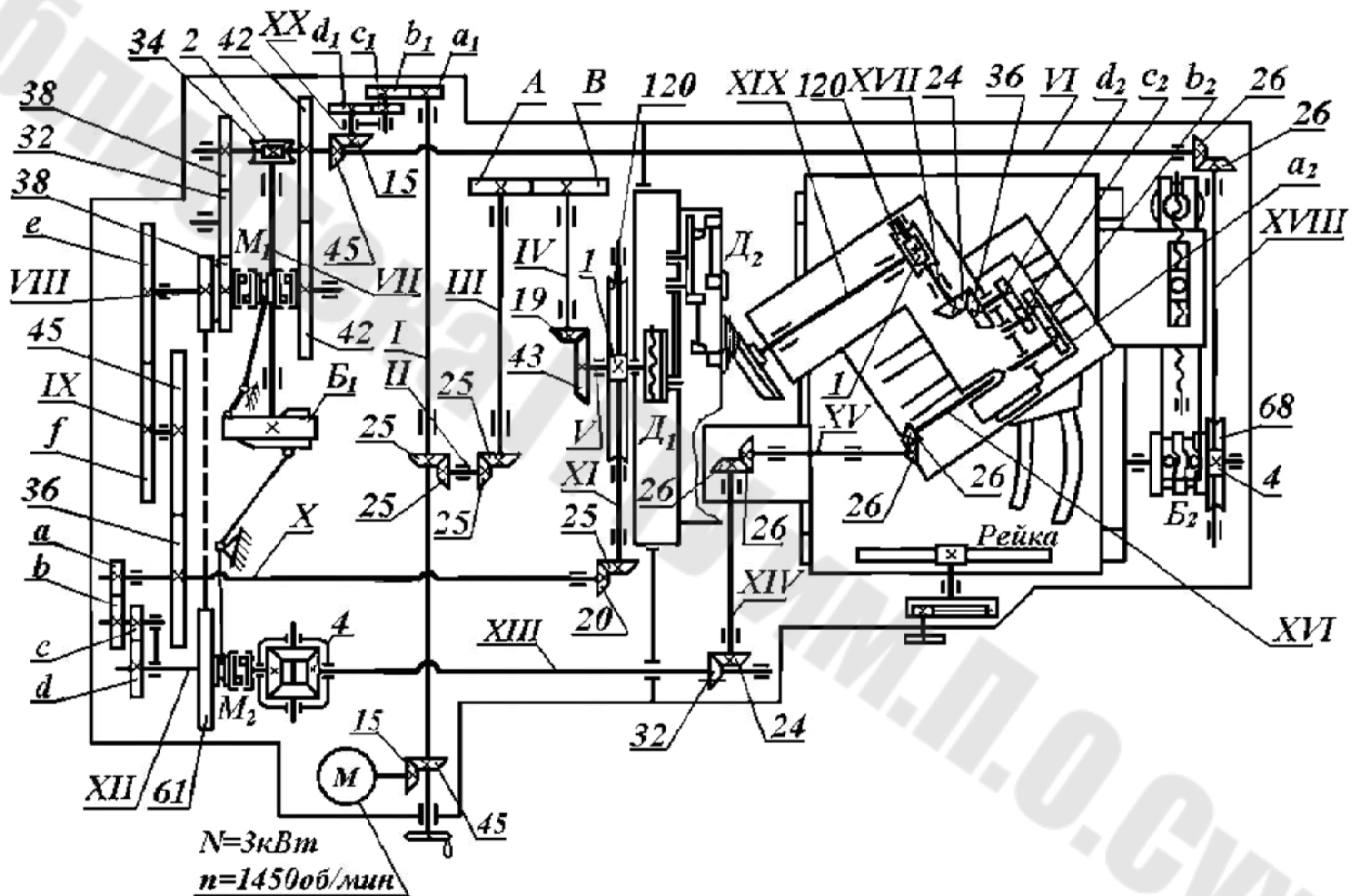


Рис. 5.14. Кинематическая схема зубострогального станка

2.3. При выполнении п. 1.4 необходимо произвести расчет настройки станка в соответствии с заданием и записать уравнения кинематического баланса для требуемых режимов обработки заготовки, воспользовавшись рис. 5.14 и 5.15.

### 2.3.1. Кинематическая схема станка

Для настройки станка имеются гитары сменных колес: главного движения, обката, деления, подачи, а также механизмы отвода и подвода стола (цилиндрический кулачок  $B_2$  на рис. 5.14) и механизм переключения (торцовый кулачок  $B_1$ ).

Черновая обработка конических колес производится способом одинарного или двойного деления. При одинарном способе обрабатывается один зуб. Два резца прорезают с обеих сторон канавки немногим более половины ширины впадины зуба. Затем заготовка отводится и происходит поворот на следующий зуб.

Каждая впадина обрабатывается обоими резцами, при этом нижний резец работает в худших условиях, так как прорезает канавку в сплошном материале, в то время как второй резец обрабатывает частично уже прорезанную канавку (рис. 5.15). При обработке по этому способу применяются черновые резцы. Припуск на чистовую обработку распределяется равномерно по всей длине нарезаемого зуба колеса (рис. 5.15).

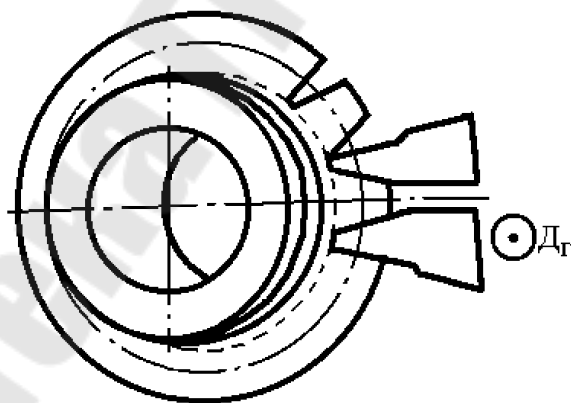


Рис. 5.15. Эскиз черного (предварительного) нарезания прямозубых конических колес

При двойном способе деления прострагиваются на всю ширину одновременно две соседние впадины. Каждый резец прорезает свою впадину в сплошном материале. Деление заготовки производится сразу на два зуба, что создает экономию времени, однако для резания необходимы специальные черновые резцы увеличенной ширины. Размеры

сечения канавки по всей длине зуба получаются одинаковыми, поэтому припуск на чистовое нарезание будет неравномерным. Выбор того или иного способа черного нарезания определяется экономическими соображениями. При черновой обработке цепь обката (качания люльки) разъединяется, прорезание впадин ведется слоями за счет постепенного сближения заготовки и резцов при помощи правой канавки кулачка подачи  $B_2$  (рис. 5.14). Чистовая обработка происходит по методу обката, при включенной цепи качания люльки, за два прохода: при повороте люльки с резцами вниз зуб обрабатывается предварительно с припуском 0,5–0,8 мм на сторону, затем стол с заготовкой приближается к резцам до упора, и при обратном повороте люльки вверх происходит окончательная обработка зуба на заданный размер. В конце подъема люльки стол с заготовкой отводится от резцов, происходит делительный поворот заготовки и затем обрабатывается следующий зуб. Перемещение стола при чистовой обработке осуществляется от левой канавки кулачка подач  $B_2$ .

Станок управляется распределительным механизмом, состоящим из кулачка переключений  $B_1$  и кулачка подач  $B_2$ . Оба кулачка совершают по одному обороту за время обработки одного зуба. Кулачок  $B_1$  управляет реверсом движения люльки, движением обката нарезаемого колеса и включением муфты  $M_2$  для поворота корпуса дифференциала (в период делительного поворота заготовки на ускоренном ходу). Кулачок  $B_2$  служит для радиальной подачи и отвода салазок с деталью при делительном повороте.

Для передвижения заготовки на глубину врезания от вала VI движение сообщается кулачку радиальной подачи  $B_2$  по цепи:

$$\text{вал VI} \rightarrow \frac{26}{26} \rightarrow \frac{4}{68} \rightarrow \text{кулачок } B_2.$$

2.3.2. Настройка и наладка станка для нарезания конического зубчатого колеса с прямыми зубьями

2.3.2.1. Цель главного движения

Конечные звенья: электродвигатель  $\rightarrow$  резцы.

Уравнение кинематического баланса:

$$n = 1450 \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{19}{43},$$

откуда  $\frac{A}{B} = \frac{n}{214}$  и  $A + B = 72$ .

Частота двойных ходов резцов определяется по заданной скорости резания  $V$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2\ell} = \frac{1000 \cdot V}{2(b+7)},$$

где  $V$  – средняя скорость резания, м/мин;  $\ell$  – длина хода резцов;  $b$  – длина зуба нарезаемого колеса, мм; 7 – перебег резцов (2 мм со стороны узкого и 5 мм со стороны широкого конца зуба).

Подбор сменных колес производят по табл. 5.3.

Таблица 5.3

Частота двойных ходов

Частота двойных ходов, дв. х/мин	Ведущая А	Ведомая В	Частота двойных ходов, дв. х/мин	Ведущая А	Ведомая В
85	20	52	221	36	36
97	22	50	247	38	34
110	24	48	276	40	32
125	26	46	309	42	30
141	28	44	347	44	28
158	30	42	391	46	26
177	32	40	442	48	24
198	34	38	–	–	–

### 2.3.2.2. Цепь подачи

Под подачей в станке понимается величина дуги начальной окружности производящего (воображаемого) колеса, на которую оно повернется за один двойной ход резцов.

Станок при нарезании каждого зуба работает по автоматическому циклу. Циклом станка управляют кулачки  $B_1$  и  $B_2$  (рис. 5.14), которые синхронно вращаются и делают по одному обороту за цикл  $t_{ц}$ , т. е. за время обработки одного зуба. В связи с этим настройка гитары подач обычно ориентируется на время цикла  $t_{ц}$ , величина которого находится в функциональной зависимости от подачи.

Уравнения кинематического баланса:

$$\frac{t_{ц}}{60} \cdot 1450 \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{2}{34} = 1 \text{ оборот кулчка } B_1;$$

$$\frac{t_{\text{ц}}}{60} \cdot 1450 \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{4}{68} = 1 \text{ оборот кулачка } B_2,$$

откуда  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \approx \frac{6,33}{t_{\text{ц}}}$ .

Сумма  $a_1 + b_1 = 100$ , сумма  $c_1 + d_1$  принимается в пределах 84–109.

Для гитары подач прилагаются сменные колеса с числом зубьев: 21, 22, 25, 30, 37, 42, 58, 63, 70, 79, 83.

Подбор сменных колес производят по табл. 5.4.

Таблица 5.4

Подбор сменных колес гитары подач

Время нарезания одного зуба, с	7,6	9,3	11,2	13,3	16,0	19,7	23,7	27,4	32,9	39,2	45,0	53,6	60,5	76,0	86,5
$a_1$	58	58	58	58	42	42	42	37	37	37	30	30	21	21	21
$b_1$	42	42	42	42	58	58	58	63	63	63	70	70	79	79	79
$c_1$	37	30	25	21	37	30	25	30	25	21	25	21	30	25	22
$d_1$	63	63	63	63	70	70	70	79	79	79	79	79	83	83	83

### 2.3.2.3. Цепь деления (рис. 5.14)

Делительный механизм получает вращение от постоянно вращающейся шестерни 38 (на валу VIII), сцепленной со свободно установленной шестерней 61 (на валу XII). Эта шестерня в конце цикла нарезания после отвода детали от резцов сцепляется с корпусом дифференциала с помощью управляющего механизма от кулачка  $B_1$ . Этот механизм позволяет корпусу дифференциала совершить один оборот, после чего колесо  $61$  автоматически отключается. В результате заготовка повернется на один зуб. Конечные звенья цепи: корпус дифференциала → заготовка.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ оборот корп. } i_{\text{диф}} \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{36}{24} \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{Z_1},$$

здесь  $i_{\text{диф}} = 2$ , тогда  $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{30}{Z_1}$ .



На станке имеется набор сменных зубчатых колес гитары деления с числом зубьев: 30, 32, 33, 36, 39, 41–80 (в полном диапазоне), 82, 83, 86, 89, 90, 91, 100.

#### 2.3.2.4. Цепь обката

Конечные звенья: люлька с резцами → заготовка.

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{1}{Z_n} \cdot \frac{120}{1} \cdot \frac{25}{20} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{36}{24} \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{Z_1},$$

где  $Z_n$  – число зубьев производящего колеса.

Во время нарезания зуба корпус дифференциала неподвижен, поэтому  $i_{\text{диф}} = 1$ .

Число зубьев производящего воображаемого колеса:

$$Z_n = \frac{Z_1}{\sin \varphi_1},$$

где  $\varphi_1$  – половина угла делительного конуса нарезаемого колеса, град.

$$\left( \text{tg } \varphi_1 = \frac{Z_1}{Z_2} \right),$$

где  $Z_2$  – число зубьев сопряженного колеса (по указанию преподавателя) и  $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{30}{Z_1}$  (см. цепь деления).

$$\text{Тогда } \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{Z_1}{75 \cdot \sin \varphi_1}.$$

В наборе гитары обката имеются колеса с числом зубьев: 31–83 (в полном диапазоне), 86, 88, 90, 97, 100.

#### 2.3.2.5. Цепь качания люльки (величина угла обката)

Назначением гитары величины обката является установление угла поворота люльки с резцами (вниз-вверх). Угол качания люльки складывается из двух составляющих:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2,$$

где  $\lambda_1$  – угол качания люльки вниз от нуля (ниже центра), т. е. угол поворота люльки, необходимый для обката одного зуба нарезаемого колеса;  $\lambda_2$  – угол качания люльки вверх от нуля (выше центра).

При угле зацепления  $\alpha = 20^\circ$  угол качания  $\lambda_1$  рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_1 = \left( \frac{355,3 \cdot \frac{h''}{m} + 90}{Z_1} - 0,8 \right) \sin \varphi_1,$$

где  $h'' = 1,25m$  – высота ножки зуба нарезаемого колеса, мм;  $m$  – модуль нарезаемого колеса, мм;  $Z_1$  – число зубьев нарезаемого колеса;  $\varphi_1$  – половина угла начального конуса нарезаемого колеса, град.

$$\lambda_2 = 1,85\lambda_1.$$

Полный угол поворота планшайбы, т. е. угол обката равен:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = 2,85\lambda_1.$$

В течение цикла обработки зуба планшайба должна совершить прямое и обратное движения, составляющие в сумме угол  $2\lambda$ . Эти движения происходят за период одного оборота кулачка  $B_1$ , в связи с этим конечными звеньями цепи угла обката будут: кулачок  $B_1$  – планшайба с резцами.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ оборот кулачка } 1B_1 \frac{34}{2} \cdot \frac{42}{42} \left( \text{или } \frac{38}{32} \cdot \frac{32}{38} \right) \cdot K \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{20}{25} \cdot \frac{1}{120} \cdot 360^\circ = 2\lambda,$$

где  $K = \frac{46}{51}$  – коэффициент, учитывающий потерю оборотов реверсивного механизма.

$$\text{Отсюда } \frac{e}{f} = \frac{\lambda}{23}.$$

Подбор сменных зубчатых колес  $e$  и  $f$  производится в зависимости от угла  $\lambda$  по табл. 5.5.

Таблица 5.5

**Набор сменных зубчатых колес гитары поворота планшайбы**

Угол качания планшайбы, град			Число зубьев сменных колес	
вниз от нуля	вверх от нуля	сумма углов	$e$	$f$
3,3	6,2	9,5	20	48
3,5	6,6	10,1	22	50
3,8	7,2	11,0	22	46

Угол качания планшайбы, град			Число зубьев сменных колес	
вниз от нуля	вверх от нуля	сумма углов	<i>e</i>	<i>f</i>
4,0	7,5	11,5	24	48
4,5	8,3	12,8	24	44
4,6	8,4	13,0	26	46
5	9,2	14,2	26	42
5,1	9,5	14,6	28	44
5,6	10,5	16,1	28	40
5,8	10,6	16,4	30	42
6,5	11,9	18,4	32	40
6,5	12,0	18,5	30	38
7,2	13,2	20,4	32	35
7,2	13,4	20,6	34	38
8,1	14,9	23,0	34 (36)	34 (36)
9,0	16,7	25,7	38	34
9,1	16,7	25,8	36	32
10,1	18,7	28,8	40	32
10,2	18,9	29,1	38	30
11,3	20,9	32,2	42	30
11,5	21,3	32,8	40	28
12,7	23,5	36,2	44	28
13,0	24,1	37,1	42	26
14,3	26,4	40,7	46	26
14,8	27,3	42,1	44	24
16,2	29,8	46	48	24
16,8	31,2	48,0	46	22
18,4	33,9	52,3	50	22
19,3	35,9	55,2	48	20
21,1	38,7	59,8	52	20

#### 2.4. Установка ползунов с резцами по углу

Угол установки ползунов с резцами достигает  $8^\circ$  (рис. 5.16) и зависит от способа нарезания зубчатого колеса и его параметров. При чистовом нарезании с одинаковым делением угол  $\delta^\circ$  определяется по формуле

$$\delta^\circ = \frac{57,296 \left( \frac{S}{2} + h'' \operatorname{tg} \alpha \right)}{L},$$

где  $S = \frac{\pi m}{2}$  – толщина зуба нарезаемого колеса по хорде делительной окружности, мм;  $h'' = 1,25m$  – высота ножки зуба нарезаемого колеса, мм;  $L = \frac{mZ_1}{2 \sin \varphi_1}$  – длина образующей начального конуса нарезаемого колеса, мм.

2.5. При выполнении п. 1.5 необходимо произвести наладку станка на обработку рассчитанной в п. 2.3 настройки и подробно описать в динамике работу узлов станка (п. 2.2), воспользовавшись рис. 5.16–5.19.

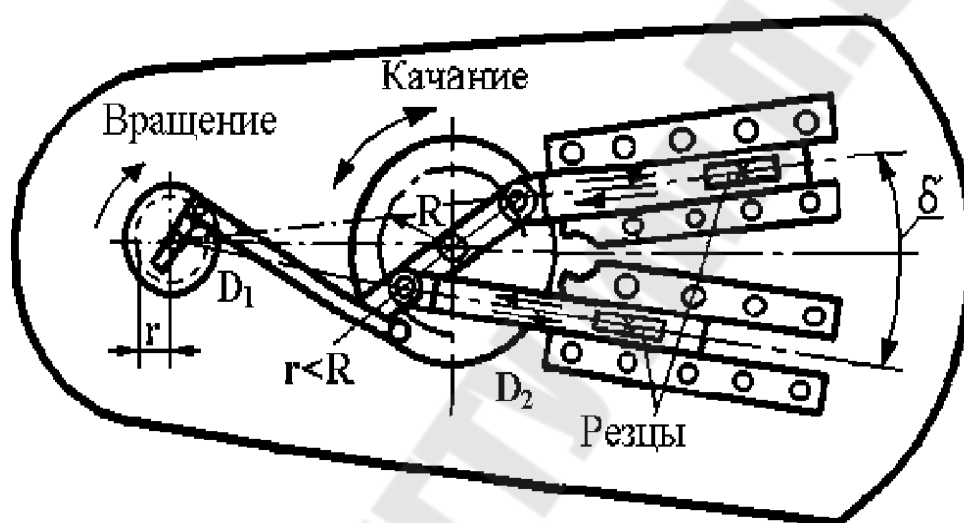


Рис. 5.16. Схема кривошипно-шатунного механизма станка модели 526

2.5.1. Техническая характеристика станка представлена в п. 2.2.

2.5.2. Последовательность наладки станка для обработки шестерен

В станке реализуются два режима наладки: на черновое нарезание и на чистовое. При этом черновое нарезание может выполняться двумя способами: одинарного деления и двойного деления.

Наладка на черновое нарезание способом одинарного деления производится в следующей последовательности:

1. Установить кулачок подачи.

Для установки кулачка подачи на черновое нарезание нужно повернуть маховик ручного привода (рис. 5.12) и остановить его в тот момент, когда кулиса (рис. 5.14) находится в крайнем верхнем положении.

2. Установить глубину подачи (хода каретки).

Отпустив клин салазок, нужно вращать винт подачи до тех пор, пока черта указателя не встанет против требуемой величины хода на линейке. Величина хода выбирается равной высоте зуба плюс зазор, необходимый для того, чтобы при повороте шестерни во время деления она не задевала за резец. Величина зазора выбирается в пределах от 0,8 до 1,5 мм в зависимости от модуля нарезаемого колеса. Установив величину хода, необходимо снова зажать клин.

3. Установить набор сменных шестерен деления.

4. Установить набор сменных шестерен частоты двойных ходов резца.

5. Установить набор сменных шестерен скорости подачи.

6. Выключить движение обката.

Как было указано ранее, при черновом нарезании станок работает без обката. Чтобы выключить движение обката, нужно вручную поворачивать маховик ручного привода до тех пор, пока люлька с резцовыми суппортами не станет в среднее положение (на нуль), т. е. когда нулевая черта на стойке расположится против нулевого деления на круговом клине люльки. Затем нужно снять сменные шестерни обкатки  $e$  и  $f$  (рис. 5.14). Вместо сменных шестерен надеть на шлицевые валы хомут.

Этот хомут предназначен для того, чтобы застопорить движение обката.

Гитара сменных шестерен движения обката  $a-d$  должна быть установлена.

7. Установить суппорт на угол зуба.

8. Установить заготовку.

Крепление заготовок на станке производится обычно на оправках.

После установки оправки в шпинделе необходимо проверить индикатором на биение ее посадочные поверхности. Заготовка после установки на станок тоже проверяется на биение по поверхности корпуса выступов.

Бабка изделия с заготовкой должна быть так установлена в осевом направлении, чтобы вершина начального конуса нарезаемого колеса совпадала с осью люльки.

После установки бабки изделия в осевом направлении необходимо установить поворотную плиту бабки изделия на угол  $\varphi_1$  конуса впадин нарезаемого колеса (рис. 5.17).

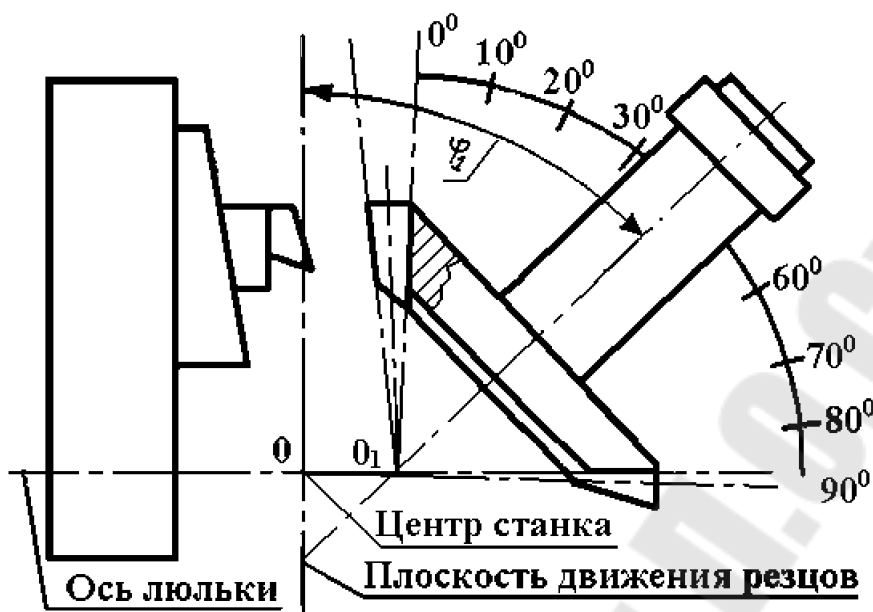


Рис. 5.17. Схема наладки станка

#### 9. Установить длину хода резцов.

Открыв крышку на люльке, нужно отвернуть гайку кривошипа специальным ключом. Провернуть вручную маховик ручного привода до тех пор, пока головка винта не станет в верхнее положение. Надеть на головку специальный градуированный ключ и установить необходимую величину хода резцов, отсчитывая ее по подвижной шкале, находящейся внутри ключа.

Установив длину хода, снова зажать гайку. Длина хода должна равняться длине зуба плюс 2 мм выхода на узком конце и 5 мм на широком конце зуба:

$$L_x = b + 2 + 5.$$

Показания ключа в зависимости от длины хода резца и угла зуба (угол установки суппортов) выбираются из таблицы, находящейся под крышкой.

#### 10. Установить конечный выключатель.

Конечный выключатель (рис. 5.18) должен быть установлен так, чтобы после обработки последнего зуба шестерни станок автоматически был остановлен. Он устанавливается на левом конце шпинделя 1 делительной бабки, а корпус его стопорится на резьбе шпинделя тремя стопорами.

Корпус конечного выключателя 2 несет на себе полый диск 3, закрытый крышкой, который крепится на корпусе винтом 5 через нажимную шайбу 4. Диск 3 имеет на периферии градуировку от 0 до 360°

через каждый градус. В полости диска 3 смонтированы: собачка 6, эксцентрик 7 и пружина 12, усилие которой передается собачке 6, прижимая к эксцентрику 7. На кожухе делительной червячной пары смонтированы, кроме того, конечный выключатель ВК-411, упор 9 и нониус 11.

Установка конечного выключателя производится следующим образом: перед началом нарезания шестерни необходимо отвести каретку вправо и включить станок. В тот момент когда люлька находится в верхнем положении и процесс деления закончился, станок остановить. При помощи штифта 13 повернуть эксцентрик 7 так, чтобы собачка 6 под действием пружины 12 соприкасалась с лыской на эксцентрике, т. е. собачка была бы «утоплена» в окне диска. Затем отвернуть винт 5 и, повернув диск 3, совместить нулевую риску диска с нулевой рисккой на нониусе 11. В процессе работы шпиндель делительной бабки с изделием и конечным выключателем, повертываясь штифтом 10 на эксцентрике, коснется упора 9 и, повернувшись, выведет собачку 6 в окно диска 3, т. е. собачка будет поставлена в рабочее положение.

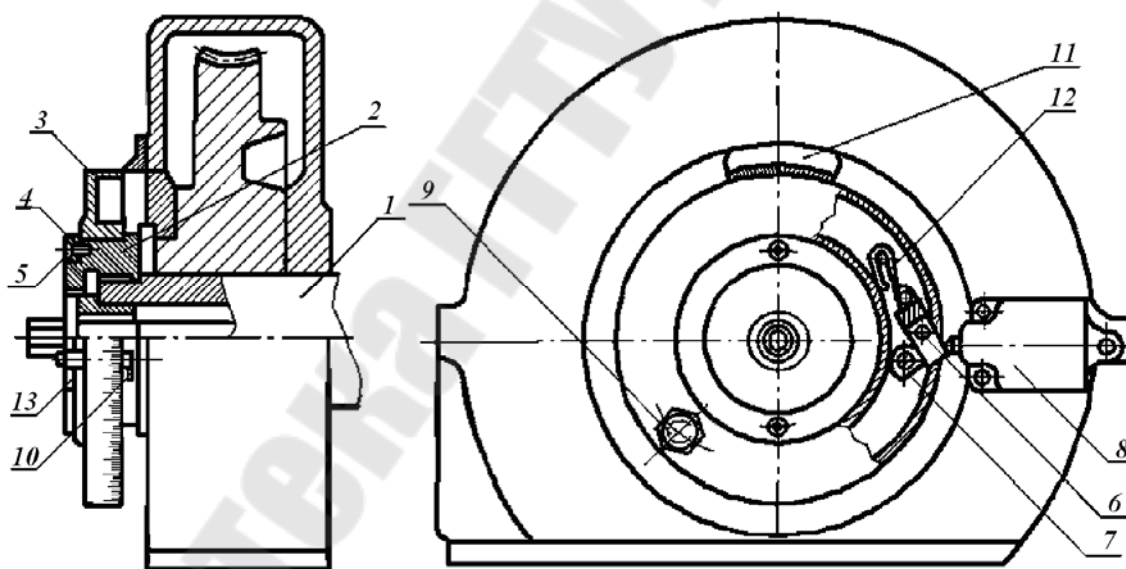


Рис. 5.18. Эскизы конечного выключателя

Продолжая вращение, собачка 6 конечного выключателя придет в соприкосновение с плунжером конечного выключателя ВК-411, произойдет размыкание цепи электрического тока, и станок автоматически будет остановлен.

*Наладка станка на черновое нарезание* способом двойного деления производится так же, как при одинарном делении, но все наладочные расчеты другие. Они приведены ранее.

*Наладка станка для чистового нарезания шестерен* производится по методикам, которые были приведены выше, за исключением следующих пунктов:

- Установка кулачка подачи

Если станок был налажен на черновое нарезание, то наладка его на чистовое производится следующим образом: включить станок и остановить его в тот момент, когда кулиса механизма подачи находится в крайнем верхнем положении. Отвернув гайку, необходимо вращать валик за квадрат против часовой стрелки до тех пор, пока упор левого ролика не коснется кулисы. Затем снова зажать гайку.

- Установка глубины подачи (хода каретки)

Если станок был налажен для чистового нарезания этой же шестерни, то установку менять не следует. Если же на станке нарезается шестерня с другой высотой зуба, то новая установка производится так же, как при черновом нарезании.

- Установка сменных шестерен величины угла обката

Вместо хомута, который был установлен для чернового нарезания, нужно установить ранее рассчитанную гитару сменных шестерен  $e$  и  $f$  величины угла обката.

### 2.5.3. Механизм обката (рис. 5.19)

Механизм обката производит поворот люльки, поворот заготовки и деление. Так как обкатка производится в обе стороны, то для изменения направления вращения обкатки служит реверсивная гидравлическая муфта. От главного вала I через гитару подачи, вал XX и коническую пару 11–12 (15–45, рис. 5.14) вращение передается валу VI. Вал VI передает вращение валу VIII либо через шестерни 13–14 (42–42, рис. 5.14), либо через шестерни 15–16–17 (38–32–38, рис. 5.14). Шестерни 14 и 17 установлены свободно на валу VIII и передают вращение валу посредством гидравлической муфты и двух собачек 18–19, установленных на одной оси 20 этой муфты.

Собачки закреплены неподвижно на оси, а ось свободно может поворачиваться в гидравлической муфте. Гидравлическая муфта также свободно установлена на валу VIII. Шестерни 14 и 17 на своих втулках имеют выступы, которые зацепляют собачки.



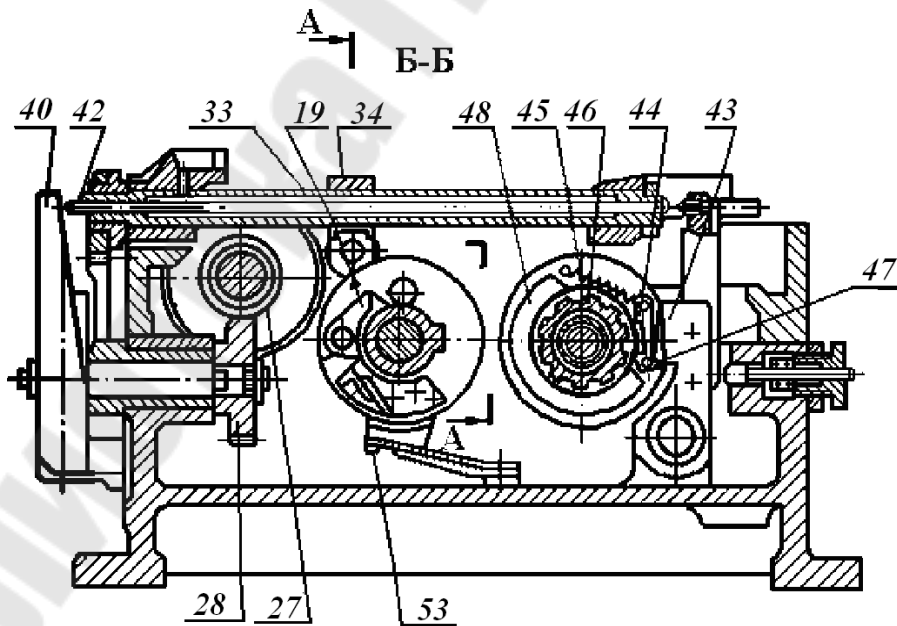
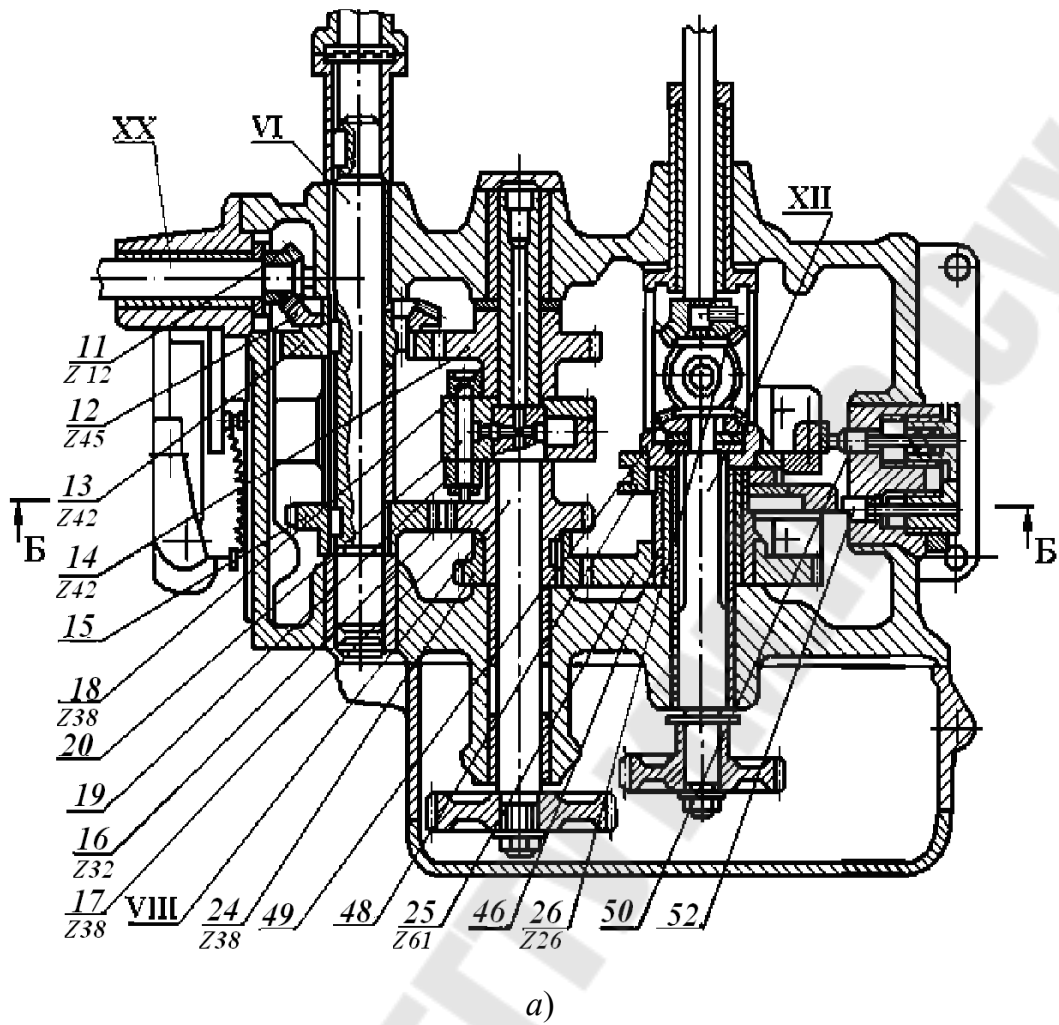


Рис. 5.19. Эскиз механизма обката (окончание см. на с. 138)

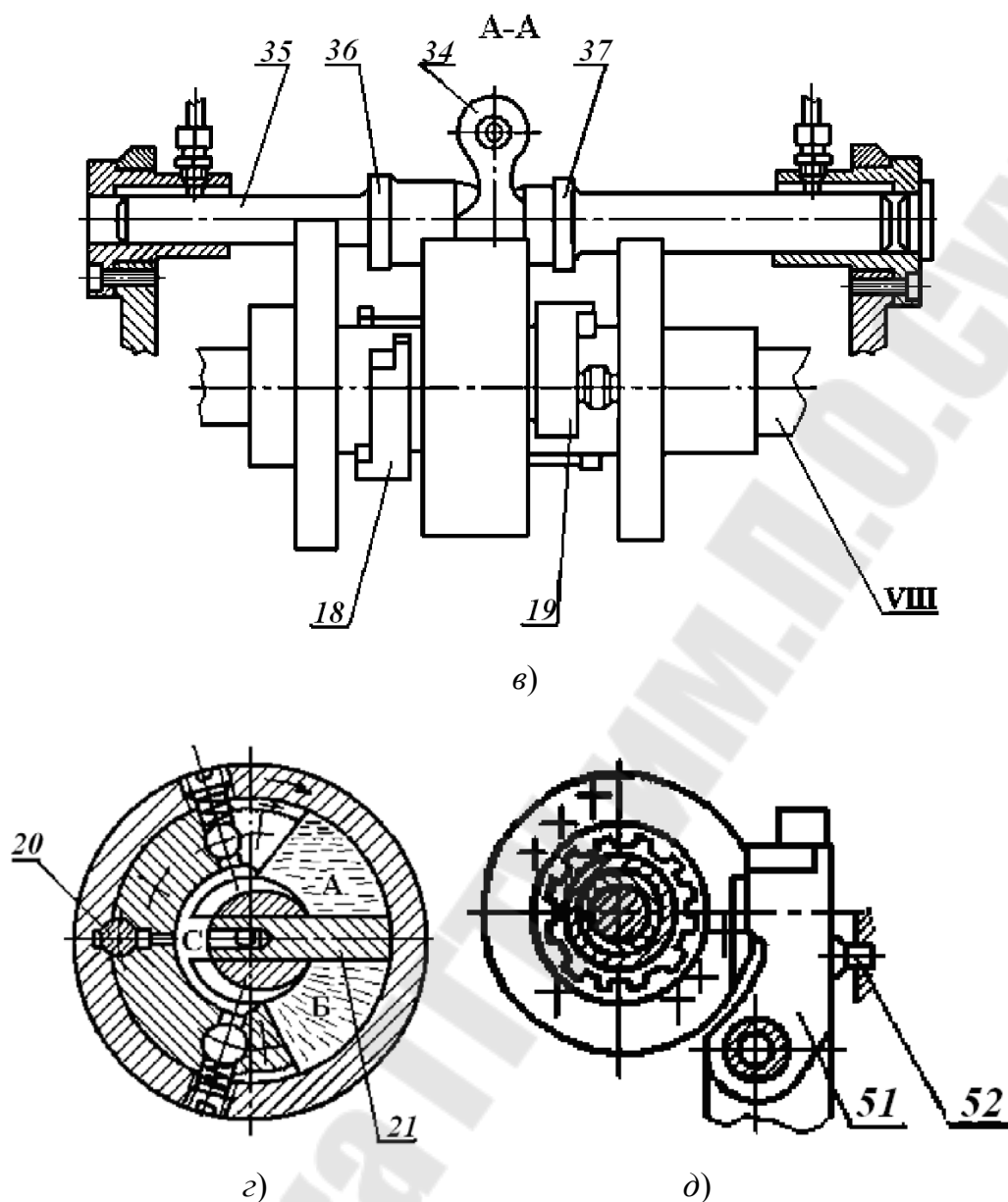


Рис. 5.19. Окончание (начало см. на с. 137)

Когда в зацеплении находится собачка 18 с шестерней 14, то происходит опускание люльки, когда же в зацеплении находится собачка 19 с шестерней 17, то благодаря паразитной шестерне 16 направление вращения изменяется и происходит подъем люльки. Гидравлическая муфта передает вращение валу VIII через лопасть 21, запрессованную в вал (рис. 5.19, z). Эта лопасть разделяет внутреннюю полую часть муфты на две камеры «А» и «Б», заполненные маслом. На валу имеется эксцентричная канавка, сечение которой уменьшается у лопасти. В зависимости от того в какую сторону поворачивается муфта, масло попеременно вытесняет то из камеры «А» в камеру «Б», то наоборот, через канал «С».

Благодаря сужающемуся сечению эксцентричной канавки внутри вала VIII давление в камере, из которой вытесняется масло, постепенно повышается, и перемена направления вращения происходит плавно, без толчков.

Заполнение камер маслом происходит непосредственно от масляного насоса. От вала VIII (рис. 5.14), через гитару величины угла качения  $e-f$ , вращение передается на валы X и XI и затем на червяк 1 и червячный сегмент  $Z = 120$  (рис. 5.14) на люльке, поворачивая ее попеременно то в одну, то в другую сторону. Таким образом, совершается качание люльки.

От вала X через гитару обката  $a-d$  вращение передается на вал XII (рис. 5.14) и дифференциал 4, а затем коническим шестерням 32–24, 26–26, 26–26, гитару деления  $a_2-d_2$ , коническую пару 36–24, вращение передается червяку, а затем червячному колесу 120 и шпинделю бабки XIX. Таким образом, совершается качание шпинделя бабки изделия.

Для переключения собачек 18 и 19 (рис. 5.19) служит реверсивный механизм, который работает следующим образом.

Вал VI посредством червяка 27 (2, рис. 5.14) и червячной шестерни 28 (34, рис. 5.14) передает вращение кулачку переключения 40 (Б<sub>1</sub>, рис. 5.14), который вращается всегда в одну сторону. Этот кулачок управляет как реверсированием, так и делением на зуб. Он вращается синхронно с кулачком подачи, т. е. делает одинаковое с ним число оборотов в минуту, и каждый оборот его соответствует одному циклу.

Кулачок переключения представляет из себя диск, который имеет паз. Концентричный паз с боковой внутренней поверхности кулачка имеет с одной стороны выступ, с другой, под углом 180°, впадину.

#### 2.5.4. Резцовые суппорты

Резцовые суппорты приводятся в движение от кривошипно-кулисного механизма, смонтированного в люльке. Кулисный диск, качаясь относительно своей оси, сообщает посредством сухарей и пальцев суппортам возвратно-поступательное движение (рис. 5.16). К резцовым суппортам крепятся ползуны, которые могут передвигаться по суппортам, направляясь пазом и боковой стенкой суппортов.

Регулировка угла зацепления резцов производится клиньями. Передвинув клин на одно деление, изменяем угол давления на 5'.

Для того чтобы режущая кромка резца при обратном холостом ходе не царапала профиль зуба, он отходит от заготовки.

### 5.3. Конструкция и наладка зубофрезерного станка

**Цель работы:** получить навыки по наладке зубофрезерного станка модели 5312.

#### 1. Порядок выполнения лабораторной работы

1.1. Получить задание у преподавателя.

1.2. Изобразить технологическую наладку.

1.3. Определить кинематические связи в станке и изобразить его структурную схему.

1.4. В соответствии с индивидуальным заданием произвести расчет настройки станка и записать уравнения кинематического баланса для требуемых режимов обработки.

1.5. Описать последовательность использования органов управления станка.

1.6. Произвести наладку станка.

1.7. Произвести обработку детали.

Зубофрезерный станок модели 5312 предназначен для обработки цилиндрических колес с прямыми и винтовыми зубьями, а также червячных колес в условиях серийного и крупносерийного производства.

Наиболее целесообразно применять станок для полуставовой обработки колес (под последующее шевингование).

На станке возможна обработка колес модулем от 2 до 6 мм и диаметром до 320 мм. Станок работает по автоматическому циклу и может быть встроен в автоматическую линию по производству зубчатых колес.

Зубофрезерный станок работает по методу обката, обработка производится червячной фрезой, которая обеспечивает одновременно главное движение и согласованное с вращением заготовки обкаточное движение.

Основные узлы станка (рис. 5.20):

*A* – станина; *B* – стол; *C* – суппорт; *D* – фрезерная стойка; *E* – приводная коробка.

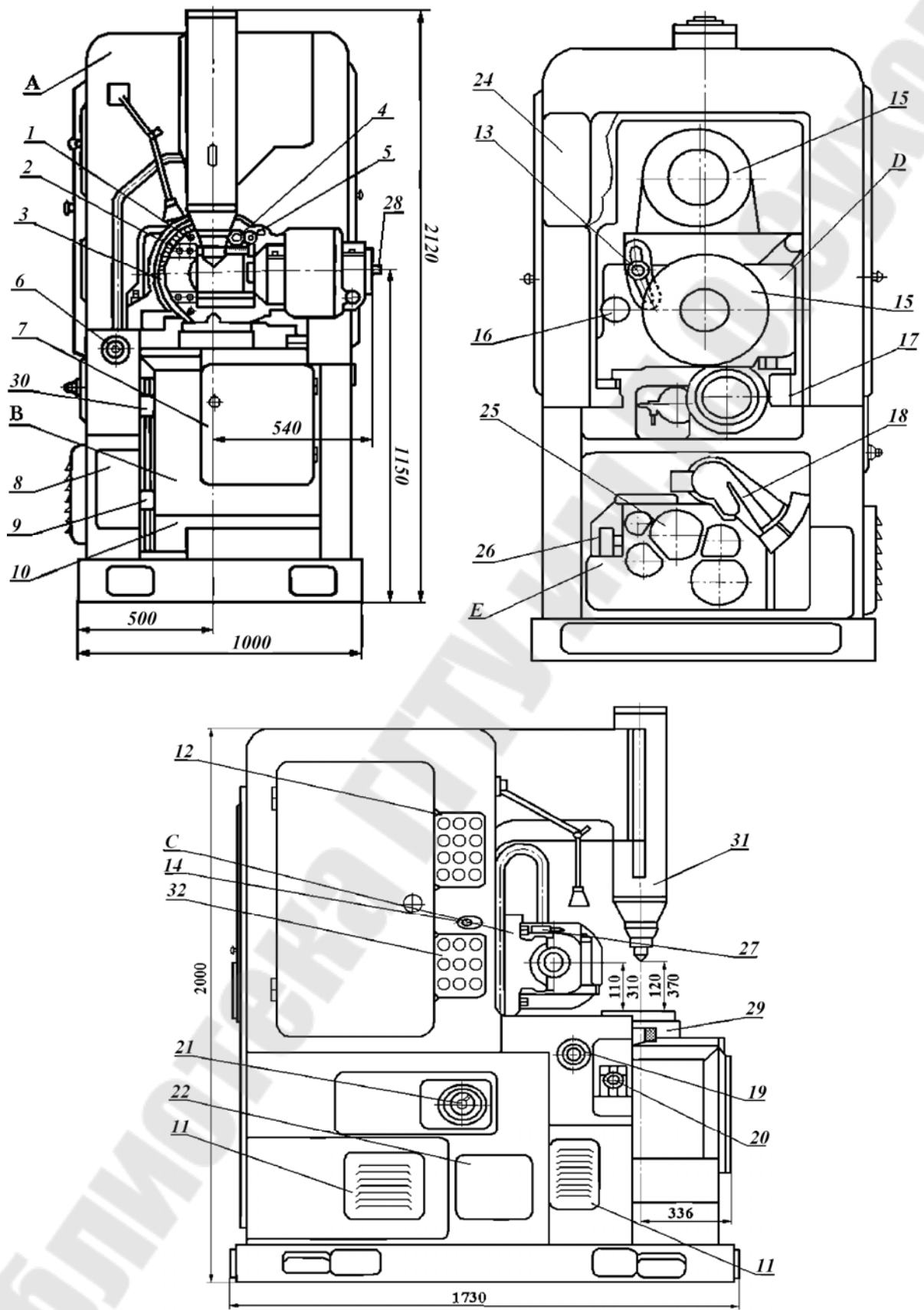


Рис. 5.20. Общий вид станка

## Органы управления и элементы станка

Номер позиции	Наименование
1	Винт крепления суппорта
2	Винты зажима контрподдержки
3	Нониус и шкала установки угла поворота суппорта
4	Рукоятка осевого перемещения фрезы
5	Механизм осевого перемещения фрезы
6	Упор и шкала установки величины радиальной подачи
7	Гитара деления
8	Крышка
9	Упоры установки перемещения стола
10	Цилиндр
11	Крышки
12	Пульт управления циклом при наладке
13	Винт зажима плиты главного электродвигателя
14	Рукоятка поворота суппорта
15	Сменные шкивы
16	Рукоятка натяжения ремней главного электродвигателя
17	Гидрораспределитель
18	Гитара дифференциала
19	Рукоятка и лимб установки межосевого расстояния
20	Дроссель установки скорости радиальной подачи
21	Счетчик циклов
22	Крышка
23	Крышка
24	Рубильник и пакетники реверса главного электродвигателя и подач
25	Гитара подач
26	Шкив электродвигателя подач
27	Кран регулирования подачи охлаждения
28	Винт затяжки оправки фрезы
29	Шпиндель изделия
30	Упоры длины фрезерования
31	Гидроцилиндр зажима заготовки
32	Кнопочная станция

### Техническая характеристика станка

Наибольший модуль нарезаемых зубчатых колес, мм .....	6
Наибольший диаметр нарезаемых колес с прямым зубом, мм.....	320
Наибольшая ширина нарезаемых колес, мм .....	180
Наибольший диаметр фрезы, мм .....	160
Осевое перемещение фрезы, мм .....	55
Радиальная подача, мм/мин .....	3–0
Пределы частот вращения шпинделя фрезы, об./мин .....	105–50
Наибольший наружный диаметр нарезаемых зубчатых колес с косым зубом, мм .....	200
Наибольшее перемещение стола при нарезании колес, мм:	
с прямым зубом.....	200
с косым зубом .....	150
Перемещение фрезерной каретки, мм .....	200

## 2. Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы

2.1. При выполнении п. 1.2 необходимо изобразить технологическую наладку обработки заготовки.

2.2. При выполнении п. 1.3 необходимо определить движения в станке и описать их кинематические связи.

Станок работает по методу обката, т. е. вращения инструмента и изделия кинематически связаны.

При обработке колес с винтовым зубом дополнительно осуществляется связь между осевой подачей заготовки и ее вращением посредством кинематической цепи дифференциала. Дифференциал включен в кинематическую схему станка параллельно цепи деления и при обработке прямозубых колес отключается. Привод подач и ускоренных перемещений стола работает от отдельного электродвигателя.

Отвод фрезы от изделия, перемещение изделия в исходное положение в полуавтоматическом цикле и при наладке происходят ускоренно. На станке имеется гидравлический цилиндр для зажима заготовки.

2.3. Режимы обработки зубчатых колес на станке назначаются в зависимости от конструкций и материала инструмента, материала заготовки и числа зубьев нарезаемого колеса. Получистовую обработку зубчатых колес на станке рекомендуется производить на следующих режимах:

– инструмент из быстрорежущей стали: скорость 30–45 м/мин; подача 3–6 мм/об. заготовки;

– инструмент при обработке стали с пластинами из твердого сплава: скорость 150–180 м/мин; подача 3–5 мм/об. заготовки.

Нарезание колес может производиться с радиальной и осевой подачей или только с осевой подачей. Радиальная подача фрезы или ускоренный подвод фрезы к заготовке производится до жесткого упора.

Фрезерование может производиться против подачи и по подаче. Рекомендуется производить обработку прямозубых колес по подаче.

Структурная схема станка представлена на рис. 5.21.

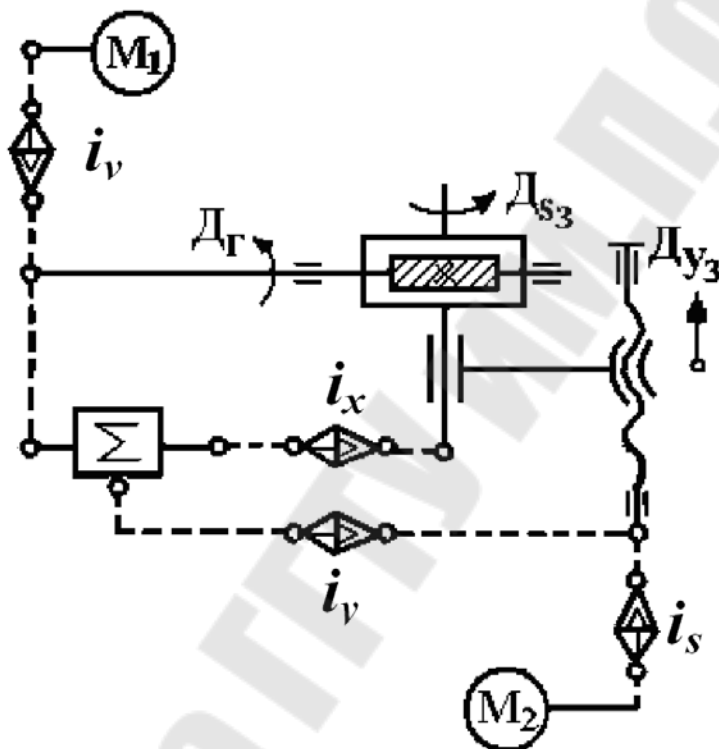


Рис. 5.21. Структурная схема станка модели 5312:

$D_1$  – вращательное движение фрезы;  $D_{s_3}$  – вращательное

движение заготовки;  $D_{y_3}$  – установочное вертикальное

перемещение стола с заготовкой;  $M_1$  – двигатель привода

вращения фрезы;  $M_2$  – двигатель привода вертикальной подачи;

$\Sigma$  – суммирующий механизм (дифференциал);  $i_v, i_x, i_y, i_s$  – органы

регулирования (гитары сменных колес и шкивы)

Для работы на станке могут быть использованы стандартные червячные фрезы.

Используя структурную схему, необходимо записать краткие уравнения кинематического баланса.



2.4. При выполнении п. 1.4 необходимо произвести расчет настройки станка в соответствии с заданием и записать уравнения кинематического баланса для требуемых режимов обработки заготовки, воспользовавшись рис. 5.22–5.24.

2.4.1. Кинематическая схема станка (рис. 5.22)

*Зубофрезерный* станок модели 5312 имеет следующие кинематические цепи:

- *Цепь главного движения*: движение от электродвигателя посредством сменных шкивов  $D_1$  и  $D_2$ , конической пары 24–24 и шестерни 18–72 передается на фрезерный шпиндель станка. Скорость вращения фрезы настраивается сменными шкивами.

- *Цепь обката*: кинематическая цепь, связывающая между собой шпиндель инструмента и шпиндель изделия.

При нарезании прямозубых колес эта связь осуществляется посредством зубчатых передач: 72–18, 24–24, 40–56–64, 24–24–24, 24–24, 24–24, сменных шестерен деления и червячной пары 1–60. При этом необходимо следить, чтобы при нарезании прямозубых колес гитара деления была выключена, т. е. гитара дифференциала не была установлена на станке и вал гитары дифференциала был закреплен хомутом.

Настройка цепи деления на необходимое число зубьев осуществляется гитарой деления.

- *Цепь подачи*: имеет независимый привод. Движение от электродвигателя  $M_2$  на винт передается посредством шкивов 94–149, червячной передачи 1–30, сменных шестерен подачи, червячной пары 1–20 на винт с шагом  $t_1$ . При этом муфта  $M_3$  включена,  $M_4$  – выключена.

При ускоренном перемещении стола движение от электродвигателя посредством шкивов 94–149, шестерни 23–42 передается на вал  $V$ , червячную пару 1–20 и на винт с шагом  $t_1$ .

Настройка величины подачи производится сменными шестернями гитары подачи.

- *Цепь дифференциала*: осуществляет дополнительный поворот изделия в зависимости от подачи при обработке винтового зуба. Эта кинематическая связь осуществляется посредством передачи вращательного движения от винта  $t_1$  через червячную пару 20, 1, шестерни 50–50–50, гитару дифференциала, конические колеса 30, 32, червячную пару 1–30 на корпус дифференциала, а от него посредством зубчатых передач 24–24, 24–24, 24–24, гитары деления, червячной пары 1–60 на изделие.

Настройка цепи дифференциала производится сменными зубчатыми колесами гитары дифференциала.

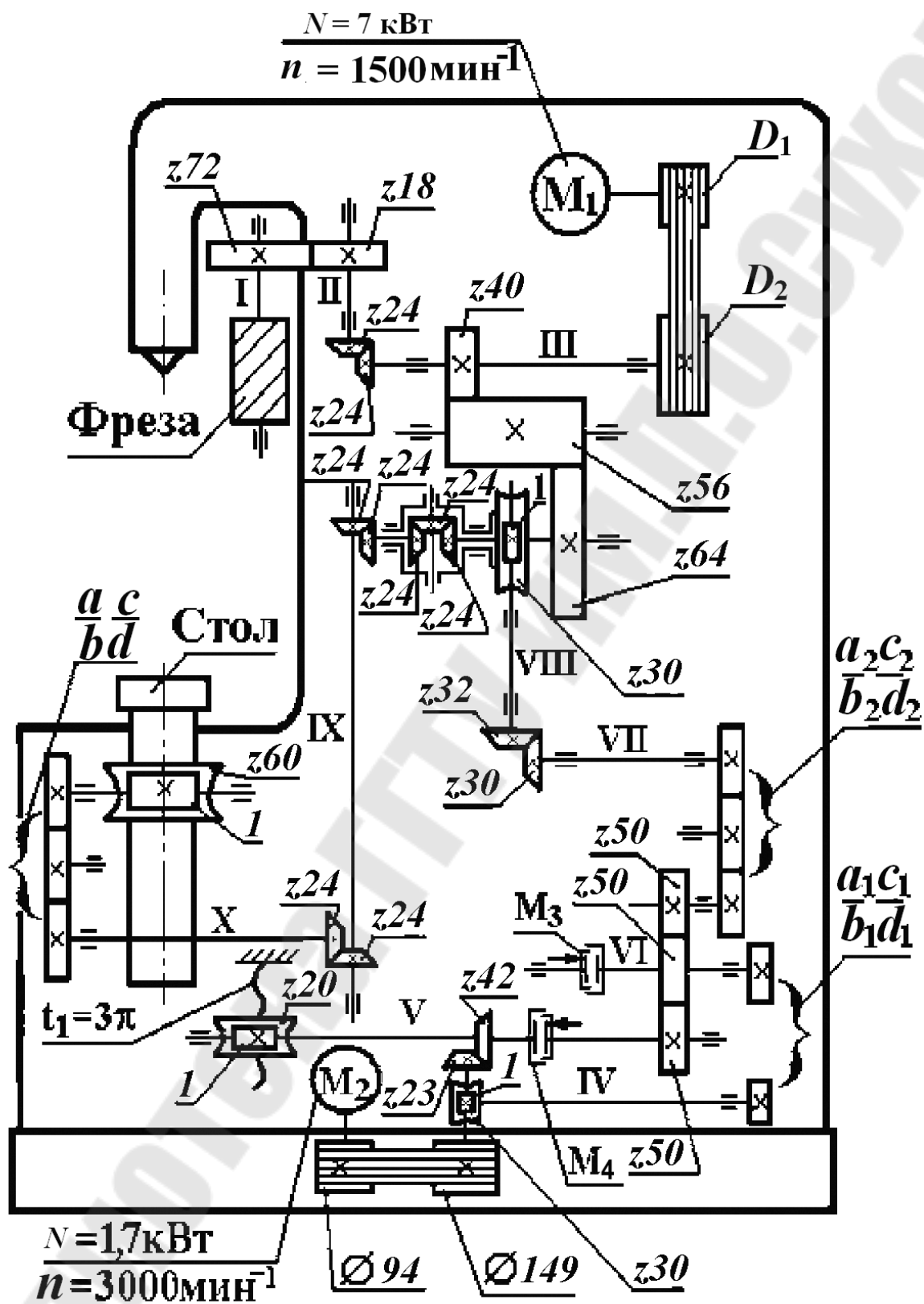


Рис. 5.22. Кинематическая схема станка

## 2.4.2. Расчет настройки станка

### 2.4.2.1. Цепь главного движения

Конечные звенья: электродвигатель – шпиндель с фрезой.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\phi} = 1500 \frac{D_1}{D_2} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{18}{72},$$

откуда  $\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_{\phi}}{360}$ .

С учетом того, что  $n_{\phi} = \frac{1000v}{\pi d_{\phi}}$ ,

где  $d_{\phi}$  – диаметр фрезы, мм;  $v$  – скорость резания, м/мин,

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{1000v}{360\pi d_{\phi}}.$$

Для настройки цепи главного движения в станке имеется набор сменных шкивов. Средние диаметры шкивов: 100, 112, 125, 140, 160, 200, 210, 230, 290, 345.

### 2.4.2.2. Цепь обката

Конечные звенья: шпиндель с фрезой – заготовка.

Уравнение кинематического баланса:

$$1 \text{ об. фрезы} \frac{72}{18} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{40}{56} \cdot \frac{56}{64} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{1}{60} = \frac{K}{Z}.$$

Учитывая, что  $i_{\text{диф}} = 1$ ,  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24K}{Z}$ ,

где  $K$  – число заходов фрезы,  $Z$  – число зубьев нарезаемого колеса.

Для настройки цепей обката, подач и дифференциала имеется один набор сменных колёс с числом зубьев: 24, 25, 30, 32, 33, 34, 37, 40, 41, 43, 45, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

### 2.4.2.3. Цепь вертикальной подачи

Под вертикальной подачей понимается величина перемещения стола по вертикали за один оборот заготовки.

Конечные звенья: заготовка – фрезерная головка.

Уравнения кинематического баланса цепи скорости подач (минутной вертикальной подачи)  $S_m$  (мм/мин).

Конечные звенья: электродвигатель – стол.

$$S_M = 3000 \frac{94}{149} \cdot \frac{1}{30} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{1}{20} t_1,$$

откуда  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{S_M}{30}$ .

Поскольку при выборе оптимальных режимов резания в зависимости от материала обрабатываемого колеса, его твердости и необходимой шероховатости зубьев задают вертикальную подачу  $S_M$  в мм/об., то необходимо связать минутную подачу  $S_M$  с подачей  $S_B$  на оборот заготовки. За один оборот фрезы заготовка поворачивается на  $\frac{K}{Z}$  часть оборота, а за  $n_\phi$  оборотов фрезы в минуту заготовка повернется на  $n_\phi \frac{K}{Z}$  оборотов, т. е. в минуту заготовка повернется на  $n_\phi \frac{K}{Z}$  оборотов. Поскольку за каждый оборот заготовки стол должен перемещаться в вертикальном направлении на величину  $S_B$ , то за минуту стол переместится на величину  $S_0 n_\phi \frac{K}{Z}$ , мм.

Таким образом,  $S_M = S_0 \frac{n_\phi K}{Z}$ .

Следовательно,  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{S_M}{30} = S_0 n_\phi \frac{K}{30Z}$ .

#### 2.4.2.4. Цепь дифференциала

Для нарезания винтового зуба необходимо выполнить условие, при котором за время перемещения стола с заготовкой на шаг нарезаемой винтовой  $T$  (рис. 5.23) заготовка должна совершить один дополнительный оборот. Это движение является дополнительным к обкаточному и обеспечивается при помощи дифференциала.

Конечные звенья: стол – заготовка.

Уравнение кинематического баланса:

$$\frac{T}{t_1} \cdot \frac{20}{1} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{1}{30} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{1}{60} = 1 \text{ об. заг.}$$

Шаг нарезаемой спирали:

$$T = \frac{\pi m_H z}{\sin \beta},$$

где  $m_H$  – нормальный модуль нарезаемого колеса, мм;  $\beta$  – угол наклона зуба и оси заготовки, град.

Учитывая, что  $i_{\text{диф}} = 2$ ,

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{6 \cdot \sin \beta}{m_H K}.$$

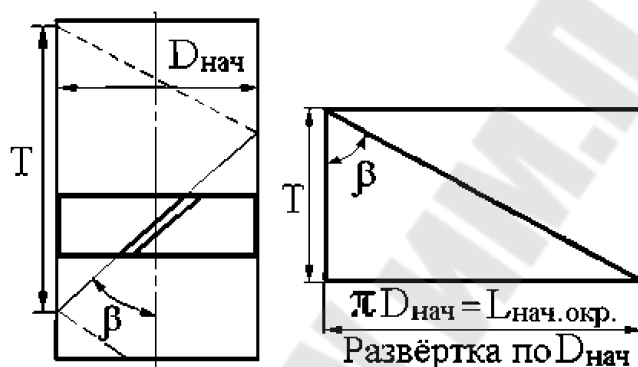


Рис. 5.23. Схема образования винтового зуба

Угол установки фрезы относительно оси заготовки при нарезании винтового зуба (рис. 5.24) определяется по формуле

$$\varphi = \beta \pm \omega,$$

где  $\beta$  – угол наклона зуба к оси заготовки, град;  $\omega$  – угол подъема винтовой линии червяка фрезы, град.

Знак «+» принимается при разноименных направлениях винтовых линий у нарезаемого колеса и фрезы. Знак «-» – при одноименных направлениях винтовых линий.

2.5. При выполнении п. 1.5 необходимо описать последовательность использования органов управления, воспользовавшись рис. 5.20 и табл. 5.8.

2.6. При выполнении п. 1.6 необходимо произвести наладку станка на обработку заданной заготовки в соответствии с расчетами произведенными в п. 2.4.

#### 2.6.1. Наладка станка

Наладка зубофрезерного станка включает настройку кинематических цепей по параметрам нарезаемого колеса и режимам резания;

установку инструмента, приспособления и заготовки; установку в начальное положение узлов станка; обработку пробной детали с последующей корректировкой наладки станка.

### 2.6.1.1. Установка инструмента

Эскиз установки инструмента на фрезерном суппорте показан на рис. 5.24.

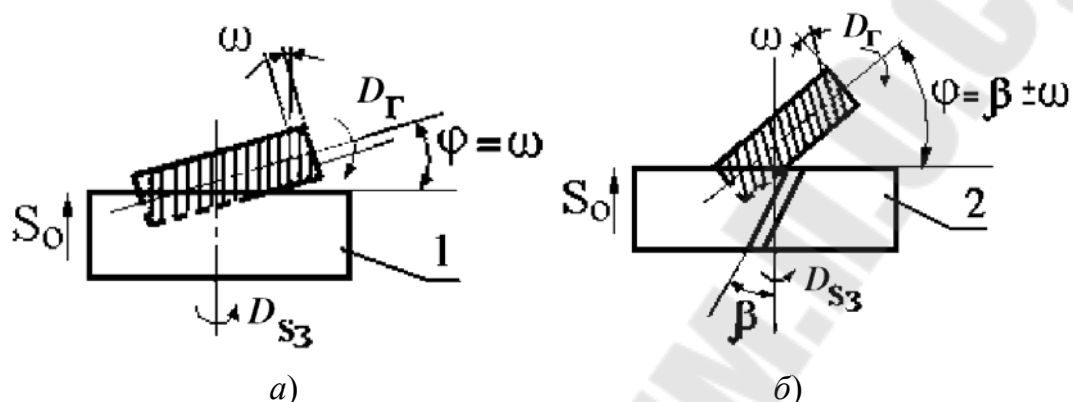


Рис. 5.24. Схема установки фрезы:

а – при нарезании прямозубых колес; б – с винтовым зубом

Для установки инструмента снимается задняя поддержка, для чего освобождается винт 2 (рис. 5.20), вставляется оправка 2 (рис. 5.25) в конусное отверстие шпинделя и закрепляется винтом затяжки оправки 3 и (28, рис. 5.20). В зависимости от ширины фрезы и диаметра изделия подбираются приставочные кольца 4, 5, 6 (рис. 5.25), одевается фреза на оправку, устанавливается на место поддержка 1 и посредством гайки 7 закрепляется на оправке 2. После этого винтами (2, рис. 5.20) закрепляется поддержка 1 (рис. 5.25). По отношению к заготовке фрезы устанавливают под углом  $\varphi$  в зависимости от угла наклона линии зубьев нарезаемого колеса.

### 2.6.1.2. Установка заготовки

Заготовка в зависимости от ее формы и размеров устанавливается на шпиндель изделия 29 (рис. 5.20), либо на тумбе, либо на оправке. Через центральное отверстие в шпинделе проходит тяга гидрозажима, к которой крепится посредством резьбы через переходную муфту тяга для зажима заготовки.

### 2.6.1.3. Направление подачи

В зависимости от направления подачи движение стола может производиться вверх или вниз. Для изменения направления подачи служит пакетный выключатель 24, помещенный сзади станка (рис. 5.20).

#### 2.6.1.4. Настройка механизма радиального врезания

Посредством механизма радиальной подачи осуществляется управление перемещением фрезерного суппорта с инструментом при обработке изделия. Перемещение фрезерной стойки осуществляется от гидроцилиндра 10 (рис. 5.20) в следующей последовательности:

- ускоренный подвод;
- подача врезания.

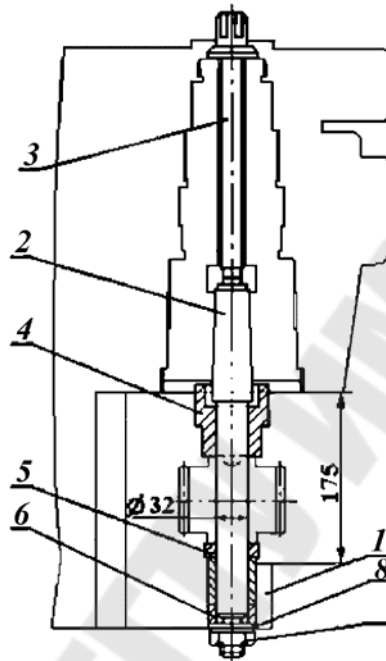


Рис. 5.25. Эскиз установки инструмента

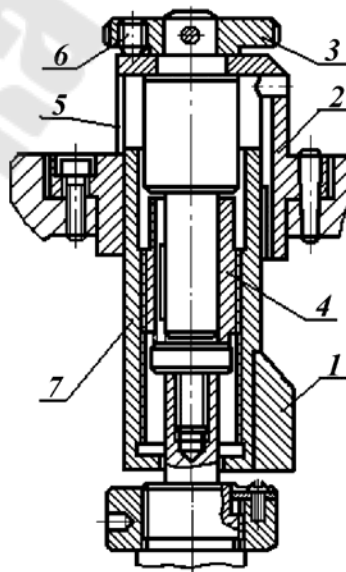


Рис. 5.26. Эскиз механизма радиальной подачи

Ускоренный подвод происходит до тех пор, пока упор *1* (рис. 5.26) не нажимает на упор гидравлического золотника, перекрывающего поступление масла в цилиндр подвода фрезерной стойки.

Скорость подачи врезания изменяется при помощи дросселя *20* (рис. 5.20).

Наладка механизма радиального врезания осуществляется в следующей последовательности:

- включается гидропривод станка, устанавливается и закрепляется заготовка на оправке шпинделя изделия, поворотом переключателя на пульте управления подводится фреза к заготовке;

- поворотом квадрата *19* (рис. 5.20) подводится инструмент до касания с заготовкой, при этом необходимо, чтобы упор *1* (рис. 5.26) не нажимал на упор золотника;

- вращением маховичка *3* приводится во вращение резьбовая втулка *4*, которая перемещает в нужном направлении втулку *7* с упором *1* и устанавливает ее в определенном положении, тем самым достигается глубина радиального врезания, соответствующая высоте зуба нарезаемого колеса. Величина врезания отсчитывается по шкале *5* (рис. 5.26);

- для фиксации упора служит винт *6* (рис. 5.26);

- поворотом переключателя на пульте управления отводится фрезерный суппорт инструментом в исходное положение;

- устанавливается нониус на «0» и поворотом рукоятки *19* (рис. 5.20) подводится фрезерный суппорт на величину, соответствующую высоте зуба обрабатываемого колеса;

- при работе в наладочном режиме подвод фрезерного суппорта с инструментом осуществляется поворотом переключателя на пульте управления, при этом обрабатываемая заготовка должна быть заранее установлена и закреплена на оправке;

- установка межцентрового расстояния: межцентровое расстояние устанавливается по лимбам.

Для подвода инструмента на нужное межцентровое расстояние необходимо:

1. Включить гидропривод кнопкой на пульте *12* (рис. 5.20).
2. Переключателем подвести фрезерный суппорт к заготовке.
3. Установить заготовку и закрепить ее поворотом переключателя.
4. Включить главный привод кнопкой на пульте *12* и подвести инструмент до касания с заготовкой.



5. Установить лимб на нулевое деление и переключателем отвести фрезерный суппорт от заготовки.

6. Поворотом рукоятки подвести фрезерный суппорт на нужную глубину врезания.

Установить упоры длины фрезерования 30 (рис. 5.20).

При работе на станке с радиальным врезанием упоры 9 и 30 устанавливаются таким образом, чтобы при нижнем положении стола, когда торец заготовки находится ниже оси инструмента на 2–3 мм, упор 30 нажимал бы на конечный переключатель, расположенный под крышкой 8 (рис. 5.20). При верхнем положении стола, когда торец заготовки выше на 2–3 мм оси инструмента, упор 9 нажимает на путевой переключатель под той же крышкой.

При работе только с осевой подачей упоры 9 и 30 устанавливаются в зависимости от направления подачи:

а) *стол движется вверх*. Подводится фрезерный суппорт к заготовке, ускоренно поднимается стол до тех пор, пока расстояние между осью инструмента и торцом заготовки станет равным 2–3 мм, при этом упор 9 должен нажимать на путевой переключатель;

б) *стол движется вниз*. Подводится фрезерный суппорт к заготовке, ускоренно опускается стол до тех пор, пока расстояние между осью инструмента и торцом заготовки станет 2–3 мм, при этом упор 30 должен нажимать на путевой переключатель.

#### 2.6.1.5. Осевое перемещение фрезы

Перемещение фрезы вдоль оси осуществляется посредством механизма и происходит после нарезания партии деталей, количество которых устанавливается на счетчике циклов станка 21 (рис. 5.20).

Величина передвижки на каждую партию деталей (шаг передвижки) устанавливается по лимбу 12 (рис. 5.27).

После полной передвижки фрезы, что соответствует ее износу, шпиндель фрезы выставляется в исходном положении для начала резания, фреза смещается влево до упора поворотом квадрата 8 (рис. 5.27).

Для осуществления ручной передвижки пиноли фрезерного шпинделя необходимо включить гидростанцию и нажать кнопку «передвижка фрезы» на пульте управления.

Перемещение шпинделя фрезы вдоль оси возможно только при разжатой детали. После замены фрезы необходимо зажать заготовку и подвести фрезерный суппорт к оправке заготовки. Установить число циклов на счетчике на ноль и приступить к дальнейшей работе на станке.

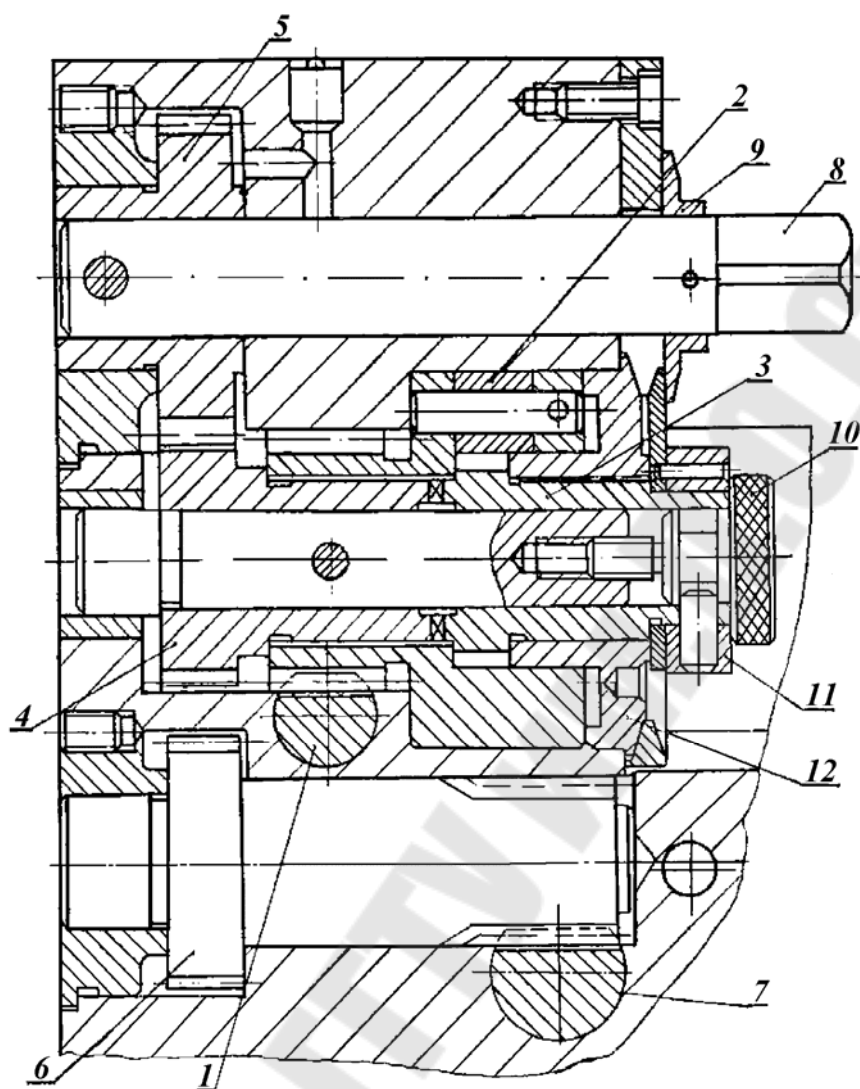


Рис. 5.27. Механизм осевого перемещения фрезы

Осевая переустановка фрезы может осуществляться как в наладочном режиме (от кнопки на пульте управления), так и в автоматическом цикле.

Переустановка фрезы в автоматическом цикле происходит в следующей последовательности:

- после обработки партии зубчатых колес, когда фрезерная стойка с инструментом отходит от изделия и происходит отжим детали, счетчик циклов нажимает на конечный переключатель и дает команду электромагниту управления, который переводит золотник и соединяет полость цилиндра отжима и перемещения пиноли.

За один ход цилиндра происходит перемещение пиноли на величину, установленную на лимбе 12 (рис. 5.27). После зажима на оправке следующей детали происходит зажим пиноли шпинделя фрезы и при

перемещении фрезерного суппорта с инструментом вперед счетчик циклов сбрасывает на установленное на нем количество обрабатываемых колес.

Передвижка фрезы будет происходить до тех пор, пока вся длина фрезы не будет использована.

#### *2.6.1.6. Настройка осевого перемещения фрезы*

##### 1. Установка величины перемещения

Для установки величины перемещения пиноли шпинделя фрезы необходимо:

- а) включить гидростанцию;
- б) нажать кнопку «перемещение фрезы», при этом центр, поддерживающий деталь (рис. 5.20), должен быть отведен вверх;
- в) рукояткой 8 (рис. 5.27) перемещается пиноль со шпинделем в правое положение, соответствующее положению фрезы в конце передвижки. Установка положения фрезы определяется по шкале 9 (рис. 5.27);
- г) повернуть кнопку 10 против часовой стрелки так, чтобы зубчатая муфта храпового колеса 3 вышла из зацепления и поворотом кольца 11 устанавливается указатель в нулевое положение. Затем ввести в зацепление зубчатую муфту 3 поворотом кнопки 10 (рис. 5.27) по часовой стрелке;
- д) повернуть квадрат 8 (рис. 5.27) и переместить пиноль со шпинделем фрезы в левое положение (рис. 5.20), соответствующее началу установки фрезы. Подвести до упора пиноль шпинделя фрезы и закрепить винтом;
- е) переключателем на пульте управления опустить верхний центр зажима оправки, при этом произойдет зажим пиноли шпинделя фрезы.

##### 2. Установка величины периодического осевого перемещения шпинделя фрезы

Для установки величины периодического осевого перемещения шпинделя фрезы освобождаются винты и поворачивается лимб 12 (рис. 5.27) так, чтобы указанная на нем величина осевого перемещения фрезы совпала с указателем. Затем лимб обратно закрепляется винтами.

Количество передвижек и величина их устанавливается в зависимости от режимов обработки, длины фрезы и диаметра заготовки.

3. Установка числа обрабатываемых колес между передвижками фрезерного шпинделя

Количество обрабатываемых колес между передвижками фрезерного шпинделя устанавливается на счетчике циклов 21 (рис. 5.20).

После наладки счетчика можно приступить к работе по циклу. Механизм осевой передвижки инструмента будет работать по циклу до полного использования инструмента.

Наладка станка для обработки колес с винтовым зубом проходит так же, как и наладка для нарезания прямозубых колес.

#### 2.6.1.7. Фрезерный суппорт

Фрезерный суппорт *C* (рис. 5.20) с инструментом крепится на торце фрезерной стойки и может поворачиваться на  $180^\circ$  с помощью червячного колеса 5 (рис. 5.28).

Привод на шпиндель фрезы осуществляется от приводного вала стойки через пару конических колес 1 и 2 (рис. 5.28), вал, шестерню 3 и колесо 4 шпинделю инструмента 6.

Шпиндель инструмента 6 смонтирован на подшипниках качения 7, 8 и 9. Зазор в переднем подшипнике 7 с цилиндрическими роликами регулируется за счет перешлифовки кольца 10 и зажима гаек 11. Подшипник 9 с разрезным наружным кольцом должен быть отрегулирован за счет доводки разрезного осевого кольца так, чтобы зазор не превышал 0,005 мм. Шестерня 4 плотно закреплена на конусе и упирается в промежуточное кольцо.

Для поддержки конца оправки инструмента служит контрподдержка 12. Радиальноупорные подшипники 14 контрподдержки собираются с предварительным натягом.

Шпиндель 6 с инструментом перемещается вдоль оси совместно с пинолью 15. Для перемещения пиноли 15 служит гидроцилиндр. При перемещении штока 1 (рис. 5.27) поворачивается собачка 2, которая поворачивает храповое колесо 3, соединенное посредством кулачковой муфты с шестерней 4 (рис. 5.27). Движение от колес 5 и 6 передается на рейку 7 (рис. 5.27), которая связана с пинолью 15 (рис. 5.28). Ручное перемещение пиноли производится квадратом 8 (рис. 5.27). Зажим пиноли 15 (рис. 5.28) осуществляется гидроцилиндром.

При перемещении штока с нарезанной рейкой поворачивается вал-шестерня, на конце вала нарезана правая и левая резьба. При повороте вала-шестерни сухари 16 сходятся и зажимают гильзу. Для регулировки зажима пиноли служит гайка, которая стопорится планкой.

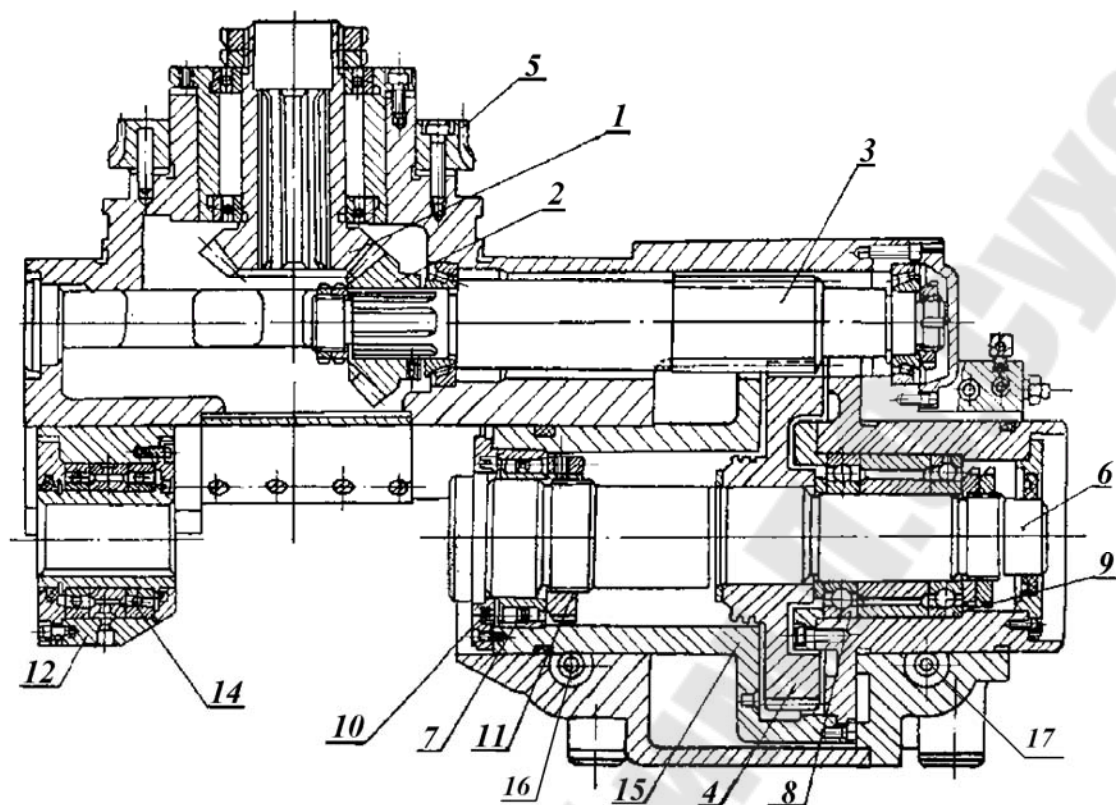


Рис. 5.28. Эскиз фрезерного суппорта

Для отжима пиноли вал-шестерня поворачивается в обратном направлении, один из сухарей отходит до упора в крышку, и при дальнейшем повороте шестерни освобождается второй сухарь. Отжим пиноли происходит одновременно с передвижкой инструмента, а зажим с зажимом изделия.

Зажим пиноли заблокирован с зажимом изделия таким образом, что при зажатом изделии отжим пиноли не произойдет.

### 3. Структура отчета

- 3.1. Название лабораторной работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Эскиз детали.
- 3.4. Эскиз технологической наладки.
- 3.5. Структурная схема станка с описанием кинематических связей.
- 3.6. Расчет настройки станка.
- 3.7. Обоснованное описание последовательности использования органов управления станка.
- 3.8. Описание работы механизмов переключения и настройки при установке требуемых режимов обработки заготовки.

## 4. Техника безопасности

Запрещается студентам самостоятельно включать станок в сеть.

Перед включением станка в сеть лаборант или преподаватель, проводящий лабораторную работу, обязан проверить: надежность крепления инструмента; надежность крепления заготовки; правильность наладки станка на обработку заготовки.

Перед пуском станка крышки всех сменных гитар колес и механизмов должны быть закрыты.

Перед началом работы станок должен быть проверен на холостом ходу.

Во время работы станка студенты должны находиться на безопасном расстоянии от подвижных узлов станка.

## 5. Контрольные вопросы

5.1. В чем заключается метод обката и каким образом он обеспечивается при обработке зубьев на зубодолбежном станке?

5.2. Назовите принцип работы станка и имеющиеся кинематические цепи.

5.3. Перечислите основные узлы и органы управления станка.

5.4. Как и в какой последовательности производится наладка станка?

5.5. Назовите особенности выбора инструмента.

5.6. Какими способами можно установить и закрепить заготовку?

5.7. Назовите особенности выбора режимов резания.

5.8. Как устанавливается длина хода долбяка относительно заготовки?

5.9. Как установить долбяк на глубину врезания?

5.10. Как произвести регулирование отвода инструмента от заготовки?

5.11. Как произвести регулирование момента выключения двигателя главного движения в конце обработки на зубодолбежном станке?

5.12. Особенности нарезания зубчатых колес с внутренними и винтовыми зубьями на зубодолбежном станке.

5.13. Назначение и работа гидравлической схемы.

5.14. В каких случаях применяются одно- и двухпроходные кулачки?

5.15. Изобразите структурную схему станка.

5.16. Укажите порядок настройки цепи главного движения на зубострогальном станке.

5.17. Укажите порядок настройки цепи подачи на зубострогальном станке.

5.18. Укажите порядок настройки цепи деления на зубострогальном станке.

5.19. Укажите порядок настройки цепи обката на зубострогальном станке.

5.20. Укажите порядок настройки цепи качания люльки на зубострогальном станке.

5.21. Как установить ползуны с резцами по углу на зубострогальном станке?

5.22. Укажите порядок установки кулачка подачи на зубострогальном станке.

5.23. Укажите порядок установки глубины подачи на зубострогальном станке.

5.24. Укажите порядок выключения движения обката на зубострогальном станке.

5.25. Укажите порядок установки заготовки и делительной бабки на зубострогальном станке.

5.26. Укажите порядок установки длины хода резцов на зубострогальном станке.

5.27. Укажите порядок установки конечного выключателя на зубострогальном станке.

5.28. Работа механизма обката на зубострогальном станке.

5.29. Укажите порядок настройки резцовых суппортов на зубострогальном станке.

5.30. Область применения и возможности зубофрезерного станка модели 5312.

5.31. В чем заключается метод обката при обработке зубчатых колес на зубофрезерном станке?

5.32. Какие кинематические связи существуют в станке?

5.33. В какой последовательности осуществляется наладка зубофрезерного станка?

5.34. Перечислите основные узлы и органы управления зубофрезерного станка.

5.35. Какими способами можно установить и закрепить заготовку?

5.36. В чем отличие наладки станка на обработку прямозубых колес и колес с винтовым зубом?

5.37. Как устанавливается изделие на станке?

5.38. В чем заключается особенность наладки механизма радиального врезания зубофрезерного станка?

5.39. В чем заключается особенность наладки осевого перемещения фрезы?

### Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 694 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 568 с.

3. Паспорт зубодолбежного станка модели 5107.

4. Паспорт зубофрезерного станка модели 5312.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.5.1

### Индивидуальное задание к лабораторной работе № 5.1

Номер варианта	Число зубьев нарезаемого колеса, $Z$	Модуль $m$ , мм	Длина зуба колеса $b$ , мм	Скорость резания, м/мин, $v$	Круговая подача, мм/дв. ход, $S_{кр}$	Число зубьев долбяка, $Z_d$	Число проходов
1	140	0,2	10	20	0,1	100	1
2	110	0,3	10	25	0,08	90	1
3	100	0,4	15	20	0,11	75	1
4	90	0,5	20	30	0,12	60	1
5	80	0,6	15	22	0,13	50	1
6	80	0,7	10	21	0,1	40	2
7	90	0,8	10	23	0,14	35	2
8	60	1	20	24	0,15	30	2
9	140	0,2	20	20	0,12	100	1
10	110	0,3	15	26	0,12	90	1
11	100	0,4	15	27	0,11	75	1
12	80	0,5	20	28	0,1	60	1
13	80	0,6	10	30	0,13	50	1
14	50	0,7	10	20	0,13	40	2
15	50	0,8	15	24	0,14	35	2
16	40	1	15	22	0,15	30	2
17	130	0,2	20	25	0,16	100	1
18	120	0,3	20	30	0,12	90	1
19	80	0,4	10	20	0,12	75	1
20	70	0,5	10	25	0,13	60	1
21	60	0,6	15	24	0,1	50	1
22	50	0,7	15	26	0,08	40	2
23	40	0,8	20	20	0,11	35	2
24	40	1	20	28	0,12	30	2
25	120	0,2	10	30	0,13	100	1
26	140	0,3	20	25	0,1	100	2
27	110	0,4	18	20	0,11	90	1
28	100	0,5	17	30	0,13	80	2
29	90	0,6	15	22	0,12	70	1
30	80	0,7	14	24	0,1	60	2

## Индивидуальное задание к лабораторной работе № 5.2

Число зубьев нарезаемого колеса, $Z$	Угол зацепле- ния $X$ , град	Модуль $m$ , мм	Длина зуба $b$ , мм	Скорость резания $V$ , м/мин	Время обработки одного зуба $t$ , с	Меж- осевой угол $\varphi$ , град
98	20	3	20	20	23,9	90
92	20	2,5	24	15	18,4	90
80	20	3	22	13	23,5	90
75	20	3,5	17	26	25	90
65	20	3,5	25	25	26	90
52	20	6	50	15	20	90
49	20	4	45	14	18	90
51	20	4	45	13	17	90
53	20	4	40	20	16	90
59	20	3	35	20	21	90
61	20	3	35	22	25	90
69	20	3	32	24	15	90
58	20	4	50	20	30	90
62	20	3	35	12	28	90
30	20	7	80	22	27	90
27	20	8	90	20	26	90
24	20	7	60	17	17	90
21	20	6	50	15	14	90
19	20	7	80	15	18	90
17	20	7	95	21	19	90
15	20	7	80	18	20	90
13	20	8	95	23	21	90
12	20	8	84	20	25	90
11	20	8	90	21	22	90
20	20	4	40	15	23	90

## Индивидуальное задание к лабораторной работе № 5.3

Колесо				Фреза				Режимы резания	
Число зубьев $Z$	Модуль $m$ , мм	Угол наклона зуба $\beta$ , град	Направление наклона зубьев	Диаметр фрезы $D$ , мм	Число заходов $K$	Угол подъема винтовой линии $\omega$ , град	Направление подъема винта	Скорость резания $v$ , м/мин	Вертикальная подача $S_0$ , мм/об.заг.
60	2	22°	пр	90	1	1°22'	пр	54	0,8
60	3	24°	пр	112	1	1°40'	пр	44	1,0
50	4	26°	пр	125	1	2°01'	пр	28	3,2
30	5	31°15'	пр	140	1	2°16'	пр	27	2,8
30	6	44°15'	пр	160	1	2°24'	пр	38	1,2
90	2	45°	лев	70	1	1°48'	лев	55	0,7
60	3	30°20'	лев	90	1	2°08'	лев	46	0,9
24	4	32°	лев	100	1	2°36'	лев	29	3,1
24	5	20°	лев	112	1	2°57'	лев	28	2,9
24	6	24°	лев	125	1	3°12'	лев	39	1,2
72	2,5	22°	пр	100	1	1°33'	лев	56	0,6
52	3,5	18°30'	пр	112	1	1°58'	лев	48	0,9
40	4,5	25°20'	пр	125	1	2°18'	лев	30	3,0
30	5,5	27°	пр	140	1	2°32'	лев	29	3,0
24	6	30°	пр	125	1	3°12'	лев	40	1,1
75	2,5	30°	лев	80	1	1°59'	пр	58	0,5
42	3,5	22°	лев	90	1	2°32'	пр	50	0,8
42	4,5	24°	лев	100	1	2°58'	пр	28	2,9
24	5,5	32°	лев	112	1	3°17'	пр	30	3,1
24	6	20°	лев	160	1	2°24'	пр	41	1,1
32	2,5	27°	пр	65	1	2°28'	лев	60	0,5
32	3,5	20°	лев	75	1	3°5'	пр	54	0,8
32	4,25	32°	лев	100	1	2°47'	лев	30	2,8
32	5	30°	пр	90	1	3°46'	пр	28	3,2
32	6	24°	лев	125	1	3°12'	пр	42	1,2

## **Лабораторная работа № 6**

### **УСТРОЙСТВО И НАЛАДКА МНОГОЦЕЛЕВОГО КОМПЛЕКСНОГО СТАНКА 21104П7Ф4**

**Цель работы:** изучить конструкцию и наладку многоцелевого комплексного станка модели 21104П7Ф4.

#### **1. Порядок выполнения работы**

1. Изучить устройство и наладку основных узлов станка.
2. Включить станок и ввести основные параметры.
3. Установить заготовку на столе станка (по указанию преподавателя).
4. Произвести наладку станка.
5. Произвести настройку инструмента для обработки детали.
6. Проверить точность обработки поверхностей и ввести необходимую коррекцию в программу.

#### **2. Теоретическая часть**

Комплексные станки с ЧПУ предназначены для комплексной обработки сложных деталей с автоматической сменой инструментов. Комплексные станки в основном используют для обработки призматических и корпусных деталей, имевших большое число гладких, ступенчатых и резьбовых отверстий различных диаметров и расположенных с разных сторон детали. Кроме того, возможна обработка плоскостей и сложных контуров. Комплексный станок заменяет несколько станков, каждый из которых осуществляет свою операцию.

##### *Назначение и область применения станка*

Станок предназначен для выполнения комплексной обработки деталей с одной установки в позиционном и контурном режимах программного управления.

На станке производится сверление, зенкерование, зенкование, развертывание, нарезание резьбы метчиком, растачивание отверстий и канавок, получистовое и чистовое, прямоугольное и контурное фрезерование деталей из чугуна, сталей и цветных металлов.

##### **Основные технические данные и характеристика**

Наибольший продольный ход стола, мм (X) .....	630
Наибольший поперечный ход стола, мм (Y) .....	400

Наибольший ход шпиндельной бабки, мм (Z) .....	630
Дискретность перемещения, мм .....	0,001
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм:	
наименьшее .....	170
наибольшее .....	800
Пределы частот вращения шпинделя, об./мин .....	30–300
Дискретность задания частот вращения шпинделя, об./мин ....	1,0
Пределы подач шпиндельной бабки, мм/мин .....	5–2000
Пределы продольных и поперечных подач стола, мм/мин .....	20–2000
Дискретность задания подач, мм/мин .....	1,0
Скорость ускоренных ходов стола и шпиндельной бабки, м/мин .....	10
Наибольший диаметр инструмента, устанавливаемого в магазине, мм .....	85
Наибольшая масса инструмента, устанавливаемого в магазин, кг .....	15
Точность одностороннего позиционирования, мкм:	
стола (X, Y) .....	40
шпиндельной бабки (Z) .....	100
Время смены инструментов, с .....	10
Время смены заготовок, с .....	12
Электродвигатель основного движения:	
мощность, кВт .....	8,5
номинальная частота вращения, об./мин .....	1500
Электродвигатели привода продольного и поперечного перемещения стола и перемещения шпиндельной бабки:	
мощность, кВт .....	1,1
номинальная частота вращения, об./мин .....	600
Тип устройства ЧПУ .....	2С42

Общий вид с кинематической схемой станка приведен на рис. 6.1 и 6.2. Станок состоит из следующих узлов: колонны 1, бабки шпиндельной 2, стола крестового 3, устройства автоматической смены инструментов 4, устройства автоматической смены заготовок 5, пульта подвесного 6.

Рассмотрим более подробно каждый из узлов.

*Колонна* предназначена для установки, перемещения и уравнивания бабки шпиндельной. Внутри колонны размещен грузовой противовес 24, уравнивающий вес подвижных частей (рис. 6.2). На правой стороне салазок колонны установлен блок путевых микропереключателей и кулачки, ограничивающие положение бабки шпиндельной. По вертикальным направляющим колонны перемещается шпиндельная бабка. Ускоренные и рабочие подачи осуществляются с помощью передачи винт-гайки качения 10. Частота вращения винта регулируется высокомоментным электродвигателем постоянного тока 9.

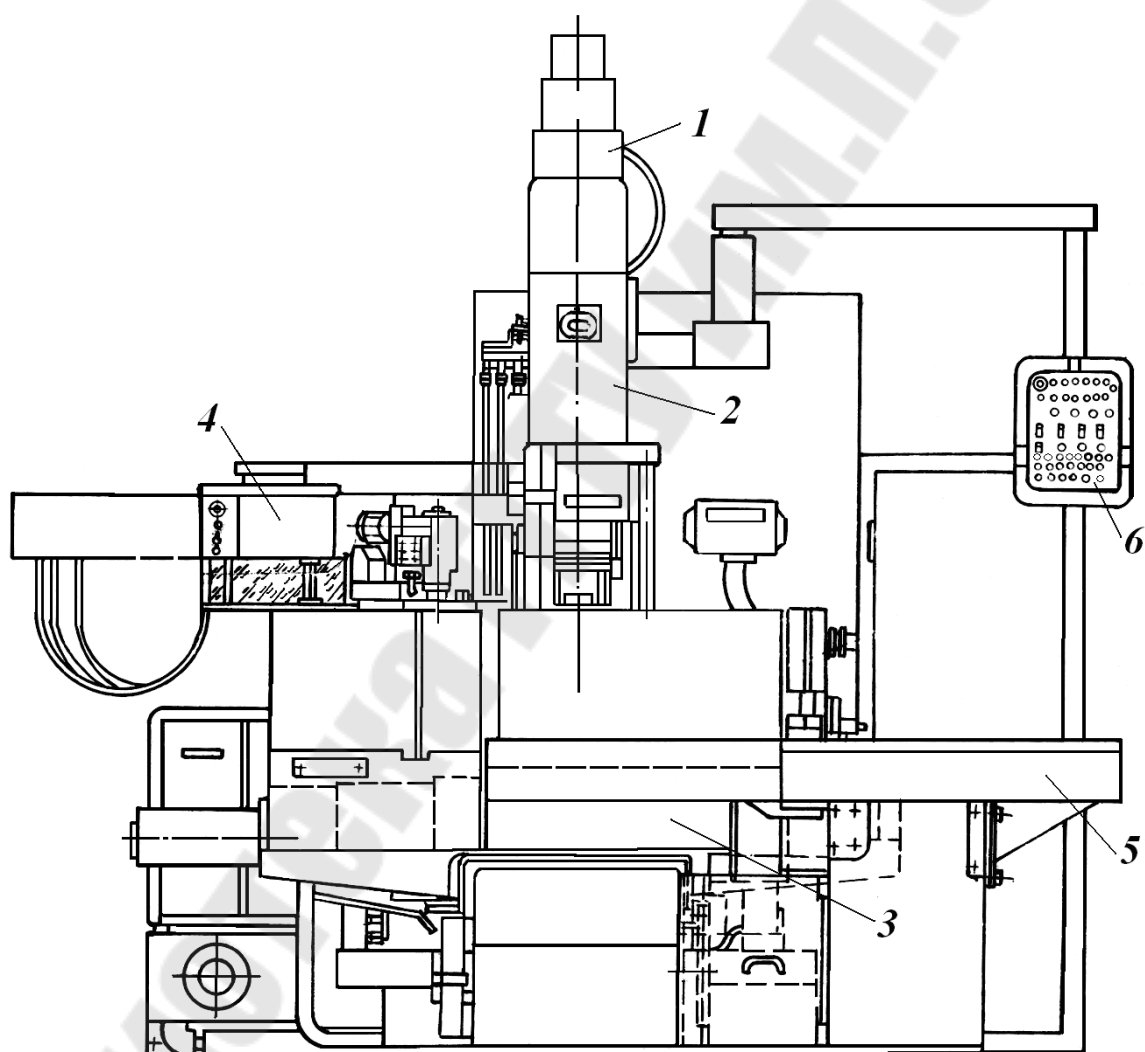


Рис. 6.1. Эскиз общего вида станка 21104П7Ф4

*Бабка шпиндельная* служит для установки в ней режущего инструмента и придания ему главного вращательного движения, которое обеспечивается коробкой скоростей, включающей в себя электродвига-

тель постоянного тока  $I$ , упругую соединительную муфту и блок шестерен 2–3, 4–5, 5–6, 6–7. Наличие блока шестерен обеспечивает возможность регулирования частоты вращения в диапазоне  $D = 100$ . Для переключения блока шестерен перебора на нижней стенке корпуса бабки шпиндельной установлен гидроцилиндр  $10$ . В крайних положениях блок шестерен удерживается при помощи поршневого фиксатора.

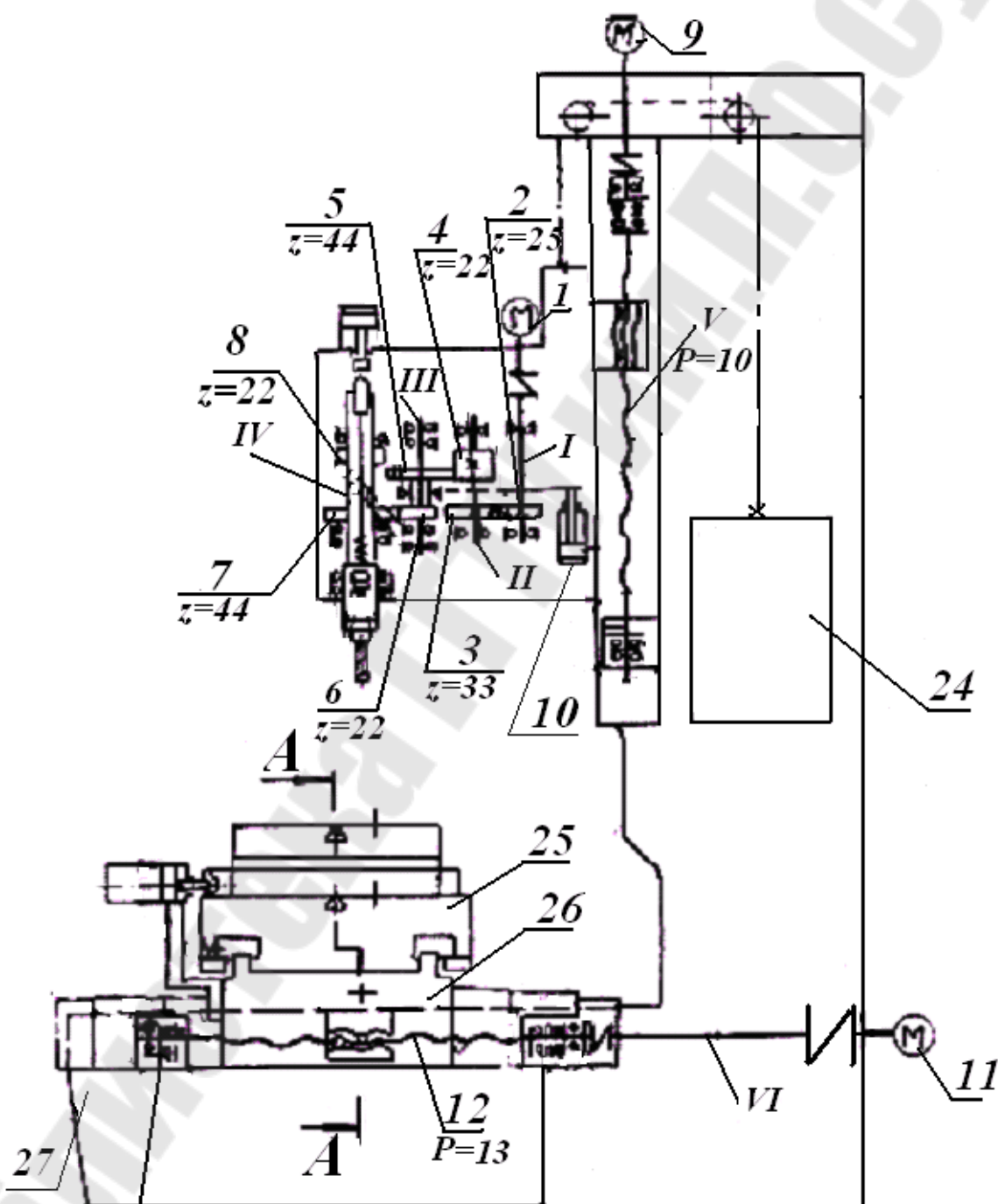


Рис. 6.2. Схема кинематическая принципиальная 21104П7Ф4

*Узел стола крестового* состоит из: стола 25, перемещающегося по направляющим поперечных салазок 26, которые в свою очередь перемещаются по направляющим основания 27. Эти перемещения стола и салазок осуществляются индивидуальными приводами с высокомоментными электродвигателями постоянного тока, содержащими встроенные тахогенераторы, электромагнитный тормоз и датчики перемещений – типа резольвер. Электродвигатели 11, 13 связаны с помощью беззазорных муфт с ходовыми винтами 12, 14, которые передают движение на гайки. В станке для увеличения точности позиционирования и плавности хода используются беззазорные передачи винт–гайки качения.

*Устройство автоматической смены инструмента* работает в автоматическом цикле станка и предназначено для хранения и переноса необходимого инструмента в шпиндель станка и обратно.

Устройство состоит из следующих узлов: магазина инструментов 28, руки 29, подвески руки 30, заслонки, стойки, манипулятора.

*Инструментальный магазин* на 16 инструментов состоит из опорного 28 и запирающего дисков 31, а также механизмов поворотов и захвата инструментов.

Опорный диск имеет 16 гнезд, в которые установлены инструментальные оправки, ориентированные своими пазами по шпонкам.

В магазине кодируются гнезда, т. е. определенный инструмент всегда устанавливается в гнездо, указанное в управляющей программе.

Поворот вала VIII, на котором смонтирован опорный диск 28, производится от гидродвигателя 15 посредством зубчатых колес 16–17, 18–19. Угловая фиксация магазина осуществляется реверсом гидродвигателя привода вращения магазина с помощью шпонок 32, установленных в верхнем диске 33.

При поиске очередного указанного в управляющей программе гнезда под отработавшую оправку гидродвигатель вращает вал VIII по часовой стрелке до совпадения номера гнезда магазина с позицией загрузки.

Рука 29 предназначена для того, чтобы автоматически забирать или оставлять в магазине и шпинделе инструментальную оправку, ориентированно переносить ее к шпинделю и обратно. Рука 29 закреплена на вертикальном валу IX манипулятора и представляет собой плиту 29 с двумя симметрично расположенными захватными устройствами, состоящими из рычага прихвата 34, подпружиненных плунжеров и фиксатора 35, ориентирующего оправку в руке.

*Подвеска 30* руки служит для предохранения руки в случае наезда шпиндельной бабки.



*Манипулятор 36* предназначен для поворота руки. Привод поворота руки состоит из поршня-рейки 20 и вала-шестерни 21. Манипулятор поворачивает руку на 180°, которая упирается в крайних положениях в низковольтные упоры. Гидроцилиндр поворота руки снабжен устройством, обеспечивающим плавное торможение в крайних положениях. Манипулятор перемещается к бабке шпиндельной и обратно к магазину с помощью гидродвигателя 37. Крайние положения поршня ограничиваются упорами и контролируются конечными выключателями.

Для обеспечения установки руки в промежуточном положении «Ожидания» служит гидроупор 38, который посредством штока гидродвигателя смещает руку вправо.

*Устройство автоматической смены заготовок* состоит из следующих узлов: основания, кронштейна, гидроупора механизма поворота, экрана, стойки, приспособления установочного, спутника, привода поворота спутников, цилиндров зажима и разжима спутника, пульта управления УСЗ.

Гидроцилиндр 39 установлен со стороны боковой поверхности корпуса основания и предназначен для гашения скорости поворота спутников в конце хода при переходе на жестокий упор.

Механизм поворота состоит из швеллера 40, установленного на валу привода поворота спутников X. На швеллере крепятся две скалки 41. На каждой скалке закреплена скоба 42, охватывающая по боковым поверхностям спутник. Поворот швеллера осуществляется от шток-рейки 22 через зубчатое колесо 23, жестко связанное со швеллером.

На столе станка установлено приспособление установочное 43, закрепленное на нем сухарями, на верхней плоскости приспособления имеются V-образная и плоская направляющие, по которым вкатывается на приспособление спутник – на роликах 44, 45. Зажим спутника на приспособлении осуществляется четырьмя прихватами 46, на которые через рычаги 47 воздействуют два ползуна 48, соединенных тягой 49 и перемещающихся от гидроцилиндра зажима.

#### *Циклограммы*

##### *Цикл смены инструмента в УАСИ*

Циклограмма работы УАСИ и шпиндельной бабки (рис. 6.3). В процессе обработки заготовки манипулятор с рукой находится в промежуточной позиции «Ожидания», пока магазин ведет поиск следующего инструмента. Затем манипулятор с рукой перемещается к магазину, рука «захватывает» оправку с инструментом и возвращается в позицию «Ожидания».

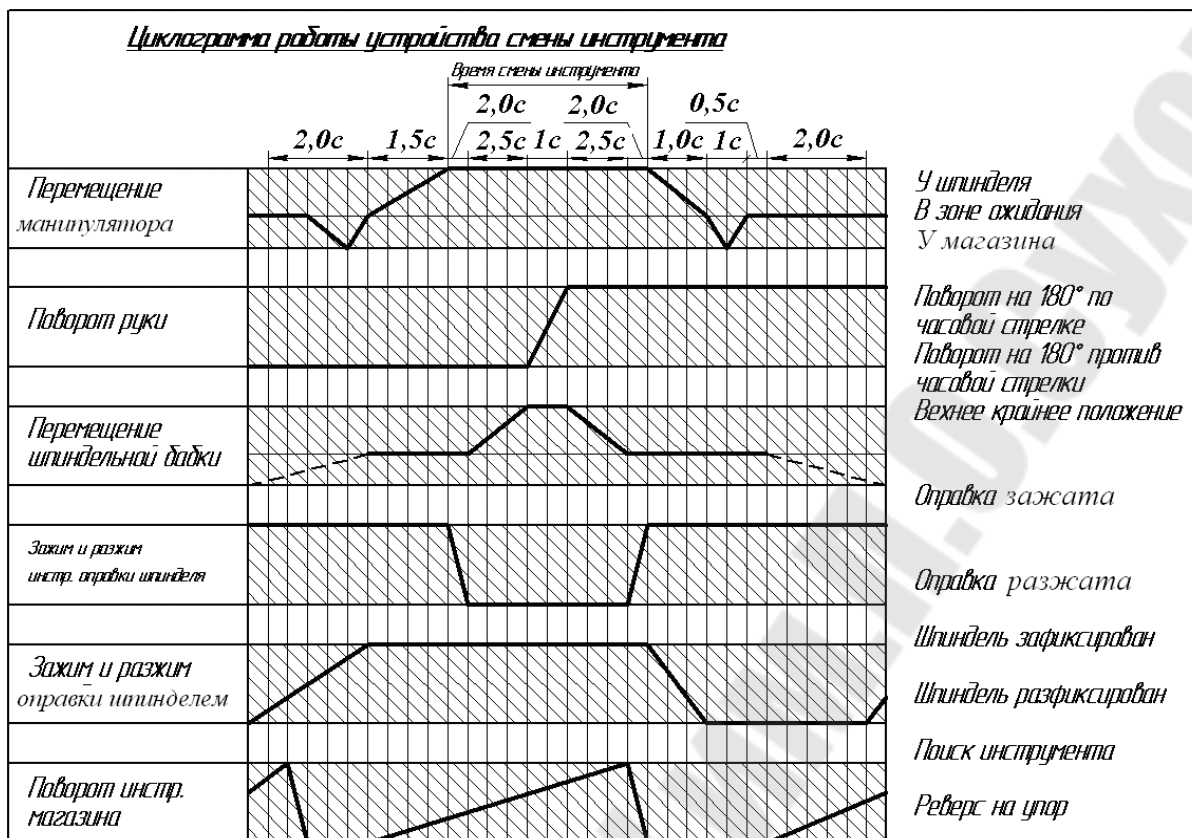


Рис. 6.3. Циклограмма работы устройства смены инструмента

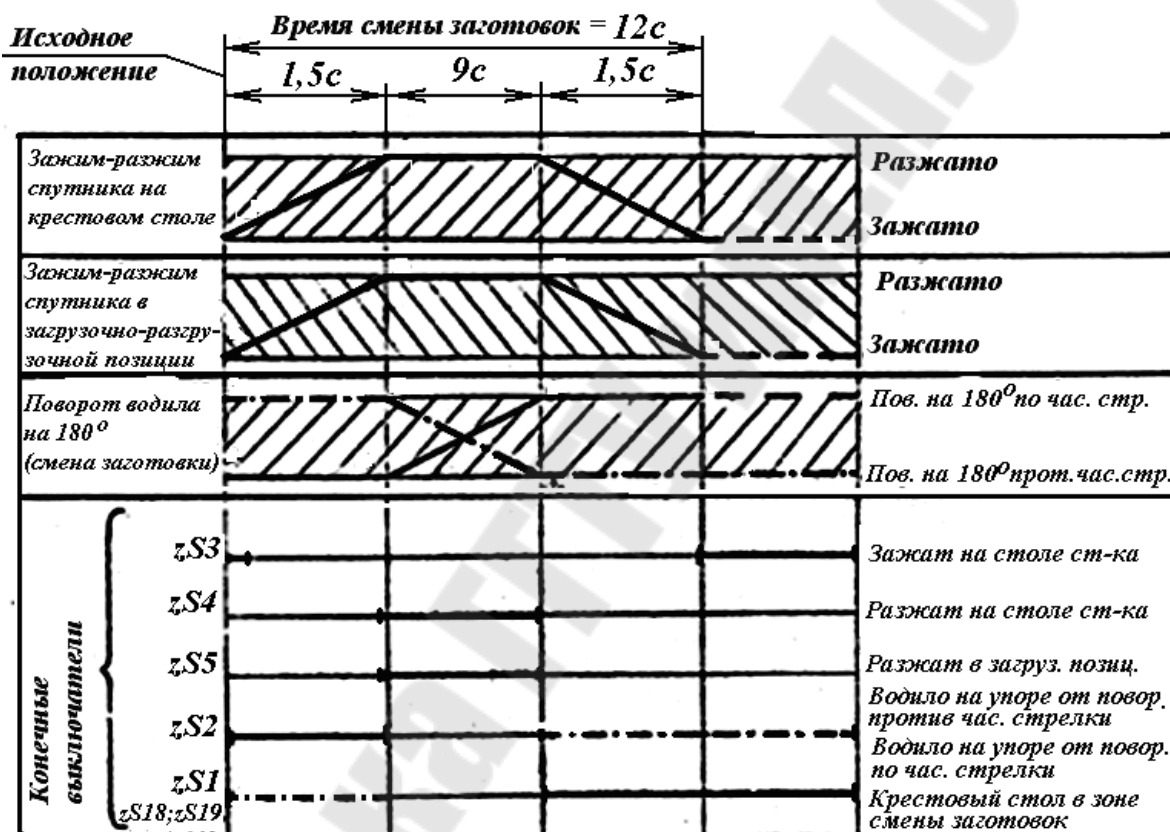
Для осуществления смены инструмента бабка шпиндельная перемещается из зоны обработки детали в позицию смены инструмента, расположенную на 155 мм ниже от «О» координаты «Z». Производится предварительный ориентированный останов шпинделя, а затем его угловая фиксация, разжим и выталкивание инструментальной оправки из конуса шпинделя. Цикл смены инструмента начинается в момент выпадения оправки на заслонку ловителя, что соответствует исходному положению для начала отсчета времени смены инструмента. Манипулятор с рукой перемещается из позиции «Ожидания» в сторону шпинделя. В конце хода рука захватывает оправку и выводит заслонку ловителя из-под бурта оправки на фиксатор. Бабка шпиндельная перемещается вверх по координате «Z» (155 мм), оставляя оправку с отработанным инструментом в руке. Рука поворачивается на 180°, подставляя новую оправку с инструментом под шпиндель. Шпиндельная бабка опускается вниз в позицию смены инструмента. Манипулятор с рукой перемещается к инструментальному магазину, оставляя новую оправку с инструментом на заслонке, которая вводится под бурт оправки. После установки оправки с отработавшим инструментом в гнездо магазина манипулятор с рукой перемещается в позицию «Ожидание», после чего производится зажим

оправки шпинделя. На этом отсчет времени цикла смены инструмента заканчивается. Бабка шпиндельная перемещается в зону обработки детали с новым инструментом.

Время смены инструмента включает в себя время между концом обработки детали «старым» и началом обработки детали «новым» инструментом.

*Цикл смены заготовок установки в УАСЗ*

Циклограмма работы АСЗ и крестового стола представлена на рис. 6.4.



*Крестовый стол в положении смены заготовки, один спутник с отработанной деталью на столе, другой в загрузочно-разгрузочной позиции УСЗ. Спутники зажаты*

Рис. 6.4. Циклограмма работы устройства смены заготовок

Исходным положением работы устройства считается перемещение крестового стола в позицию смены заготовки (спутники зажаты).

Цикл начинается с разжима спутников, при этом спутник с обработанной заготовкой разжимается и расфиксируется на приспособлении установочном, а спутник с установленной «новой» заготовкой разжимается в позиции установки заготовок.

Разжим спутников производится гидроцилиндрами.

После разжима при помощи механизма поворота происходит поворот спутников на  $180^\circ$ , и спутник с «новой» заготовкой устанавливается на приспособлении установочном, а спутник с обработанной заготовкой устанавливается на плиту в зону установки заготовок.

После окончания поворота спутники на приспособлении установочном и в позиции установки заготовки зажимаются. На этом цикл смены заготовки заканчивается.

### **Основные узлы станка**

#### *Колонна*

Агрегатированный модуль колонны предназначен для установки, перемещения и уравнивания бабки шпиндельной.

Колонна станка – чугунная отливка коробчатой формы, по накладным стальным закаленным направляющим перемещаются салазки с закрепленной шпиндельной бабкой. Электродвигатель привода перемещения салазок установлен на корпусе, закрепленном к верхней плоскости колонны. В корпусе расположены четыре опорных ролика цепи противовеса.

*Бабка шпиндельная* (рис. 6.5) служит для установки в ней режущего инструмента и придания ему вращательного движения.

Корпус шпиндельной бабки представляет собой чугунную отливку *1* коробчатой формы, в которой размещены шпиндель и коробка скоростей.

Шпиндель *2* полый с коническим отверстием и двумя шпонками на торце. Инструментальная оправка *3* крепится в шпинделе посредством шарикового зажима. Шарики *4* расположены в отверстиях штока *5*, который затягивает оправку за хвостовик с помощью тарельчатых пружин *6*. Механизм зажима оправки расположен в цилиндрическом отверстии шпинделя.

В цилиндрическое отверстие верхнего конца шпинделя по посадке установлена вал-шестерня *7*, второй конец которой опирается на шарикоподшипник *8*, установленный в корпусе бабки шпиндельной. На хвостовой части вала-шестерни закреплен фланец *9* с лепестком взаимодействия, который с бесконтактными выключателями обеспечивает предварительный ориентированный останов шпинделя в заданном положении. Точный доворот и фиксация шпинделя в нужном положении осуществляется механизмом фиксации. Механизм состоит из гильзы, поршня, который перемещает шток *12* с укрепленной на нем вилкой *13*. Вилка установлена в строго определенное положение, удерживается от проворота и направляется пальцем. Вилка перемещается вниз после предварительного останова шпинделя электродвигателем по конечным выключателям.

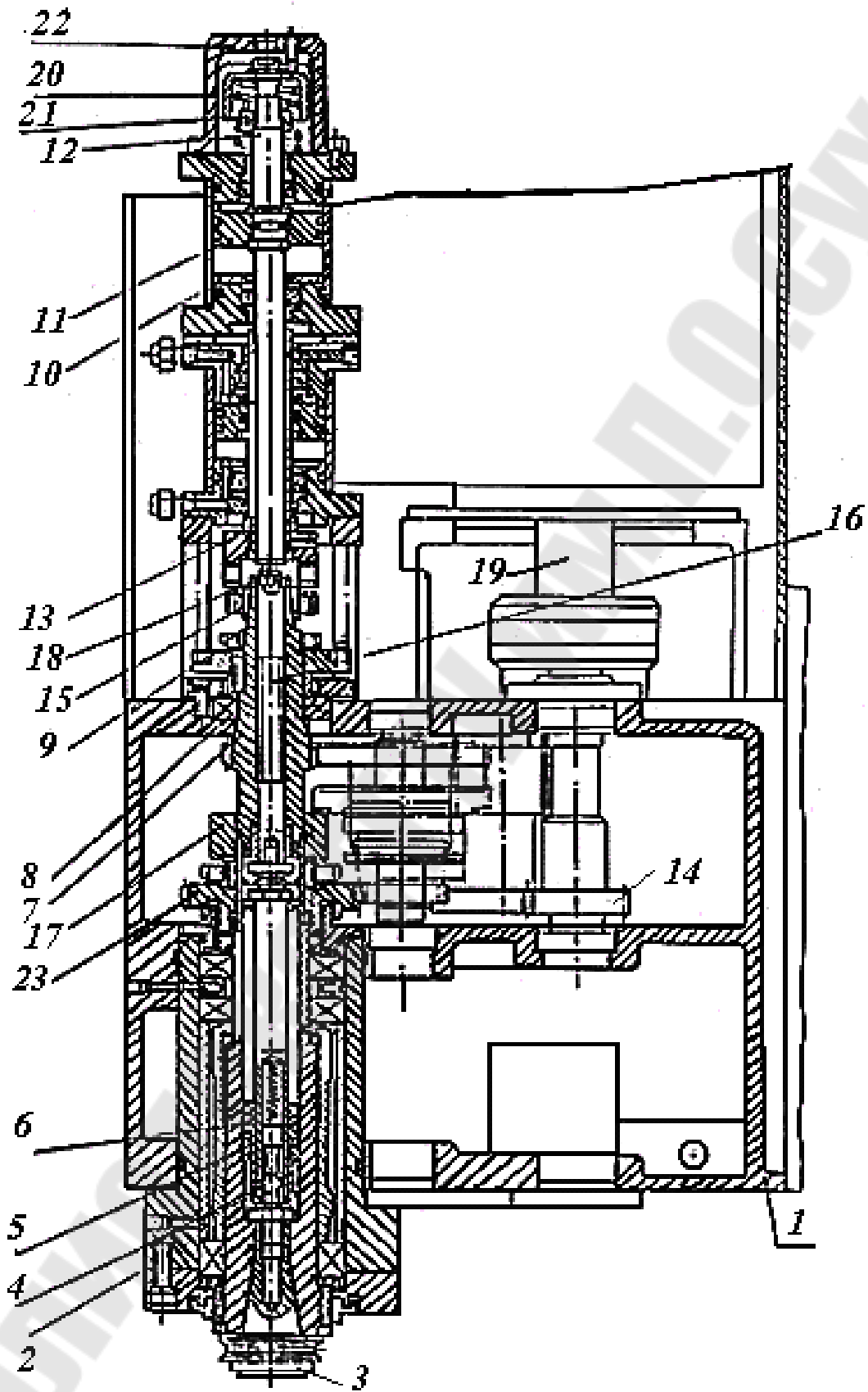


Рис. 6.5. Бабка шпиндельная

В этом случае выступы крестовины 15 располагаются против призматических пазов 13. Крестовина 15 связана со шпинделем 2 посредством толкателя 16, вала-шестерни 7 и шлицевой муфты 17.

Вилка захватывает крестовину 15 и скосами доворачивает при необходимости шпиндель в нужное положение и удерживает его от проворота.

Дальнейшим движением штока 12 поверхностью пятки 18 перемещает толкатель 16, и шток 5 производит раскрытие шарикового зажима, посредством которого оправка крепится в шпинделе.

Разжим инструмента происходит с помощью механизма разжима, который состоит из гильзы 10, поршня 11. После доворота и фиксации шпинделя в нужном направлении поршень 11 своим движением перемещает шток 12, который входит в контакт со сферической поверхностью пятки 18, перемещает толкатель 16 и шток 5, в результате чего раскрывается шариковый зажим, посредством которого оправка крепится в шпинделе. Происходит разжим, а в конце хода – выталкивание оправки из конуса шпинделя.

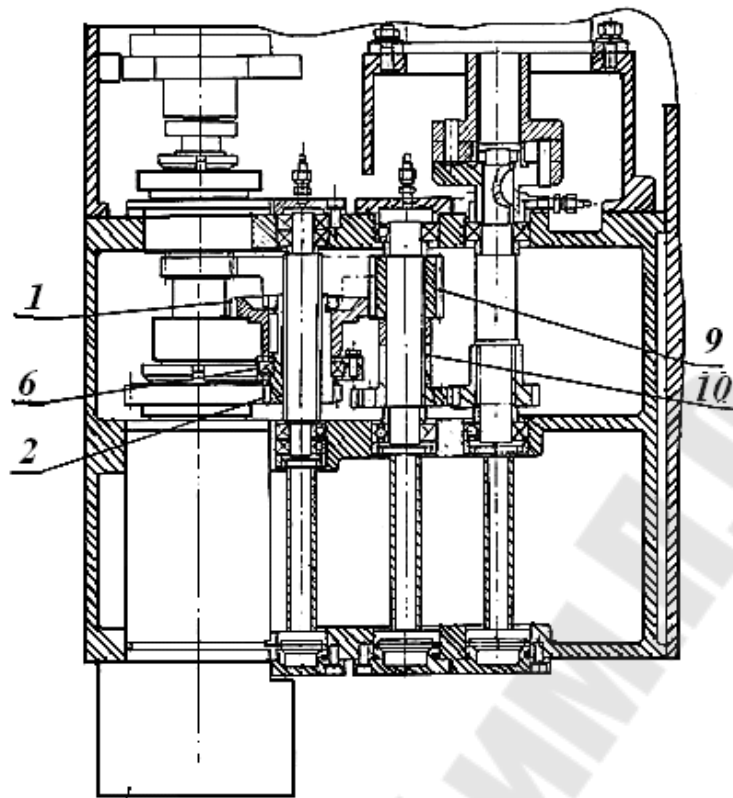
Наличие пружины 20 исключает возможность произвольного опускания подвижных частей механизма в случае отсутствия давления в гидросистеме. Крайнее нижнее положение поршня регулируется гайкой 21. Используя резьбовое отверстие в гайке 22, можно при отсутствии давления в гидросистеме произвести разжим оправки в шпинделе.

#### *Коробка скоростей*

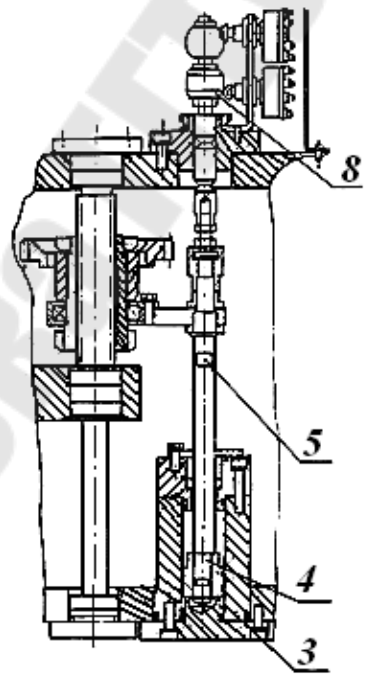
Двухступенчатая коробка скоростей (рис. 6.6) распложена в корпусе бабки шпиндельной и состоит из электродвигателя постоянного тока, упруго-соединительной муфты и блока шестерен 1 и 2. Наличие шестерен обеспечивает возможность регулирования частоты вращения шпинделя диапазона  $D = 100$  с максимальным использованием работы двигателя с постоянной мощностью.

Число зубьев шестерен блока 1 и 2 и шестерен шпинделя подобраны таким образом, чтобы переключение можно было производить в определенном ориентированном положении шпинделя. При этом против впадины на шестерне, закрепленной на шпинделе, всегда располагаются зубья подключаемого блока шестерен.

Смазка шестерен и опор валов коробки скоростей производится поливом масла. Масло подается от станции смазки. Для переключения блока шестерен перебора на нижней стенке корпуса бабки шпиндельной установлен гидроцилиндр 3.



a)



б)

Рис. 6.6. Эскиз коробки скоростей:  
 а – развертка; б – механизм переключения скоростей

Механизм переключения скоростей состоит из поршня 4 и штока 5, который связан с рамкой 6, расположенной на блоке шестерен.

В крайних положениях блок шестерен удерживается при помощи шарикового фиксатора. Размер хода блока нерегулируем и определяется величиной хода поршня.

В крайнем положении упор 8 нажимает на конечные выключатели контроля работы механизма.

*Стол крестовый агрегатный* предназначен для перемещения обрабатываемой детали, установленной на рабочей поверхности стола, в продольном и поперечном направлении. При этом стол крестовый обеспечивает быстрое перемещение, позиционирование в заданных координатах, а также рабочую подачу обрабатываемого изделия при фрезеровании.

Комплекс стола крестового агрегатного состоит из следующих узлов:

- стол;
- привод продольного перемещения;
- привод поперечного перемещения;
- защита продольных направляющих;
- защита поперечных направляющих;
- подвод смазки и отвод СОЖ;
- электрооборудование стола;
- подвод питания.

*Стол* (рис. 6.7)

Узел «Стол» состоит из следующих основных частей:

- стола 4, перемещающегося в продольном направлении по направляющим салазок;
- салазок 5, перемещающихся в поперечном направлении по направляющим основания;
- тумбы 6, при помощи которой осуществляется стыковка стола крестового с колонной, несущей шпиндельную бабку и другие узлы станка.

Перемещение стола и салазок по направляющим осуществляется индивидуальными приводами с высокомоментными электродвигателями постоянного тока.

В столе крестовом применены плоские направляющие скольжения с покрытием из специальной пластмассы – наполненного фторопласта (композиция Ф4К15М5 ТУ6-05-1412–76), имеющей малый коэффициент трения, способность к гашению колебаний, обеспечивающей легкое страгивание и бескачковый останов перемещающихся систем. При



этом пластинами из фторопласта в каждой паре трения выступают направляющие верхней детали, т. е. направляющие стола и нижние направляющие салазок. Фторопластовыми пластинами оснащены также клинья и контактирующие с закраинами направляющих планок. Фторопластовые направляющие стола и салазок работают в паре с накладными стальными закаленными направляющими, соответственно, салазок и основания.

Применение таких направляющих обеспечивает повышение плавности перемещений стола и салазок, точности их позиционирования, снижение мощности привода подач и быстроту перемещений.

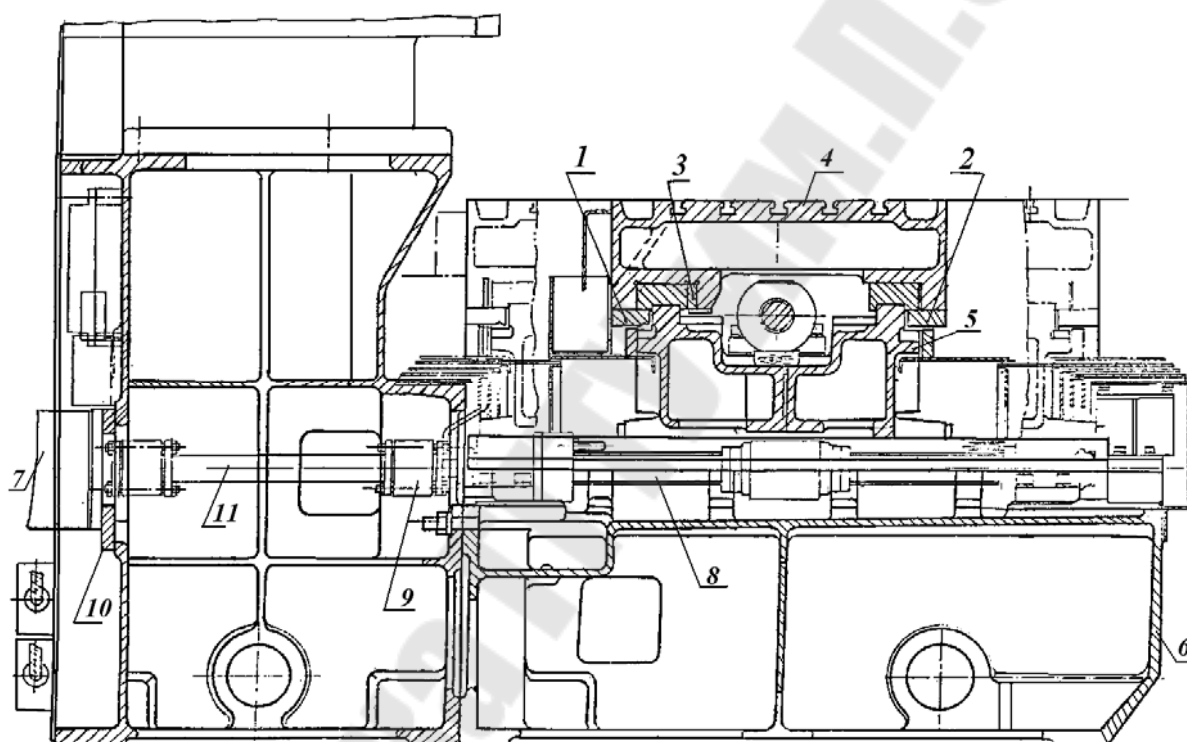


Рис. 6.7. Эскиз стола крестового агрегатного

В столе крестовом агрегатном отношение ширины основания к длине рабочей поверхности стола принято равным 1,0 и для перемещения салазок на основании предусмотрены три направляющие (средняя – по оси шпинделя). При этом достаточно широкое основание обеспечивает повышение жесткости консольной части салазок, а осевая составляющая усилия резания на вертикальном одношпиндельном станке воспринимается средней направляющей основания при любом положении салазок.

На передней стенке салазок крепится кронштейн с блоком путевых микровыключателей, которые:

- ограничивают перемещение стола вправо и влево, обеспечивая аварийное торможение привода и останов стола – в случае, когда в связи с ошибкой в программе или по другим причинам стол перемещается дальше крайнего рабочего положения, определяемого устройством ЧПУ;

- обеспечивают аварийное отключение электропривода до остановки стола на жестком упоре – в случае, если по какой-либо причине не сработало аварийное включение привода, управляемое микровыключателями;

- в режиме установки 0 (нулей) выдают команды на двухступенчатое снижение скорости при подходе к положению «0 координат», которое соответствует крайнему левому рабочему положению стола;

- при остановке стола в крайнем правом положении выдают команду, необходимую для управления работой «Устройство смены заготовок» (УСЗ).

Упоры, воздействующие на вышеупомянутые путевые микровыключатели, установлены на передней плоскости стола.

На левой стенке основания также закреплен кронштейн с блоком путевых микровыключателей, выполняющих при перемещении салазок те же функции, что и функции, выполняемые упомянутыми выше микровыключателями при перемещении стола.

При этом положение «ноль координат» соответствует крайнему переднему рабочему положению салазок, а команда на «Устройство смены заготовки» выдается также в переднем крайнем рабочем положении салазок.

Направлявшие стола и салазок, а также приводы продольного и поперечного перемещения закрыты телескопической защитой.

#### *Приводы продольного и поперечного перемещений*

Кинематика привода благодаря использованию регулируемых электродвигателей предельно простая: электродвигатели 7 установлены на осях соответствующих ходовых винтов 8 и связаны с ходовыми винтами с помощью муфты 9, обеспечивавших беззазорное соединение вала электродвигателя с ходовым винтом (рис. 6.7).

Привод продольного перемещения размещен на салазках, а привод поперечного перемещения – на основании.

Электродвигатель привода продольного перемещения закреплен к корпусу опоры ходового винта и непосредственно соединен с ходовым винтом при помощи беззазорной муфты.

Электродвигатель привода поперечного перемещения закреплен к подmotorной плите 10, которая установлена на задней стенке тумбы. Вращение от электродвигателя передается ходовому винту через промежуточный вал и две соединительные беззазорные муфты 9 (рис. 6.7).

С целью обеспечения необходимой точности позиционирования в качестве винтовых пар приводов использованы пары «винт-гайка качения».

#### *Устройство автоматической смены инструмента*

Агрегатный узел (модуль) «Устройство автоматической смены инструмента» работает в автоматическом цикле станка, управляется УЧПУ и предназначен для хранения и переноса необходимого инструмента из магазина в шпиндель станка и обратно. Он состоит из следующих узлов (рис. 6.8): магазина инструментов 1, руки 2, пружинной подвески руки 3, заслонки кулака 5, стойки 6, манипулятора 7.

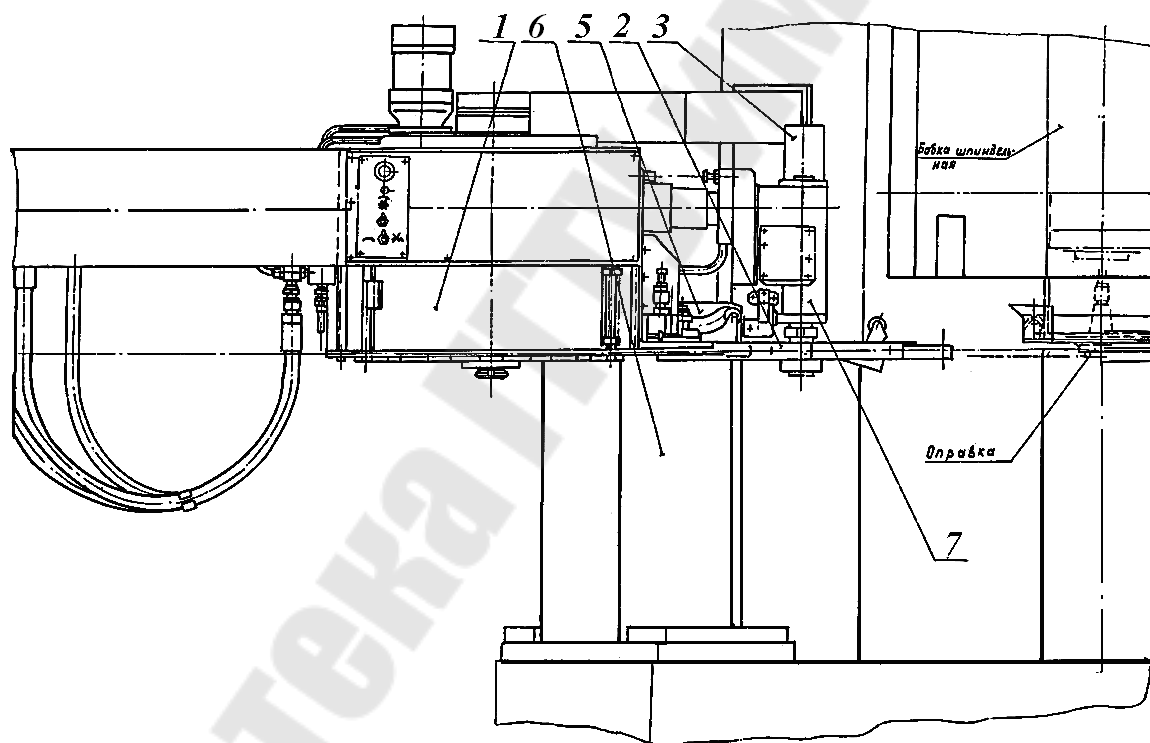


Рис. 6.8. Эскиз устройства автоматической смены инструментов

#### *Магазин инструментов (рис. 6.9)*

Магазин инструментов установлен слева от станка на стойке, закрепленной к фундаменту. Инструментальный магазин на 16 инструментов состоит из опорного 1 и запирающих дисков 2, а также механизмов поворота, фиксации и захвата инструмента.

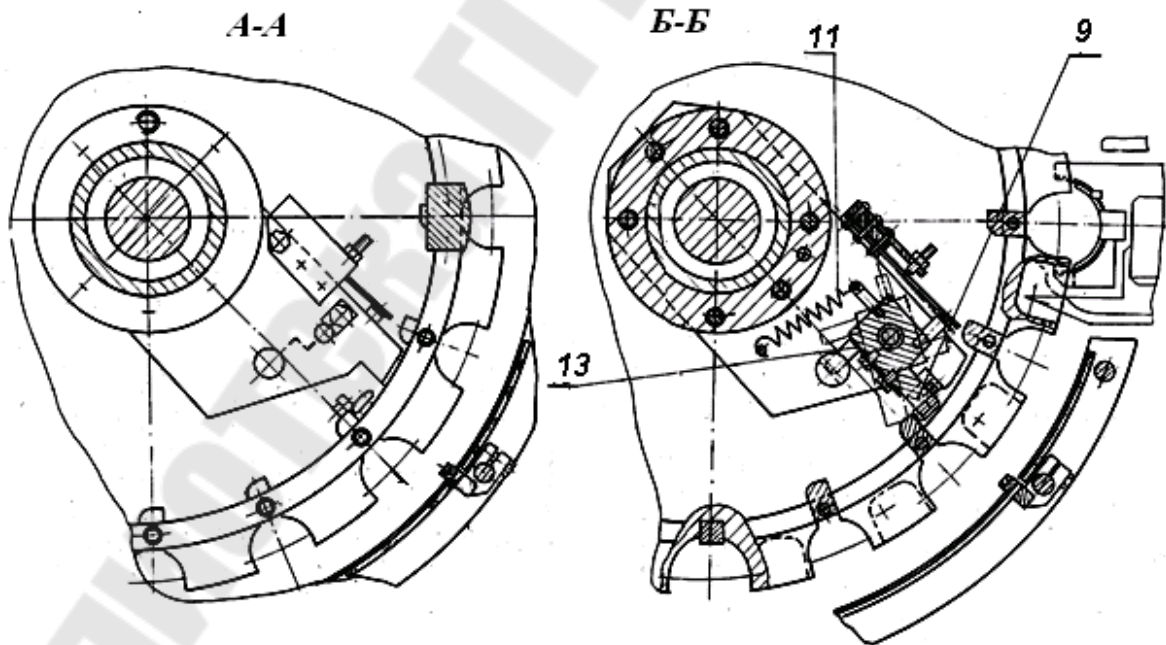
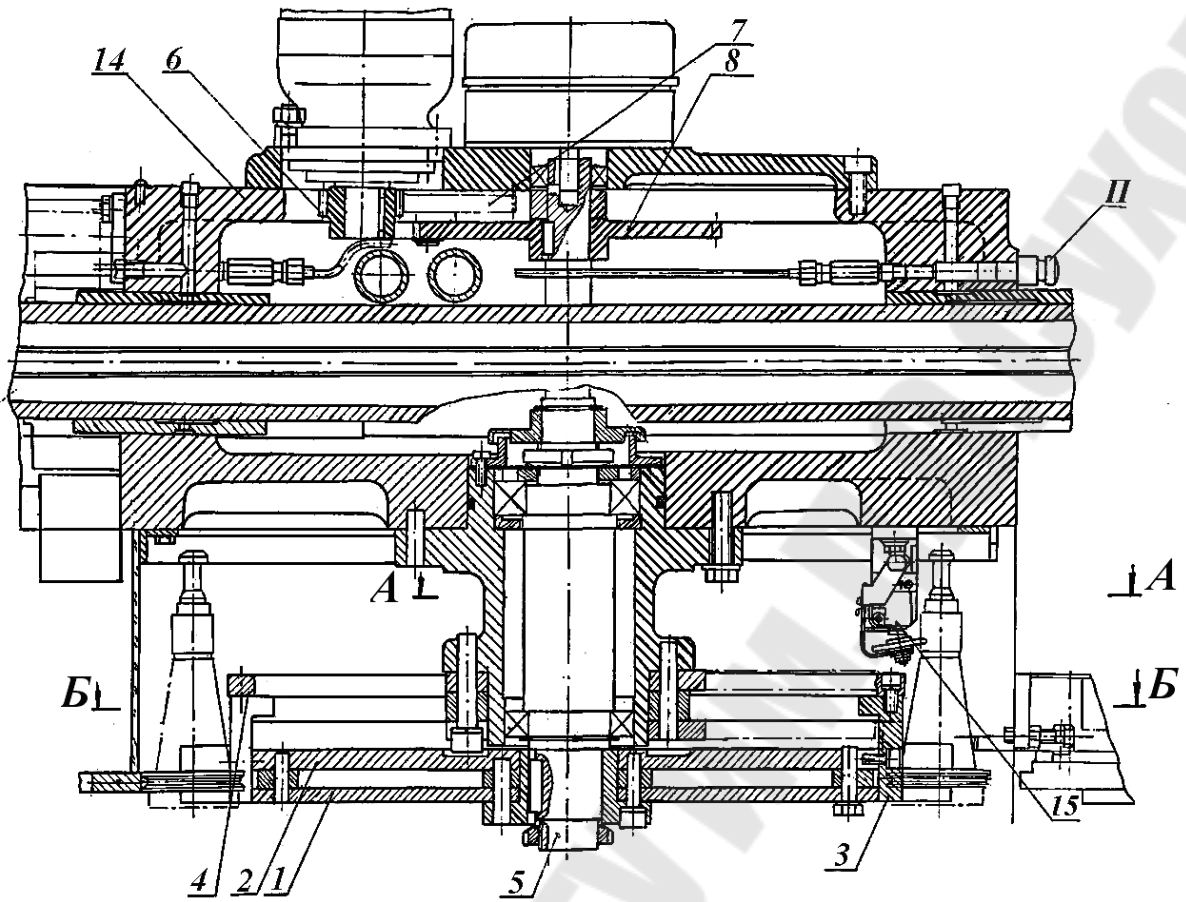


Рис. 6.9. Эскизы магазина инструментов

Опорный диск 1 с вертикальной осью вращения имеет 16 гнезд (радиальных пазов), в которые устанавливаются инструментальные оправки. Последние ориентируются своими пазами по шпонкам 3, закрепленным в диске 2 и кольце 4. В магазине кодируются гнезда, т. е. определенный инструмент всегда устанавливается в гнездо, указанное в управляющей программе (УП). Выбор и перенос нужного инструмента в позицию ожидания осуществляется по программе. Поворот вала 5, на котором смонтирован опорный диск, производится от гидродвигателя посредством зубчатых колес 6–7, 7–8. Угловая фиксация магазина осуществляется реверсом гидродвигателя привода вращения магазина с помощью шпонок 3, установленных на верхнем диске 2. При поиске очередного указанного в УП гнезда под отработавшую оправку гидродвигатель вращает вал 5 с опорным диском 1 по часовой стрелке до совпадения номера гнезда магазина с позицией загрузки.

Шпонки 3 своим выступом поворачивают откидную подпружиненную собачку – упор 9 – вокруг оси. При дальнейшем повороте собачка соскальзывает с выступа на шпонке и под действием пружины параллельно прижимается к упорам, при этом лепесток 13 входит в прорезь конечного выключателя и подает команду на реверс.

Реверс произойдет только в том случае, когда придет команда от датчика положения о том, что нужная оправка (или гнездо) пришла в позицию загрузки. Реверс происходит до тех пор, пока шпонка 3 не упрется в собачку. На этом поиск нужной оправки или гнезда заканчивается.

В нижней плоскости корпуса 14 в позиции загрузки закреплен кронштейн, несущий конечный выключатель (геркон-магнит). Этот выключатель включен при наличии оправки в позиции загрузки и выключен при ее отсутствии. Выключатель отключает цепь в случае отказа в работе механической руки. Он предотвращает аварийные ситуации в случае неправильной работы магазина. При наличии оправки в руке манипулятора получает разрешение на перемещение магазина только в том случае, если в позиции загрузки находится пустое гнездо под оправку.

Регулировка соосности руки и оси шпинделя производится в продольном направлении – регулировкой упорных болтов и в поперечном – подшлифовкой компенсаторов.

#### *Гидросистема станка*

Схема гидравлическая принципиальная дана на рис. 6.10. Гидропривод станка обеспечивает работу модулей станка:

а) устройства смены инструмента – вращение магазина с инструментами, подвод-отвод руки манипулятора к шпиндельной бабке

и магазину, выстайвание манипулятора в зоне ожидания, поворот руки манипулятора на 180°;

б) шпиндельной бабки – переключение скоростей вращения шпинделя, разжим инструмента и фиксация шпинделя;

в) устройства смены заготовок – поворот механизма загрузки на 180°, зажим-разжим слутника в зоне загрузки на приспособлении.

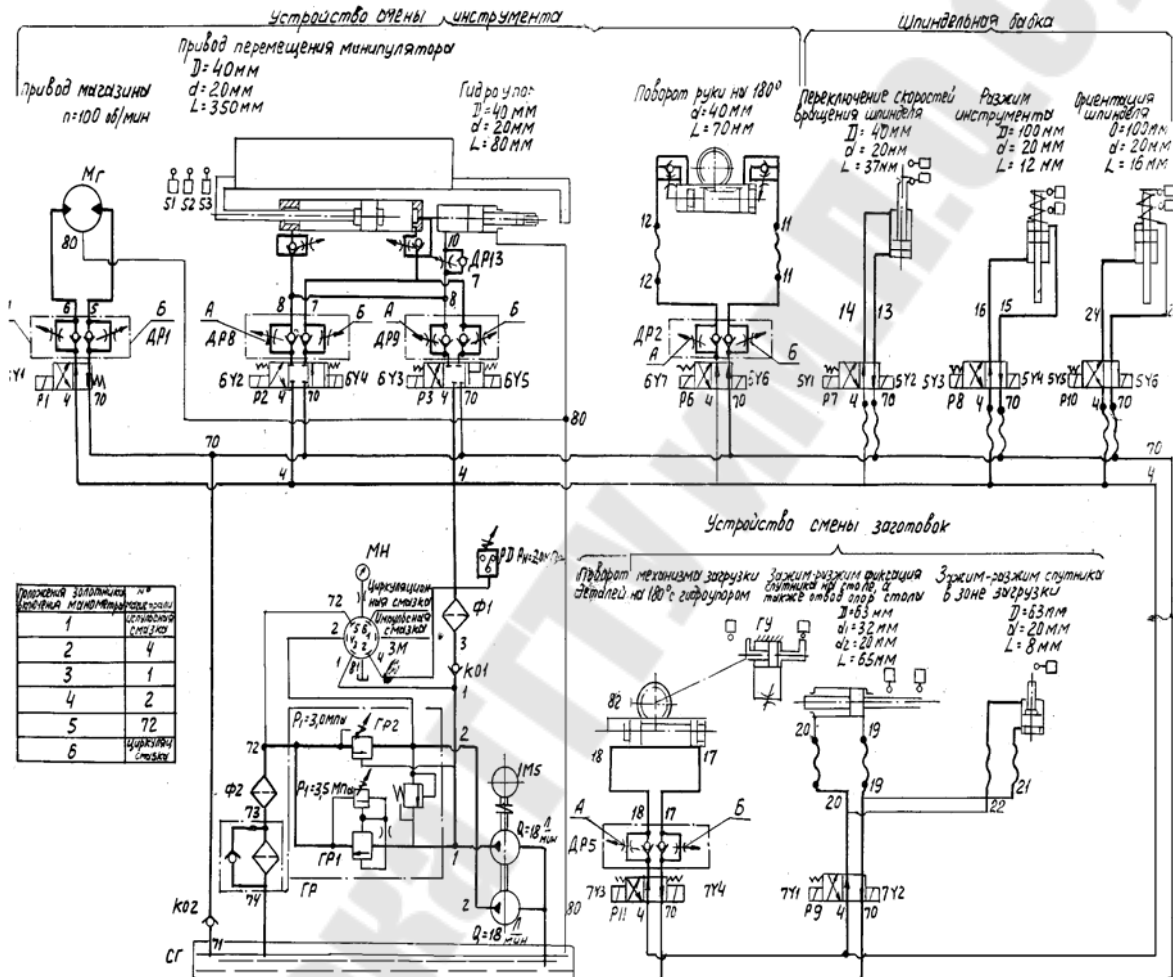


Рис. 6.10. Схема гидравлическая принципиальная

Гидростанция состоит из бака сварной конструкции с верхней плитой. На бобышках верхней плиты закреплен шкаф. На вертикальном щите шкафа установлены гидрпанель разделительная МПГ53-14, реле давления Г62-21М, два фильтра тонкой очистки, а также манометр и золотник включения манометра.

В верхней части шкафа установлены воздушный теплообменник, предназначенный для охлаждения масла, и электрическая клеммная коробка.

Насосная установка, размещенная за щитом, представляет собой лопастной сдвоенный насос производительностью  $Q_1 = 18$  л/мин и  $Q_2 = 18$  л/мин.

Кроме того, на верхней плите гидробака установлены станция импульсной смазки И-ЦСЭ-2,5 и станция циркуляционной смазки С-4814А. Выводы труб от указанных станций и гидропанели МПГ53-14 расположены на верхней крышке гидроагрегата и частично на боковой стенке и каркасе шкафа гидростанции. Трубопроводы соединяют станцию гидропривода с модулями и узлами станка при помощи стальных труб и гибких шлангов.

В узлы входят панели с распределительной и регулирующей гидроаппаратурой, что делает соответствующие модули полностью автономными узлами станка и обеспечивает быстрое действие срабатывания исполнительных механизмов.

### **Наладка станка**

#### **Назначение пульта управления станка 21104П7Ф4**

Пульт управления предназначен для оперативного управления станком (рис. 6.11 и 6.12). Назначение органов управления пульта (рис. 6.12) приведено в табл. 6.1.

Таблица 6.1

### **Органы управления**

<b>Позиция</b>	<b>Назначение</b>
1	Лампочка «Сеть»
2	Лампочка «ЧПУ включено»
3	Лампочка «Нет готовности»
4	Лампочка «Исходное положение по оси X»
5	Лампочка «Исходное положение по оси Y»
6	Лампочка «Исходное положение по оси Z»
7	Лампочка «Блок шестерен вверх»
8	Лампочка «Программа отрабатывается»
9	Лампочка «Гидравлика включена»
10	Лампочка «Фильтр засорен»
11, 12, 13	Лампочки «Перегрузка приводов по координатам» XYZ
14	Лампочка «Блок шестерен вниз»
15	Кнопка «Прерывание подачи»
16	Кнопка «Гидравлика включена»

Позиция	Назначение
17	Кнопка «Гидравлика выключена»
18	Кнопка «Пуск программы»
19	Кнопка «Прерывание программы»
20	Переключатель режимов «Программа–наладка–выход в нуль»
21	Переключатель «Выбор оси»
22, 23	Кнопки «Перемещение по оси + и –»
24	Тумблер «Местное освещение»
25	Лампочка «Вращение магазина»
26, 27	Лампочки «Инструмент в шпиндельной бабке разжат и зажат»
28	Лампочка «Рука манипулятора у магазина»
29	Лампочка «Рука манипулятора в исходном положении»
30	Лампочка «Рука манипулятора у шпиндельной бабки»
31	Лампочка «Поворот руки до упора»
32	Лампочка «Шпиндельная бабка в зоне смены инструмента»
33	Тумблер «Вращение магазина»
34	Тумблер «Зажим-разжим инструмента в шпиндельной бабке»
35	Тумблер «Перемещение руки манипулятора к магазину»
36	Тумблер «Перемещение руки манипулятора в среднее положение»
37	Тумблер «Перемещение руки манипулятора к шпиндельной бабке»
38	Тумблер «Поворот руки до упора»
39	Лампочка «Исходное положение УАСЗ»
40	Лампочка «Смена заготовок»
41	Тумблер «Работа с УАСЗ»
42	Тумблер «Зажим-разжим спутников»
43	Тумблер «Поворот спутников»
44	Кнопка «Разрешение смены заготовок»
45	Кнопка «Отмена разрешения смены заготовок»
	<i>Пульт управления УАСИ (рис. 6.11)</i>
1	Кнопка «Аварийный стоп»
2	Лампочка «Вращение магазина»
3	Тумблер «Вращение магазина»
4	Тумблер «Блокировка вращения магазина»



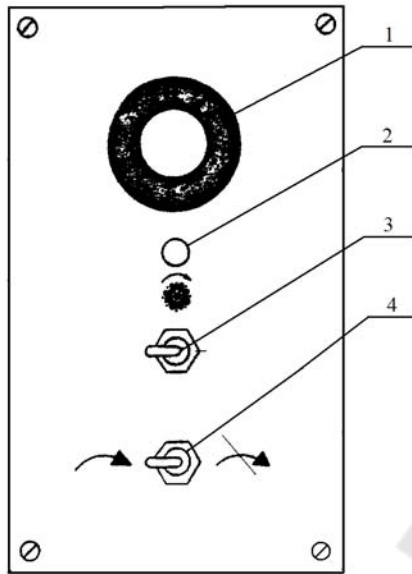


Рис. 6.11. Пульт управления УАСИ

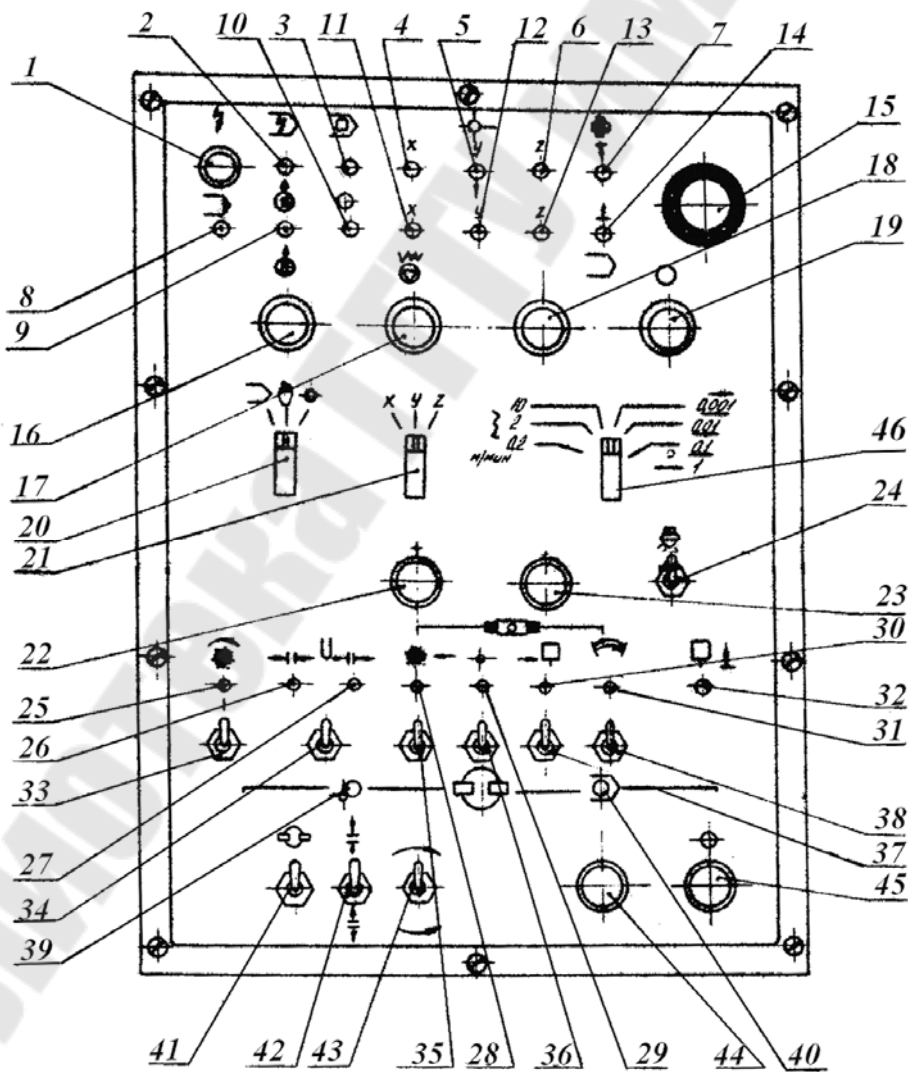


Рис. 6.12. Пульт управления

Для управления перемещения рабочих органов станка в комплект обрабатывающего центра включено устройство ЧПУ типа 2С42, пульт управления которого приведен на рис. 6.13.

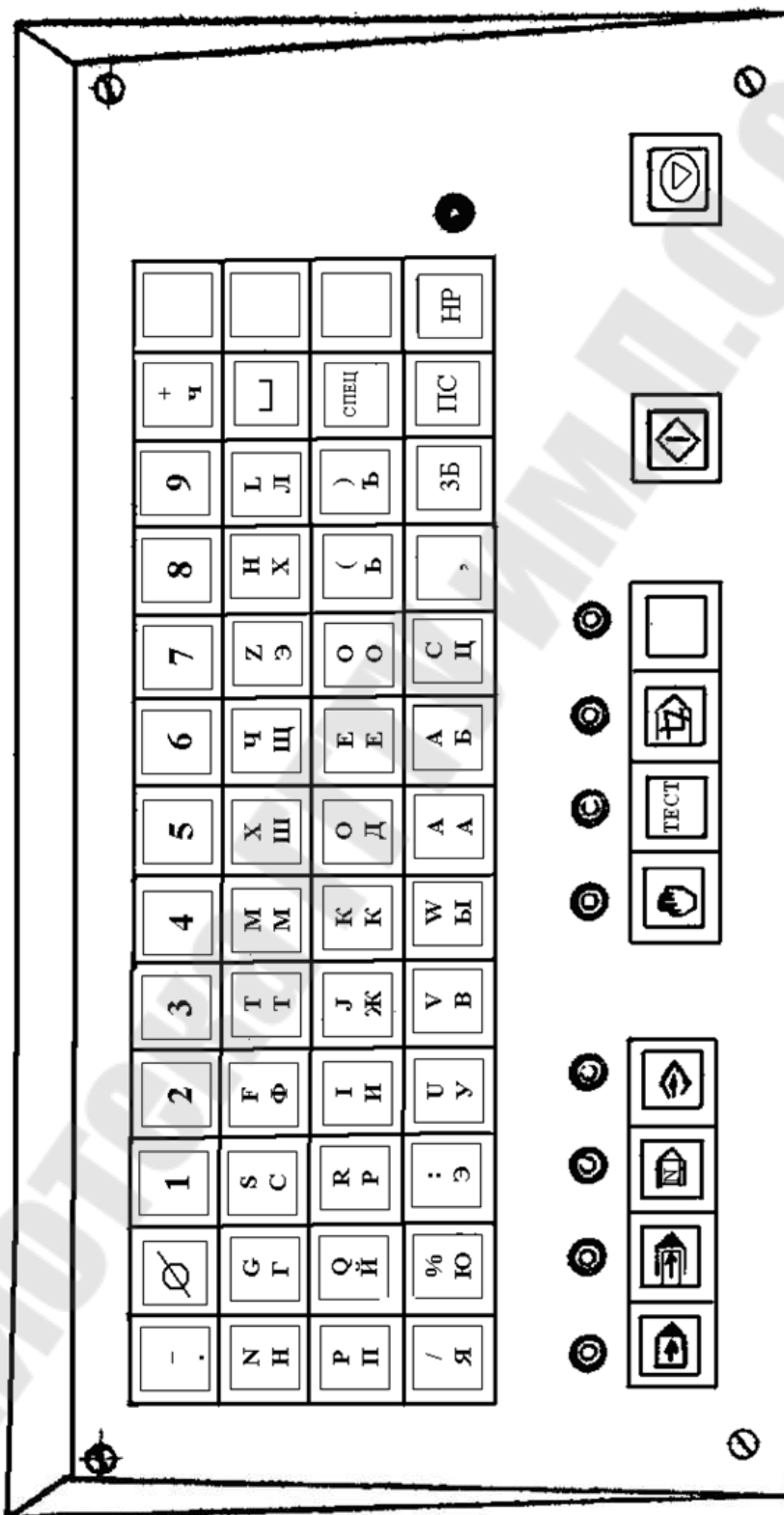




Рис. 6.13. Пульт управления













Клавиатура пульта управления имеет два регистра – нижний и верхний. На нижнем регистре расположены буквы русского алфавита и · (точка), на верхнем – буквы латинского алфавита и знаки +, −, ) , (, %, :, /. Имеется клавиша переключения регистров . Положение клавиши индицируется светодиодом, который расположен рядом с этой клавишей. Если светодиод горит, то включен нижний регистр.

Кроме того, клавиатура имеет клавиши, которые не различают верхний и нижний регистры. Это клавиши с цифрами от 0 до 9,  (пробел): СПЕЦ, ПС (конец кадра), ЗБ (забой), , (запятая).

На клавиатуре пульта введены специальные символы, значения которых введены в табл. 6.2.

Таблица 6.2


### Органы управления

Символ	Значение символа
	Кнопка включения питания устройства
	Кнопка отключения питания устройства
	Кнопка сброс
	Клавиша ПУСК
	Клавиша СТОП
<b>Режимные клавиши</b>	
	Автоматический
	Покадровый
	Поиск кадра
	Ввод
	Ручное управление
	Тестовый контроль
	Редактирование


Рассмотрим более подробно работу системы в каждом режиме (см. табл. 6.2).


#### Режимы работы УЧПУ


##### 1. Работа в автоматическом режиме

Для работы в автоматическом режиме необходимо нажать клавишу , если отработка допустима, загорается красный светодиод,


если нет – то зеленый, в случае необходимости работы с ПЗУ оно подключается. Если в программе обработки используются подпрограммы, то они должны быть введены в память устройства до выбора автоматического режима. Коррекция на размер инструмента должна быть введена до выбора автоматического режима. До начала обработки должны быть выбраны подрежимы *UI, UP, UT, UX, UY* (табл. 6.3).

На пульте устройства имеется два переключателя для оперативной коррекции режимов резания: *F %*, *S %*. Информация о них воспринимается только в процессе отработки программы и при наличии функций *G20, G21, G22, G23*. Отработку программы можно прервать, нажав клавишу . По завершении всех функций остановка погаснет красный светодиод и загорится зеленый. Возможен переход в ручной режим и перемещений рабочего органа станка (РО). Недопустим переход в режимы редактирования и ввода для исправления программы, недопустим ввод кадра в ручном режиме и отработки его.



После нажатия клавиши  отработка продолжается с того места, на котором она была прервана, при этом проверяется отклонение РО станка от той точки траектории, на которой была прервана отработка. Если отклонение по какой-либо координате превышает 0,01 мм, то происходит возврат рабочего органа на траекторию и продолжается отработка программы, поэтому необходимо установить РО станка таким образом, чтобы не произошло врезания в деталь.

При программировании функций *M00, M01, M02, M30* отработка программы прекращается и на экране высвечивается: *?M00, ?M01, ?M02, ?M30*. Если произошел останов по функциям *M02, M30*, то после нажатия клавиши  отработка программы будет начинаться сначала.

Если после прерывания отработки программы необходимо начать ее сначала или с произвольного кадра, то надо использовать режим «Поиск кадра».

Переход в другой режим работы возможен, если не происходит обработка. Если программа обрабатывается, то надо нажать клавишу  и после завершения остановки выбрать другой режим. Переход в покадровый режим возможен всегда.

Для нормальной работы в автоматическом режиме привода подачи должны быть отрегулированы таким образом, чтобы обрабатывать рас-согласование в одну дискрету. Если это условие не выполнено, тогда




















не будет завершаться возврат на контур после нажатия клавиши  и , возможно запрещение перехода к следующему кадру. Аналогичная ситуация возможна, если приводы подачи отключены.

Если РО станка находится на конечном выключателе ограничения рабочей зоны по какой-либо координате, то запрещается подача по всем координатам. Необходимо остановить отработку программы, вывести рабочий орган с конечного выключателя, используя режим поиск кадра, продолжить работу.


Таблица 6.3

**Перечень подрежимов автоматического режима**

Под-режим	Наименование подрежима работы	Индексация на экране	Клавиши	Примечание
<i>IU</i>	Информация из памяти (управляющая программа находится в ОЗУ)	<i>ABT. SPIU<sub>1</sub></i>	   	При включении системы в устройстве автоматически устанавливается режим <i>IP</i> .
<i>ST</i>	Технологический останов при наличии функции M01	<i>ABT. STIP<sub>1</sub></i>	   	Функции M00, M02, M03 при этом не отменяются.
<i>SP</i>	Останов по концу программы	<i>ABT. SPIP<sub>1</sub></i>	   	Устройство работает с остановом в конце программы
<i>U/</i>	Отработка управляющей программы с пропуском кадра, отмеченного символом	<i>ABT. ISPIP<sub>1</sub></i>	   	—
<i>UP</i>	Отработка управляющей программы на фиксированной скорости (без резания)	<i>ABT. PSPIP<sub>1</sub></i>	   	Подача, меньшая скорости режима проверки, будет заменяться на подачу режима проверки
<i>UT</i>	Отработка программы с выдачей технологии (геометрическая информация не отрабатывается)	<i>ABT. TSPIP<sub>1</sub></i>	   	—
<i>-/</i>	Отмена действия символа %	<i>ABT. SPIP<sub>1</sub></i>	   	—

Под-режим	Наименование подрежима работы	Индексация на экране	Клавиши	Примечание
-T	Отмена блокировки перемещений	ABT. SPIP <sub>1</sub>	  	–
UX	Зеркальная обработка по координате X	ABT. XSPIP <sub>1</sub>	 	–
-X	Отмена зеркальной обработки по X	ABT. SPIP <sub>1</sub>	 	–
UY	Зеркальная обработка по координате Y	ABT. YSPIP <sub>1</sub>	 	–
-Y	Отмена зеркальной обработки по координате Y	ABT. SPIP <sub>1</sub>	 	В первой колонке – текущее положение РО без учета коррекции на размер инструмента.
DG	Индексация геометрической информации	ABT. SPIU <sub>1</sub> X+000838+ +000000 0X+001234 Y+003456+ +000000 0Y+000000 Z – 000121+ + 000000 0Z – 005678 ABT. SPIU <sub>1</sub> NI- TIM4SIF100	 	Во второй колонке – рассогласование между текущим положением РО и расчетной точкой (при интерполяции) и A0 – расстояние до конечной точки (при позиционировании).
DI	Индексация технологической информации	F0010S0001G 01G23 G90T01D02R +...4-004567 ABT. SPIU <sub>1</sub> DS 12345678	 	Вторая и третья строки – индикация кадра, обрабатываемого в данный момент.
DS	Индексация обменных сигналов на входных разъемах		 	Во второй строке – номер контакта внутри разъема, третья строка – разъем X3, четвертая – X8, пятая – X9, шестая – X10.
DU	Индексация обменных сигналов на выходных разъемах	ABT. SPIU <sub>1</sub> DU 12345678	 	Третья строка – X17, четвертая – свободная, пятая – X1, шестая – X2

## 2. Покадровый (полуавтоматический) режим
























Работа устройства в покадровом режиме аналогична работе устройства в автоматическом режиме с остановом по концу каждого кадра. По завершении отработки кадра на экране индицируется: П/АВТ. SP IU КАДР. Продолжение работы производится нажатием клавиши . В любое время при работе в покадровом режиме возможно переключение в автоматический режим.



## 3. Режим поиска кадра

В этом режиме имеется ряд подрежимов (табл. 6.4).



Таблица 6.4

Перечень подрежимов режима поиска кадров

Подрежим	Наименование подрежима работы	Индексация на экране	Клавиши	Примечание
<i>IU</i>	Поиск кадра в памяти устройства	Поиск <i>S%IU</i>	   	–
<i>S %</i>	Поиск начала программы	Поиск <i>S%IU</i>	   	Подрежимы <i>SN</i> , <i>S%</i> , <i>S:</i> взаимно отменяют друг друга/ При ошибке оператора при вводе цифр номера кадра можно использовать клавишу  для забоя последней цифры, клавиша  отменяет символы <i>SN</i> и цифры
<i>S:</i>	Поиск главного кадра программы	Поиск <i>S:IU</i>	   	
<i>SN</i>	Поиск кадра, номер которого задан оператором	Поиск <i>SN IU SN123</i>	        	

В случае ошибки при выборе двухбуквенной комбинации *IU*, *IP*, *S %*, *S:* нужно нажать клавиши  , .

После того как выбрали источник информации (подрежимы *IU*, *IP*) и предмет поиска (подрежимы *S %*, *S:*, *SN*), нужно нажать

клавишу . Загорится красный светодиод на пульте и начинается поиск. Прервать поиск можно, нажав на клавишу .

Если выбрано ПОИСК  $S \% IP$ , то происходит переход в начало программы, если ПОИСК  $S: IP$  или ПОИСК  $SNIP$ , то происходит переход вперед.

Если информация не найдена и считан кадр, содержащий функции M02, M30, то произойдет переход от символа %. Если информация найдена, при дальнейшем вводе первым будет вводиться кадр, который искался.

При поиске кадра  $SN$ , например № 123, на экране индицируется: 123 № 154, где слева – номер кадра, который ищется, а справа – номер кадра, который в настоящее время просматривается.

При нормальном завершении поиска во всех подрежимах  $S \%$ ,  $S:$ ,  $SN$  на экране индицируется: КОНЕЦ ПОИСКА (при подрежиме  $S:$  указывается также номер главного кадра).

В случае неправильной установки режима на экране индицируется: ?16. Если информация не найдена, то на экране индицируется: ?17. Такая ситуация возможна, если при подрежиме  $S \%$  в начале программы нет символа %, если при подрежимах  $SN$ ,  $S:$  – информация не найдена и расшифрованы функции M02, M30.

При выборе подрежима  $IU$  невозможно найти кадр, который относится к подпрограммам.

#### 4. Режим ввода

Основные подрежимы режима ввода сведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5

**Перечень подрежимов режима ввода**

Подрежим	Наименование подрежима работы	Примечание
$VO$ $VT$	Ввод нулевой точки детали Ввод коррекций на размер инструмента	Для станка 21104П7Ф4 используется режим $VD$
$VK$ $VP$	Ввод кадра или программы, набранных на клавиатуре пульта управления Ввод программы или подпрограммы	



Подрежимы ввода  $VO$ ,  $VT$  недопустимо использовать в процессе отработки программы. В подрежимах  $VO$ ,  $VT$  переход к другим режимам работы устройства, например, автоматическому, ручному и т. д., возможен всегда.

Если отсутствует ввод какой-либо информации, то нажатие клавиши  $\boxed{ЗБ}$  вызовет отмену подрежимов  $VO$ ,  $VT$ ,  $VP$ .

Первым символом в начале набора программы на клавиатуре пульта и в начале каждого кадра должен быть символ % или ;, или  $N$ .

Внутри кадра нажатием клавиши  $\boxed{ЗБ}$  можно отменить последний набранный символ кроме первого кадра % или ; или  $N$ .

Нажатие клавиши  $\boxed{СПЕЦ}$  вызовет отмену подрежима ввода  $VK$ . Нажатие клавиши  $\boxed{ЗБ}$  между кадрами вызовет отмену подрежима  $VK$ .

Ввод программ в подрежиме  $VK$  вызывает автоматическое переключение в подрежим работы с памятью устройства  $IU$  в автоматическом или покадровом режиме. Ввод любого первого символа в подрежиме  $VK$  вызывает зануливание программы, находящейся в памяти.

Переход к автоматическому и другому режимам работы в подрежиме  $VK$  всегда возможен, но для нормальной отработки необходимо в последнем кадре вводить функцией  $M02$ ,  $M30$ .

#### 5. Ввод констант с пульта

В режиме редактирования возможен ввод констант, к которым относятся величины коррекции люфта по координатам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и величины коррекций накопленной погрешности измерительной системы (датчиков) по координатам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Величина информации может быть задана в диапазоне от 0,001 до 0,127 мм.

Необходимо нажать клавиши  $\boxed{\Rightarrow}$ ,  $\boxed{\diamond}$ , на экране БОСИ индицируется: РЕД \*3. Если на экране индицируется какая-либо информация, то необходимо нажать клавиши  $\boxed{Р}$ ,  $\boxed{И}$ ,  $\boxed{ПС}$ . Затем нужно нажать клавиши  $\boxed{Г}$ ,  $\boxed{И}$ ,  $\boxed{ПС}$ , на экране БОСИ индицируется: РЕД \* I.

Для ввода значения коррекции люфта:

– по координате  $X$ , например равной 0,023 мм, нужно нажать клавиши  $\boxed{К}$ ,  $\boxed{К}$ ,  $\boxed{0}$ ,  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{Ч}$ ,  $\boxed{2}$ ,  $\boxed{3}$ ,  $\boxed{ПС}$ ;

– по координате  $Y = 0,045$  мм  $\boxed{К}$ ,  $\boxed{К}$ ,  $\boxed{1}$ ,  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{Ч}$ ,  $\boxed{4}$ ,  $\boxed{5}$ ,  $\boxed{ПС}$ ;

– по координате  $Z = 0,056$  мм  $\boxed{K}$ ,  $\boxed{2}$ ,  $\boxed{+}$ ,  $\boxed{5}$ ,  $\boxed{6}$ ,  $\boxed{ПС}$ ,  $\boxed{M}$   
 $\boxed{2}$ ,  $\boxed{ПС}$ ,  $\boxed{СПЕЦ}$ , на экране индицируется:

РЕД \*  
 К 0 + 23  
 К 1 + 45  
 К 2 + 56  
 М<sub>2</sub>.

Для проверки правильности набора команд необходимо нажать клавиши  $\boxed{V}$ ,  $\boxed{ПС}$ , на экране должна повториться та же информация. Если же в конце первой строки на экране индицируется: ?105, то значит была допущена ошибка.

Значения наколенной погрешности датчиков по координатам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  можно задать, используя константы К3...К962. Устройство учитывает коррекцию накопленной погрешности через каждые 5 мм перемещения, начиная с нулевой точки станка по каждой координате.

Для ввода значений коррекции накопленной погрешности измерительной системы по координате  $X$  необходимо набрать:

$I$	$C$	РЕД * I
V0 / К3	ПС	V0 / К3
V1 / К3	ПС	V1 / К3
V2 / К203	ПС	V2 / К203
К3 + 14	ПС	К3 + 14,

на экране

где V0 – определяет адрес массива констант, которые определены как величины коррекций накопленной погрешности по координатной оси  $X$ ; V1 – определяет нижнюю границу массива констант, которая может совпадать с начальным адресом массива; V2 – определяет верхнюю границу массива констант. В качестве примера верхняя граница принята как константа К203; 14 – величина коррекции накопленной погрешности датчика в микрометрах, принятая в качестве примера для первой точки по координате  $X$ .

Аналогично К3 необходимо ввести все остальные константы до К203.

Для ввода значений коррекций накопленной погрешности измерительной системы по координатной оси  $Y$  необходимо набрать на пульте:

V3 / K204 ПС	РЕД * I
V4 / K204 ПС	V3 / K204
V5 / K324 ПС    на экране	V4 / K204
K204 + 25 ПС	V5 / K324
	K204 + 25,

где V3, V4 и V5 имеют то же смысловое значение для координаты  $Y$ , что и V0, V1 и V2 для координаты  $X$ .

Остальные константы K324, которые определены как величины коррекции накопленной погрешности по координате  $Y$ , вводятся аналогично, как была введена константа K204, путем нажатия на клавиатуре пульта управления соответствующих клавиш.

Для ввода значения коррекции накопленной погрешности датчика по координате  $Z$  необходимо набрать на пульте:

V6 / K325 ПС	РЕД * I
V7 / K325 ПС	V6 / K325
V8 / K425 ПС    на экране	V7 / K325
K 325 + 36 ПС	K325 + 36

После чего необходимо нажать клавиши:

M	2	ПС	СПЕЦ
M			

, на экране БОСИ индицируется:

РЕД \*  
88 / K325  
88 / K425  
K325 + 36  
M2

Для проверки нажимаем клавиши 

V
B

, 

ПС
----

, на экране БОСИ должна индицироваться также информация, и если в конце первой строки появится ?105, то это значит, что при выполнении предыдущих команд была допущена ошибка.


Для расшифровки ошибок необходимо пользоваться табл. 6.6.

## Перечень ошибок











Код ошибки	Содержание ошибки
? 13	Сбой считывания
? 14	Длинный кадр
? 16	Ошибка установки режима в режим «Поиск кадра»
? 17	Информация не найдена (поиск кадра)
? 20	Переполнение памяти управляющей программы
? 28	Ошибка кодирования управляющей программы
? 40	Сбой привода
? 41	Сбой системы
? 42	Сбой памяти плавающего нуля
? 43	Сбой памяти коррекции на размер инструмента
? 44	Сбой памяти констант
? 70	Сбой станка I
.....	.....
? 79	Сбой станка 10
? 100	Ошибка фотосчитывающего устройства
? 101	Ошибка «Длинный кадр»
? 102	Ошибка по переполнению памяти
? 104	Ошибка перфоратора
? 105	Ошибка ввода констант
? 45	Неисправность ПЗУ

? 100...? 105 относятся к режиму редактирования.

## 6. Режим ручного управления

Клавиша  на экране индицируется: РУЧН.

Недопустима отработка кадра в этом режиме, если не отработана до конца программа в автоматическом или покадровом режимах.

Если при включении устройства рассогласование превышает несколько дискрет, то необходимо нажать клавишу , и только после снятия рассогласования можно включать привода подач. После включения привода подач нужно нажать следующие клавиши: , , , , , , , , . После этого начинается движение в ноль станка, по окончании движения на экране индицируется: РУЧН. КАДР.

В режиме ручного управления предусмотрена возможность ввода кадра управляющей программы, например, нажатие клавиш  $\boxed{N}$ ,  $\boxed{H}$ ,  $\boxed{1}$ ,  $\boxed{G}$ ,  $\boxed{F}$ ,  $\boxed{2}$ ,  $\boxed{5}$ ,  $\boxed{X}$ ,  $\boxed{Z}$ ,  $\boxed{Ш}$ ,  $\boxed{З}$ ,  $\boxed{ПС}$ , на экране индицируется:

РУЧН.  
 № IG25XZ  
 ...  
 ...  
 F 00000 S 0000 G 01 G 23 G 90  
 T 000 K + 000000 L + 000000

После нажатия клавиши  $\boxed{\diamond}$  начнется обработка данного кадра. Введенный кадр запоминается и может быть повторно обработан по нажатию клавиши  $\boxed{\diamond}$ .

Недопустима работа со станком, пока не осуществлен выход в ноль станка.

Если не происходит обработка кадра, то всегда возможен переход в другой режим работы устройства.

#### *Привязка системы отсчета к детали*

Для привязки отсчета к детали необходимо установить деталь, инструмент и включить шпиндель.

Для установки системы отсчета по какой-либо координатной оси необходимо подвести инструмент по выбранной оси к точке или поверхности, координата которой известна, и, не производя движений по выбранной оси, перейти к режиму ввода нулевой точки, на экране в соответствии с дискретностью задания индицируется, например:

ВВОД V  
 X + 123456 + 000000 OX + 000000  
 Y + 000000 + 000000 OY + 000000  
 Z + 001234 + 000000 OZ + 000000

Для определения нулевой точки необходимо из показаний левой колонки индикации по выбранной оси вычесть координату этой точки и коррекцию на размер инструмента. Например, пусть координата выбранной точки Z 100000, коррекция на размер равна 0, тогда  $OZ = 1234 - 10000 - 0$ ,  $Z = -8766$ .

Для ввода значения нулевой точки необходимо нажать клавиши:

$\boxed{\frac{Z}{3}}$ ,  $\boxed{-}$ ,  $\boxed{8}$ ,  $\boxed{7}$ ,  $\boxed{6}$ ,  $\boxed{6}$ ,  $\boxed{ПС}$ .

На экране индицируется в соответствии с дискретностью задания:

$X + 123456 + 000000 \quad 0X + 000000$

$Y + 000000 + 000000 \quad 0Y + 000000$

$Z + 010000 + 000000 \quad 0Z + 008766$

## 2. Структура отчета

- 2.1. Название работы.
- 2.2. Цель работы.
- 2.3. Порядок выполнения работы.
- 2.4. Назначение, основные данные узлов станка.
- 2.5. Циклограмма работы одного из узлов станка.

## 3. Контрольные вопросы

- 3.1. Назначение и область применения станка.
- 3.2. Назовите основные узлы станка и покажите их на общем виде станка.
- 3.3. Назовите назначение колонны станка.
- 3.4. Назовите назначение бабки шпиндельной.
- 3.5. Опишите цикл смены инструмента в УАСИ.
- 3.6. Опишите цикл смены заготовок УАСЗ.
- 3.7. Как работают механизмы зажима-разжима инструмента?
- 3.8. Как устроена коробка скоростей станка?
- 3.9. Объясните устройство и работу стола крестового.
- 3.10. Объясните устройство приводов продольного и поперечного перемещений.
- 3.11. Объясните устройство магазина инструментов.
- 3.12. Объясните устройство узла автоматической смены заготовок.
- 3.13. Объясните работу гидросистемы станка.

## Литература

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 568 с.
3. Руководство по эксплуатации многоцелевого вертикального сверлильно-фрезерно-расточного станка мод. 21104П7Ф4. Гомельский станкостроительный завод имени Кирова. – Гомель, 1984.

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Михайлов Михаил Иванович**

**ОБОРУДОВАНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА:  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**Учебное пособие**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *А. В. Власов*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 07.02.18.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 11,62. Уч.-изд. л. 12,36.

Изд. № 25.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение  
Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого.  
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя  
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.  
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель