

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО  
ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
имени С. П. КОРОЛЕВА

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
П О К У Р С У  
«РЕЗАНИЕ, СТАНКИ, ИНСТРУМЕНТЫ»

(Раздел «МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ»)

Утвержден  
редакционным советом института  
7/IV 1976 г.

КУЙБЫШЕВ 1976

Под редакцией доктора технических наук профессора

Л. П. Медведева

Составители: доцент К. Ф. Митряев,  
инженер А. Ф. Шпатаковский

---

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторные работы по разделу «Металлорежущие станки» — основному разделу курса «Резание, станки и режущие инструменты» — имеют большое значение в общей системе теоретической и практической подготовки инженеров-механиков по конструированию и производству авиационных двигателей, самолетов и летательных аппаратов.

В процессе выполнения лабораторных работ студенты изучают конструкцию и кинематику широко применяемых в машиностроении металлорежущих станков, знакомятся с назначением их отдельных узлов и устройств, с органами управления; приобретают опыт расчета настройки и наладки, опыт исследования и проверки качественных показателей станков. В практикуме имеются описания станков, даны указания по подготовке к лабораторным работам, по плану их выполнения. Установлен порядок оформления и сдачи отчетов.

При составлении данного практикума авторы учли опыт работы кафедры «Резание, станки и режущие инструменты» института и соответствующих кафедр МАИ и МАТИ.

При подготовке книги к печати большую помощь авторам оказали доцент В. И. Лепилиц, лаборанты З. И. Жвачкина, Р. А. Воробьева, А. А. Еремеев, зав. лабораторией В. В. Глазунова и др.

---

---

---

---

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Работу следует выполнять в следующей последовательности.

1. Ознакомиться со станком, его органами управления, оборудованием и аппаратурой.

2. Детально изучить конструкцию и кинематику станка.

3. Выполнить расчеты, связанные с наладкой и испытанием станка. После проверки наладки станка преподавателем или лаборантом включить станок.

4. Предъявить преподавателю обработанную деталь или результаты проведенного испытания. Убрать рабочее место.

5. Оформить отчет по каждой лабораторной работе (во внеурочное время). Содержание отчета:

а) назначение и техническая характеристика станка;

б) краткое описание конструкции и кинематики станка;

в) изложение конкретного задания и выполнение расчетов по наладке или проверке станка с необходимыми пояснениями, схемами, эскизами;

г) анализ полученных результатов;

д) выводы по работе.

Отчет по каждой лабораторной работе должен быть сдан перед следующей работой. Подписанные руководителем отчеты хранятся у студента и предъявляются при сдаче экзамена.

Чтобы более эффективно использовать время работы в лаборатории, студенты должны предварительно ознакомиться с описанием очередной работы в соответствии с установленным графиком.

## ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Работа на металлорежущих станках связана с опасностью травмирования людей вращающимися и движущимися частями станков, приспособлений, инструментов, отходящей и отлетающей стружкой, плохо закрепленными заготовкой и инструментом. Поэтому студенты должны знать и строго соблюдать правила внутреннего распорядка и техники безопасности.

Находясь в лаборатории, студент должен соблюдать следующие основные правила.

1. Перед входом в лабораторию студент должен застегнуть рукава, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов, причесать и убрать под косынку распущенные волосы, концы косынки заправить.

2. Перед началом работы на станке следует внимательно изучить требования техники безопасности, предъявляемые к работе на данном станке, провести его осмотр, проверить исправность ограждений и предохранительных устройств, надежность закрепления инструмента и заготовки, изучить основные движения рабочих механизмов. Взаимодействие подвижных узлов и органов управления проверяется путем перемещения их вручную, без включения электродвигателя станка.

Об обнаруженных неисправностях и нарушениях техники безопасности нужно немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

3. Без разрешения преподавателя или лаборанта запрещается включать станок и приступать к работе на нем, а также снимать и удалять ограждения и предохранительные устройства. Все это может привести к несчастному случаю и поломке станка.

4. О пуске станка следует предупредить студентов, находящихся около него. Во время работы станка не разрешается стоять в опасном месте, производить измерения детали, уборку стружки, облакачиваться на узлы станка. При отключении станка нельзя производить торможение патрона, шпинделя и детали рукой.

5. В лаборатории студент должен выполнять только порученную работу. Категорически воспрещается производить другие работы, загромождать рабочее место посторонними предметами, оставлять работающий станок без присмотра. Не разрешается без дела ходить по лаборатории, подходить к другим рабочим местам, трогать органы управления других станков и приборов, электроприводы и рубильники, отвлекать преподавателя и студентов от основной работы.

6. Необходимо бережно относиться к станкам, приборам, приспособлениям, инструментам, к другому лабораторному оборудованию и имуществу.

7. Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательное присутствие второго лица необходимо для оказания первой помощи работающему в случае несчастного случая или пожара (для вызова скорой помощи или пожарной службы).

8. Курить разрешается только в отведенных для этой цели местах.

9. Запрещается находиться в лаборатории в верхней одежде, а также раздеваться и вешать пальто и головные уборы на лабораторное оборудование.

10. Выполнив работу, следует выключить шпиндельное устройство, убрать рабочее место, очистить и смазать станок. Только после этого с разрешения преподавателя можно оставить лабораторию.

## Работа № 1

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 1А62. НАЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Токарно-винтовой станок 1А62 широко применяется в отечественном машиностроении. Он обладает достаточно высокой мощностью и быстроходностью, хорошо зарекомендовал себя в работе.

На станке выполняются разнообразные токарные работы: обточка наружных и расточка внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей; подрезка торцев, прорезка канавок, а также нарезание метрических, дюймовых, модульных и питчевых стандартных резьб и резьб с увеличенным шагом. Можно производить также сверление, зенкерование, развертывание и т. д.

Станок включает следующие основные узлы (рис. 1): чугунную станину с призматическими направляющими, расположенную на двух тумбах; переднюю бабку с коробкой скоростей и шпинделем, в котором устанавливается передний центр или закрепляется кулачковый патрон; заднюю бабку с подвижной пинолью, в конусной отверстии которой устанавливается задний центр или режущий инструмент; суппорт, состоящий из каретки, нижних салазок, средней повторной части, верхних сала-

зок и четырехпозиционного резцедержателя: коробку подач; фартук с механизмами управления суппортом.

Заготовка, закрепленная в патроне или в центрах, при обработке получает главное вращательное движение, а резец, установленный в суппорте, совершает движение подачи в продольном или поперечном направлении.

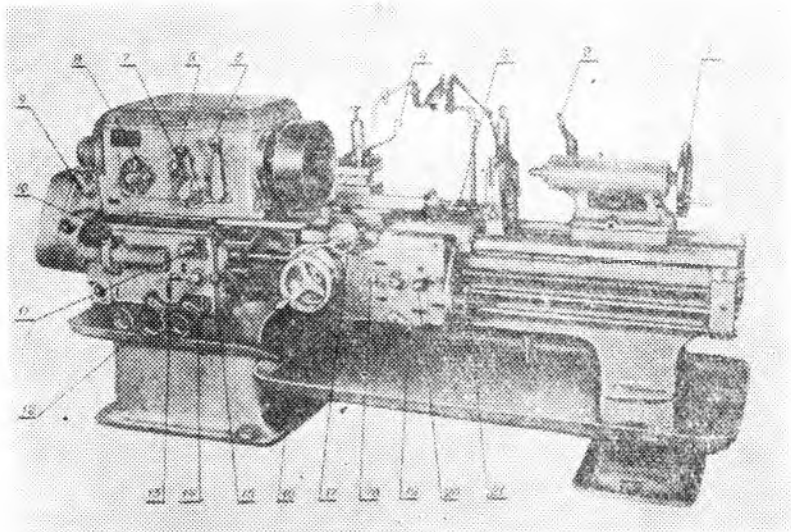


Рис. 1. Органы управления станком 1А62:

1 — маховик для перемещения шпиндели; 2 — рукоятка для закрепления шпиндели; 3 — рукоятка для перемещения верхних салазок; 4 — рукоятка для закрепления и поворота резцедержателя; 5, 6, 8 — рукоятки переключения скоростей шпинделя; 7 — рукоятка включения увеличенного шага; 9 — рукоятка реверса суппорта при нарезании резьбы; 10 — перекидной рычаг ступенчатого конуса шпинделя; 11, 13 — рукоятки переключения блоков В и Б коробки подач; 12 — рукоятка настройки на нарезание метрической или дюймовой резьбы; 14 — рукоятка включения/выключения передачи движения на ходовой вал или винт; 15, 21 — рукоятки для включения, выключения и реверсирования шпинделя; 16 — маховик ручного перемещения каретки; 17 — рукоятка ручного поперечного перемещения салазок суппорта; 18 — рукоятка для переключения продольной и поперечной подачи; 19 — рукоятка включения подающего червяка; 20 — рукоятка включения сапни ходового винта

#### Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр обточки, мм	400
Расстояние между центрами, мм	1000
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	12 1200
Количество скоростных ступеней шпинделя при прямом вращении	21 (24)
при обратном вращении	12
Продольные подачи, мм/об	от 0,8 до 1,50
Поперечные подачи, мм/об	от 0,027 до 0,52
Мощность электродвигателя, кВт	7,8
Кинематическая схема станка приведена на рис. 2.	

## МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Шпиндель станка является главной деталью коробки скоростей. Он установлен на двух опорах. Передняя конусная шейка вращается в специальном регулируемом двухрядном роликовом подшипнике, задняя—в коническом роликовом подшипнике. Осевая нагрузка на шпиндель воспринимается упорным шарикоподшипником, расположенным у задней опоры шпинделя.

Шпиндель станка получает вращение от электромотора с числом оборотов  $n = 1455$  об/мин через клиноременную передачу и коробку скоростей. Пуск, остановка и реверсирование шпинделя осуществляется двусторонней фрикционной пластинчатой муфтой  $M_1$  (см. рис. 2), соединяющей с ведущим валом I двухступенчатый блок 51—56 (при правом вращении) и колесо 50 (при левом вращении). Ведомый вал III при правом вращении шпинделя получает шесть скоростей за счет перемещения скользящих ступенчатых блоков 34—39 и 44—52—36, при левом—три.

При включении кулачковой муфты  $M_2$  влево движение на шпиндель передается через постоянно соединенные косозубые колеса 50/50, при включении вправо—через два ступенчатых блока 80—50, 20—50 и передачу 32/64. В первом случае шпиндель получает 6 наибольших скоростей, во втором—18 пониженных. Ввиду близкого совпадения трех передаточных отношений в первой и второй цепях шпиндель имеет 21 фактическую скорость.

Уравнение кинематической цепи привода шпинделя в общем виде можно записать:

$$1455 \frac{130}{260} \cdot 0,985 \cdot \left( \frac{51}{39} \cdot \left| \begin{array}{c|c|c} 20 & 20 & 20 \\ \hline 52 & 80 & 80 \\ \hline 28 & 50 & 20 \end{array} \right| \cdot \frac{32}{64} = 12-600 \text{ об/мин} \right.$$

$$\left. \frac{56}{34} \cdot \left| \begin{array}{c|c|c} 44 & 50 & 80 \\ \hline 36 & 50 & 50 \\ \hline 36 & 50 & 50 \end{array} \right| \cdot \frac{50}{50} = 360-1200 \text{ об/мин} \right)$$

Левое или обратное вращение шпинделя имеет несколько большие скорости и осуществляется, согласно следующей кинематической цепи:

$$\frac{20}{52} \cdot \left| \begin{array}{c|c|c} 20 & 20 & \\ \hline 80 & 80 & \\ \hline \vdots & \vdots & \end{array} \right| \cdot \frac{32}{64} = 19-755 \text{ об/мин}$$



$$1455 \frac{130}{260} \cdot 0,985 \frac{50}{24} \frac{36}{36} \frac{28}{44} \left[ \begin{array}{c|c} 50 & 20 \\ \hline 50 & 80 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c|c} 50 & 50 \\ \hline 50 & 50 \end{array} \right] \frac{50}{50} = 575-1510 \text{ об/мин}$$

### МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ

Механизм подачи станка предназначен для сообщения различных скоростей суппорту.

Движение от шпинделя станка через зубчатые колеса 50/50, механизм реверса 38/38/38 и гитару сменных колес передается на вал IX коробки подач, в которой производится основное регулирование передаточного отношения кинематической цепи. При нарезании резьбы движение с выходного вала XIV коробки подач через зубчатую муфту М<sub>5</sub> и предохранительное устройство передается на ходовой винт, а через разъемную маточную гайку—на суппорт. При обычной токарной обработке (обточке, расточке, подторцовке и др.) движение от вала XIV через колеса 28/42 сообщается ходовому валу, а от него через зубчатые передачи фартука и падающий червяк — на реечную шестерню  $z=12$  (при продольной подаче) и на поперечный ходовой винт  $t=5$  мм (при поперечной подаче).

Кинематическое уравнение цепи подач в общем виде:

$$i \text{ об. мин } \frac{50}{50} \left[ \begin{array}{c|c|c} 38 & 38 & 42 \\ \hline 38 & 38 & 100 \end{array} \right] \frac{25}{36} \left[ \begin{array}{c|c} 28 & 40 \\ \hline 56 & 40 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c|c} 33 & 33 \\ \hline 33 & 33 \end{array} \right] \frac{24}{50} \frac{23}{69} \times \left[ \begin{array}{c|c} 4 & 30 \\ \hline 40 & 40 \end{array} \right] \frac{24}{65} \frac{65}{20} \times$$

$$\times \frac{26}{28} \frac{28}{28} \frac{28}{28} \dots \frac{48}{28} \frac{1}{3} = S_{\text{пр}} \text{ мм/об}$$

$$\times \frac{5}{7} = S_{\text{поп}} \text{ мм/об}$$

$$\times \frac{12}{7} = t_{\text{н.р}} \text{ мм}$$

В данном уравнении линиями выделены передаточные отношения отдельных механизмов, входящих в кинематическую цепь подачи.

1. Механизм реверса с включением промежуточной шестерни 38, расположенной между VII и VIII валами. Переключение осуществляется рукояткой 9 (см. рис. 1), которая обеспечивает перемещение зубчатого колеса 38 на валу VIII и включение в кинематическую цепь или исключение из нее паразитного колеса. Этот механизм реверсирует как ходовой вал, так и ходовой винт.

2. Гитара сменных колес. Для нарезания метрических и дюймовых резьб соединяются колеса 42/100, для нарезания модульных и питчевых резьб—колеса 32/97.

3. Ступенчатый конус шестерен коробки подач с перекидными шестернями 34/28, переключаемыми рукояткой 10 (см. рис. 1).

4. Размножающие скользящие блоки Б и В коробки подач.

5. Второй механизм реверса, расположенный в фартуке и изменяющий направление подачи при передаче движения от ходового валика.

6. Червячная передача с падающим червяком, служащая для включения и выключения подачи с помощью рукоятки 19 (см. рис. 1).

7. Механизмы преобразования вращательного движения в поступательное.

Подачи могут выключаться и автоматически, от упоров, устанавливаемых на направляющих станины. В этом случае при возникновении перегрузки падающий червяк отключает подачу.

На рис. 2 показано положение колес коробки подач при нарезании метрических и модульных резьб. Переключение коробки подач в положение для нарезания дюймовых и питчевых резьб производится одновременным перемещением шестерен  $z=25$  на валах IX и XII. При этом шестерня на валу IX перемещается вправо и входит в зубчатую муфту  $M_3$ , жестко соединяя вал IX с XI, а шестерня на валу XII перемещается влево и соединяется с зубчатым колесом  $z=36$ , неподвижно сидящем на валу X. Переключение шестерен производится рукояткой 12 (см. рис. 1).

## НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБ

Общее уравнение для настройки станка при нарезании резьбы имеет вид

$$t_{н.р} = I_{об. шп} i t_{х.в},$$

где  $t_{н.р}$ —шаг нарезаемой резьбы;

$t_{х.в}$ —шаг резьбы ходового винта;

$i$ —полное передаточное отношение кинематической цепи от шпинделя до ходового винта.

Настройка станка для нарезания заданной резьбы как раз и заключается в расчете и установке требуемого передаточного отношения  $i$ :

$$i = \frac{t_{н.р.}}{t_{х.в.}}$$

Точный подбор требуемого  $i$  возможен только в случае, когда  $t_{н.р.}$  и  $t_{х.в.}$  выражены в одинаковых единицах длины. На станке IA62, имеющем винт с шагом  $t_{х.в.} = 12$  мм, можно точно нарезать только метрические и модульные резьбы; при нарезании дюймовых и питчевых резьб возникают ошибки шага.

Пусть задано настроить станок на нарезании дюймовой резьбы с шагом  $n$  ниток на 1". Тогда выражение для определения передаточного отношения  $i$  будет иметь вид:

$$i = \frac{25,4}{n t_{х.в.}}$$

Число, находящееся в числителе, представляет собой произведение чисел зубьев ведущих колес кинематической цепи, поэтому должно быть целым. Для этого необходимо числитель и знаменатель умножить на 5. Тогда получим

$$i = \frac{127}{5n \cdot 12}$$

Число 127 является простым и не разлагается на множители. Следовательно, для точного нарезания дюймовой резьбы на станке в цепи подач нужно иметь ведущее колесо с  $z = 127$ . Такое колесо слишком велико, оно значительно увеличило бы габариты механизма подач, поэтому в существующих станках его обычно заменяют другими колесами, обеспечивающими подбор передаточных отношений с определенным приближением. Для стандартных крепежных резьб допустимой считается ошибка, дающая суммарную погрешность около 0,2 мм на метр длины.

При нарезании точных резьб необходима специальная настройка станка путем передачи движения через коробку подач напрямую, включением муфт  $M_3$  и  $M_4$  и подбором необходимого передаточного отношения цепи сменными колесами в гитаре.

При нарезании резьб и спиралей с большим шагом на станке может быть включен механизм увеличения шага. Для этого поворотом рукоятки 7 (см. рис. 1) на валу VII перемещается колесо  $z = 50$ , которое вводится в зацепление с колесом  $z = 50$  вала III (см. рис. 2). Таким образом, между шпинделем и валом VII цепи подач вводятся дополнительные звенья, входящие в кинематическую цепь главного движения, и связь чисел оборотов шпинделя и вала VII осуществляется по следующему уравнению:

$$\text{I об. шп} \frac{64}{32} \frac{80}{20} \frac{50}{20} \frac{50}{50} \frac{50}{50} \left. \vphantom{\frac{64}{32} \frac{80}{20} \frac{50}{20} \frac{50}{50} \frac{50}{50}} \right\} \frac{50}{50} = n_{VII}.$$

Положение блоков 20—50 и 50—80 определяет скоростные диапазоны шпинделя. При включении первых шести скоростей шпинделя ( $n_1—n_6$ ) соединяются обе передачи 20/80, при этом коэффициент увеличения шага резьбы равен 32. При включении следующих шести скоростей ( $n_7—n_{12}$ ) он будет равен 8, а при включении ( $n_{13}—n_{18}$ )—2.

Порядок настройки станка и нарезания резьбы аналогичен описанному в работе по изучению токарно-винторезного станка К62.

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА К62. ПОДЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ

Универсальный токарно-винторезный станок К62, спроектированный на базе станка А62, превосходит его по мощности, быстроходности и удобству управления. Станок К62 предназначен для выполнения разнообразных токарных работ: обточки и расточки наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, подрезки торцов; для нарезания метрических, дюймовых, модульных, питчевых резьб с нормальным и увеличенным шагом, для нарезки торцевых спиралей. На станке можно производить также сверление, зенкерование, развертывание и др.

Станок включает следующие основные узлы (рис. 3—4): чугунную двухтумбовую станину с призматическими направляющими; переднюю бабку с коробкой скоростей и шпинделем; заднюю бабку с выдвижной пинолью, в конусном отверстии которой устанавливается задний центр или режущий инструмент; суппорт, включающий каретку, нижние салазки, среднюю поворотную часть, верхние салазки и резцедержатель; коробку подач; фартук с механизмами управления суппортом; механизм быстрого перемещения суппорта.

Обрабатываемая заготовка закрепляется в патроне, навернутом на передний конец шпинделя, или устанавливается в центрах и получает вращательное движение с заданной скоростью резания. Резец закрепляется в резцедержателе суппорта и получает движение подачи в продольном или поперечном направлении.

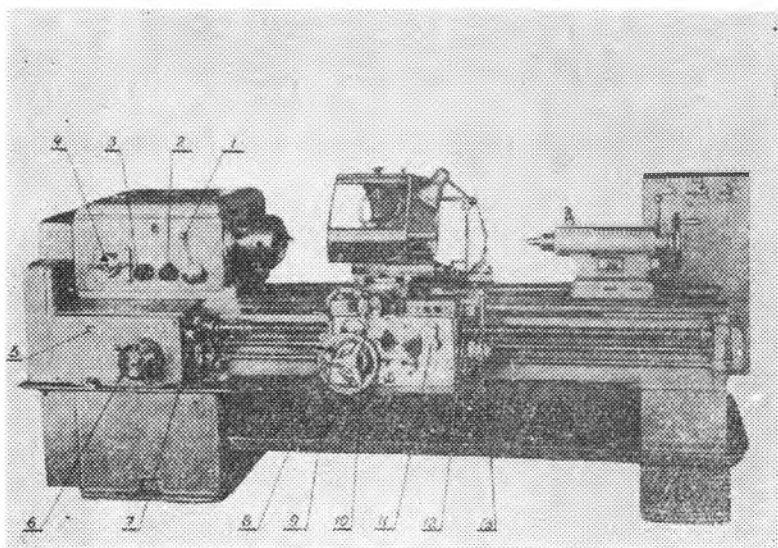


Рис. 3. Органы управления станком IK62:

1, 4 — рукоятки переключения скоростей шпинделя; 2, 3 — рукоятки для включения звена увеличения шага и установки вида резьбы; 5 — рукоятка для включения на подачу, резьбу, архимедову спираль; 6 — рукоятка установки величины подачи и шага резьбы; 7, 12 — рукоятки переключения фрикционных муфт и ленточного тормоза для пуска, реверсирования и остановки шпинделя; 8 — маховик для ручного перемещения каретки; 9 — кнопка для выключения ременной шестерни при нарезании резьбы; 10 — рукоятка для ручной поперечной подачи суппорта; 11 — рукоятка для включения маточной гайки; 13 — рукоятка управления движениями суппорта

#### Техническая характеристика станка

Высота центров, мм	215
Наибольший диаметр обточки, мм над станиной	409
над суппортом	200
Расстояние между центрами, мм	1400
Пределы чисел оборотов, об/мин	12,5—2000
Число ступеней оборотов шпинделя	23
Пределы величин подач, мм/об продольных	0,070—4,16
поперечных	0,035—2,08
Скорость быстрого продольного перемещения суппорта, мм/мин	3400
Мощность главного электродвигателя, кВт	10

## МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Шпиндель станка через клиноременную передачу и коробку скоростей получает вращение от электромотора мощностью 10 кВт с  $n = 1450$  об/мин. Включение, выключение и реверсирование шпинделя осуществляется двусторонней пластинчатой муфтой  $M_1$  (см. рис. 4), соединяющей с ведущим валом  $I$  двухступенчатый блок  $51-56$  (при правом вращении) и шестерню  $50$  (при левом вращении). Вал  $III$  при правом вращении шпинделя получает шесть скоростей за счет переключения двух скользящих блоков шестерен  $34-39$  и  $47-55-38$ , при левом — три скорости от колеса  $50$  через промежуточный вал с блоком  $24-36$ . При левом положении блока зубчатых колес  $43-52$ , расположенном на шпинделе, шпиндель получает от вала  $III$  шесть высоких чисел оборотов, при правом положении через блоки  $88-45$  и  $22-45$  и передачу  $26/52$  — восемнадцать пониженных. Ввиду близкого совпадения одного передаточного отношения в первой и второй цепях, шпиндель фактически имеет 23 различные скорости.

Кинематическое уравнение цепи главного движения для правого вращения можно записать:

$$1450 \cdot \frac{147}{254} \cdot 0,985 \cdot \left. \begin{array}{l} \frac{51}{39} \\ \frac{56}{34} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \frac{21}{55} \\ \frac{29}{47} \\ \frac{38}{38} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \\ \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} \\ \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} \end{array} \right\} \frac{26}{52} = n_{I-18} = 12,5-630 \text{ об/мин}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{21}{55} \\ \frac{29}{47} \\ \frac{38}{38} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} \\ \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} \\ \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} \end{array} \right\} \frac{65}{43} = n_{I9-24} = 630-2000 \text{ об/мин}$$

Аналогичный вид имеет уравнение для левого вращения, определяющее 12 ступеней чисел оборотов.

Передняя конусная шейка шпинделя вращается в регулируемом двухрядном роликовом подшипнике, а задняя — в двух радиально-упорных роликовых подшипниках, которые воспринимают также и осевую нагрузку на шпиндель. Смазка всех звеньев коробки скоростей централизованная и осуществляется от плунжерного насоса.

На задней шейке шпинделя закреплено кольцо с шестьюдесятью делениями, используемое для отсчета угла поворота шпинделя при нарезании многозаходных резьб. При повороте шпинделя цепь подачи выключается с помощью рукоятки  $Z$  (см. рис. 3), муфта  $M_1$  (см. рис. 4) включается на правое вращение и вал  $I$  поворачивается патронным ключом против часовой стрелки. После деления рукоятка  $Z$  устанавливается в прежнее положение.

## МЕХАНИЗМ ПОДАЧ

Механизм подачи станка состоит из гитары сменных колес, коробки подачи, суппорта ходового винта и ходового валика. Вал *IX* коробки подачи получает вращение от шпинделя через зубчатые колеса  $60/60$ , реверсивный механизм (зубчатые колеса  $42/42$ ,  $28/56$  или  $35/28/35$ ) и сменные колеса гитары  $42/95/50$  (при обычных подачах и нарезке метрических и дюймовых резьб) или  $64/95/97$  (при нарезке модульных и питчевых резьб). С вала *IX* движение может быть передано по двум направлениям. При нарезании дюймовых и питчевых резьб (первое направление) движение от вала *IX* через зубчатые колеса  $35/37/35$  передается к валу *X*, затем через семиступенчатый конус зубчатых колес—к валу *XI*, далее—к валам *XII*, *XIII* и *XIV*. От вала *XIV*, который получает 56 чисел оборотов, движение передается или на ходовой валик, как показано на схеме (см. рис. 4), или на ходовой винт (если включить муфту  $M_5$ ). Кинематическое уравнение цепи подачи при этом имеет вид:

$$i_{\text{см}} \frac{35}{37} \cdot \frac{37}{35} \cdot \frac{28}{25} \frac{36}{\text{ст. конус}} \frac{35}{28} \frac{28}{35} \times \frac{18}{45} \left\{ \frac{15}{48} \right\} \frac{15}{35} \left\{ \frac{28}{28} \right\} M_5 \cdot 12 = t_{\text{н.п}}$$

$$I_{\text{об. шп}} \frac{60}{60} \left\{ \frac{42}{42} \right\} \frac{28}{56} \left\{ \frac{28}{28} \cdot \frac{28}{35} \right\} \times$$

При нарезании метрических и модульных резьб поворотом рукоятки 5 (см. рис. 3) включаются муфты  $M_2$  и  $M_4$  (см. рис. 4). В этом случае движение от вала *IX* через вал *XI* и конус шестерен передается на вал *X* (второе направление), затем последовательно—на валы *XII*, *XIII*, *XIV*. Вал *XIV* также получает 56 чисел оборотов. Кинематическое уравнение для этого направления имеет вид:

$$I_{\text{об. шп}} \frac{60}{60} \left\{ \frac{42}{42} \right\} \frac{28}{56} \left\{ \frac{28}{28} \cdot \frac{28}{35} \right\} \cdot i_{\text{см}} \cdot M_2 \frac{\text{ст. конус}}{36} \frac{25}{28} M_3 \left\{ \frac{18}{45} \right\} \frac{15}{48} \left\{ \frac{15}{35} \right\} \frac{28}{28} \left\{ \frac{28}{28} \right\} \cdot M_5 \cdot 12 = t_{\text{н.п}}$$

При нарезании резьбы с повышенной точностью движение на ходовой винт передается через коробку подачи напрямую. Для

этого включаются муфты  $M_2, M_3, M_5$ . Подбор требуемого передаточного отношения цепи из условия:

$$i_{\text{пер}} = \frac{i_{\text{п.р}}}{t_{\text{х.п}} \cdot i_{\text{пост}}}$$

достигается сменными колесами гитары, которые изготавливаются специально в соответствии с расчетом. Включение всех муфт коробки передач осуществляется поворотом рукоятки 5 (см. рис. 3), переключение блоков—поворотом рукоятки 6.

Сунпорт с ходовым винтом соединяется разъемной маточной гайкой, которая включается поворотом рукоятки 11.

При парезании резьбы с шагом, увеличенным в 2,8 и 32 раза, движение к валу VII передается непосредственно от вала III через шестерни 45/45, т. е. связь шпинделя с валом VII осуществляется через промежуточную передачу с передвижными блоками 22—45 и 45—88, с помощью которых производится переключение диапазонов скоростей. Поэтому увеличение шага в 32 раза может быть достигнуто только при скоростях шпинделя  $n_{1-6} = 12,5-40$  об/мин, в 8 раз—при  $n_{7-12} = 50-160$  об/мин и в 2 раза—при  $n_{13-18} = 210-630$  об/мин.

Точение с продольными и поперечными подачами осуществляется движением как по первой, так и по второй цепи коробки передач. С вала XIV движение передается на ходовой вал XVII через две пары зубчатых колес 28/56 и муфту обгона  $M_0$ ; с ходового вала движение передается на вал XVIII через зубчатые колеса 27/20/28 и предохранительную муфту  $M_{\text{п}}$  и далее через червячную и зубчатые передачи—к ременной шестерне или поперечному ходовому винту.

В фартуке станка расположены четыре кулачковые муфты  $M_6, M_7, M_8$  и  $M_9$ , которые служат для включения и реверсирования продольной и поперечной подач поворотом рукоятки 13 (см. рис. 3) в направлении подачи. Реверсирование осуществляется включением в цепь дополнительного паразитного колеса 45, находящегося в зацеплении с шестерней 40 на валу XIX, и колеса 37, замыкаемыми муфтами  $M_6$  и  $M_8$ .

Кинематические уравнения подач имеют вид:  
для продольной подачи

$$i_{\text{ем}} \cdot i_{\text{кор. под}} = \frac{28}{56} \cdot \frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \cdot \frac{4}{28} \cdot \frac{40}{37} \cdot \frac{14}{66} \cdot 13 \cdot 10 = S_{\text{пр}}, \text{ мм/об}$$



для поперечной подачи

$$I_{\text{об. шп.}} \left. \begin{array}{l} \frac{28}{56} \\ \frac{42}{42} \\ \frac{35}{28} \cdot \frac{28}{35} \end{array} \right\} \cdot i_{\text{см}}$$

$$i_{\text{кор. под.}} = \frac{28}{56} \cdot \frac{27}{20} \cdot \frac{20}{28} \cdot \frac{4}{28} \cdot \frac{40}{37} \cdot \frac{40}{61} \cdot \frac{61}{20} = S_{\text{поп. мм/об.}}$$

В фартуке предусмотрен блокировочный механизм, который препятствует одновременному включению подачи от ходового винта и ходового вала. При работе от ходового винта реечная шестерня выводится из зацепления с рейкой выдвиганием пальца 9 (см. рис. 4).

При нарезании торцовых спиралей двойной блок 28—28 вала XIV передвигается влево и тогда движение к ходовому валу передается через пару левых зубчатых колес 28/56, что исключает возможное проскальзывание в муфте обгона.

Суппорт может получать быстрые (холостые) движения, которые через ременную передачу передаются от отдельного электромотора  $N=1$  кВт,  $n=1410$  об/мин на ходовой вал XVII и далее — к суппорту. Благодаря наличию в цепи подач роликовой обгонной муфты  $M_0$  быстрое движение может осуществляться без выключения рабочей подачи. При быстром вращении вала XV заклинивания роликов в муфте не происходит, зубчатые колеса 56 с валом не соединяются, и движение от коробки подач на вал XV не передается.

Наладка станка на нарезание резьбы производится в следующем порядке.

1. По заданной скорости резания и диаметру заготовки рассчитывается необходимое число оборотов шпинделя; по таблице выбирается ближайшее меньшее и устанавливается рукоятками 1 и 4 (см. рис. 3).

2. Переключением рукояток 2, 3, 5, 6 и, если требуется, перестановкой зубчатых колес гитары в соответствии с указаниями, приведенными в таблице, настраивается заданный шаг резьбы.

3. Резьбовой резец устанавливается и закрепляется в резцедержателе строго перпендикулярно оси детали. Вершина его по высоте должна располагаться на оси центров, что обеспечивается подбором прокладок.

4. Рукоятками 8 и 10 резец подводится до касания с заготовкой, кольцевой лимб поперечного перемещения устанавливается на ноль.

5. Резец вручную отводится от заготовки на один оборот рукоятки 10 и выравно маховиком 8—в исходное положение, а затем по лимбу производится врезание на 0,05 мм для пробного прохода.

6. Рукояткой 11 маточная гайка замыкается на ходовом винте.

7. Нажатием на кнопку «Пуск» включается электродвигатель и поворотом рукоятки 7 или 12 вверх—правое вращение шпинделя—производится пробный проход. В конце прохода рукояткой 10 резец выводится из контакта и реверсированием вращения шпинделя рукояткой 7 возвращается в исходное положение (выравно), после чего вращение шпинделя прекращается путем постановки рукоятки 7 в нейтральное положение. Резьбомером или штангенциркулем проверяется правильность настройки станка на заданный шаг.

8. Периодическим врезанием на 0,1—0,5 мм в том же порядке производится последовательное нарезание резьбы до образования «полной» нитки. В конце нарезания глубина врезания уменьшается, а последние 1—2 прохода осуществляются без поперечной подачи.

9. При нарезании дюймовых и метрических резьб производится расчет относительной погрешности шага.

## ПРОВЕРКА ТОКАРНОГО СТАНКА НА ТОЧНОСТЬ

Для обеспечения требуемой точности обработки детали необходимо иметь данные о точности используемого оборудования. Для токарных станков общего назначения по ГОСТ 42—56 задаются нормы точности и рекомендуются методы ее проверки. В табл. 1 приведены характеристики точности, методы их проверки и допустимые отклонения для станков с высотой центров 200 мм. Проверки выполняются без приложения нагрузок, в результате определяется геометрическая точность. Для проверки станка используются индикатор и стандартные оправки.

В отчете о выполненной работе следует привести эскизы и результаты выполненных проверок, допустимые и фактические отклонения, сделать заключение о соответствии станка нормам точности.

Таблица 1

№ прове- рок	Что проверяется?	Метод проверки	Допуск, мм
1	Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя передней бабки	Индикатор устанавливается так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности шейки шпинделя. Шпиндель приводится во вращение.	0,010
2	Радиальное биение оси конического отверстия шпинделя передней бабки	В отверстие шпинделя передней бабки плотно вставляется цилиндрическая оправка. Индикатор устанавливается так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности оправки. Шпиндель приводится во вращение	0,010 у конца шпинделя; 0,020 на расстоянии 300 мм от конца шпинделя
3	Параллельность оси шпинделя передней бабки направлению движения каретки	В отверстие шпинделя передней бабки плотно вставляется цилиндрическая оправка. Индикатор устанавливается на каретке так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности оправки по ее верхней образующей; по ее боковой образующей. Каретка перемещается вдоль станины. При каждой проверке отклонение измеряется по двум диаметральным противоположным образующим (при повороте шпинделя на 180°). Погрешность определяется по средней арифметической результатов обоих измерений в данной плоскости	а) 0,030 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх); б) 0,012 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону резца)

№ проверки	Что проверяется?	Метод проверки	Допуск, мм
4	Осевое биение шпинделя передней бабки	В отверстие шпинделя передней бабки вставляется короткая оправка, торцовая поверхность которой перпендикулярна ее оси. Индикатор устанавливается так, чтобы штифт касался торца оправки у его центра. Шпиндель приводится во вращение	0,010
5	Параллельность перемещения шпинделя задней бабки направлению движения каретки	<p>Шпиндель полностью вдвигается в заднюю бабку и зажимается. Индикатор укрепляется на каретке так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности шпинделя (положение А) - в точке, расположенной</p> <p>на его верхней образующей;</p> <p>на его боковой образующей.</p> <p>Шпиндель освобождается, выдвигается на полную максимального выдвижения и снова зажимается. Каретка перемещается по направляющим так, чтобы штифт индикатора снова коснулся образующей шпинделя в той же точке, что и при первоначальной установке (положение Б). Погрешность определяется по алгебраической разности показаний индикатора в положении А и Б, отнесенной к длине перемещения каретки</p>	<p>а) 0,03 на длине 100 мм (при выдвижении конец шпинделя может отклоняться только вверх);</p> <p>б) 0,01 на длине 100 мм (при выдвижении конец шпинделя может отклоняться только в сторону реза)</p>

№ про- вер- ок	Что проверяется?	Метод проверки	Допуск, мм
6	Расположение осей от- верстий шпинделей пе- редней и задней бабки (оси должны распола- гаться на одинаковой высоте над направляю- щими станины для ка- ретки)	Между центрами передней и задней бабки (при полностью вдвинутом шпинделе задней бабки) за- жимается цилиндрическая оправка, длина кото- рой составляет не менее $\frac{1}{3}$ наибольшего расстоя- ния между центрами. Индикатор укрепляется на суппорте так, чтобы его мерительный штифт ка- сался поверхности оправки по ее верхней образу- ющей. Для определения наибольшего показания индикатора суппорт перемещается вперед и на- зад. Замеры производятся у обоих концов оправ- ки приблизительно на одинаковых расстояниях от центров. Погрешность определяется по алгебраи- ческой разности наибольших показаний индикаторов при обоих замерах.	0,05 (ось отверстия шпиндели может находить- ся только выше оси от- верстия шпинделя перед- ней бабки)

## ПРОВЕРКА ТОКАРНОГО СТАНКА НА ЖЕСТКОСТЬ

Жесткость является одной из важнейших характеристик металлорежущих станков, позволяющей определить их точность и производительность. В СССР жесткость токарных станков, выпускаемых крупными сериями, нормируется по ГОСТ 7895—56.

Жесткостью технологической системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь) называется отношение нормальной составляющей силы резания к отжиму режущего инструмента от обрабатываемой детали, отсчитываемому в том же направлении.

Применительно к токарным станкам жесткость упругой системы можно определить по известной формуле:

$$j = \frac{P_y}{y}, \quad (1)$$

где  $P_y$  — радиальная составляющая силы резания, кгс;  
 $y$  — отжим резца в радиальном направлении, мм.

Исследованиями установлено, что основная часть отжимов узлов станков возникает вследствие деформации, возникающей на стыках контактирующих поверхностей. Масса деталей незначительно влияет на жесткость узлов ввиду небольших рабочих напряжений в них (даже при больших нагрузках).

Поэтому основными методами повышения жесткости станков являются уменьшение числа работающих стыков; повышение качества обработки контактирующих поверхностей, что способствует увеличению площади фактического контакта; создание более рациональной конструкции узлов. При увеличении размеров и массы станка его жесткость повышается незначительно.

## ПРОВЕРКА ЖЕСТКОСТИ ПО ГОСТ 7895—56

Испытание проводится с помощью специального приспособления, устанавливаемого в резцедержатель суппорта, по схеме, приведенной на рис. 5. Нагрузка на оправку, плотно вставленную в отверстие шпинделя передней бабки или в отверстие пиноли задней бабки, создается вращением маховичка приспособления через выдвижной штифт, расположенный под углом  $30^\circ$  к вертикали, что выражает соотношение между составляющими силы резания  $P_y/P_z=0,58$  и тем самым приближает условия испытания к реальным силовым нагрузкам, возникающим в процессе обработки. Место приложения нагрузки определяется размерами, приведенными в табл. 2. Величина усилия прижима за-

меряется с помощью пружинного динамометра и индикатора. Для получения силы  $P=400$  кгс, действующей на оправку, показание индикатора на скобе динамометра должно составлять 1,18 мм, для  $P=560$  кгс—1,63 мм. Суммарный отжим суппорта и оправки со шпинделем или пинолью в радиальном направлении горизонтальной плоскости измеряется с помощью другого индикатора с точностью 0,01 мм.

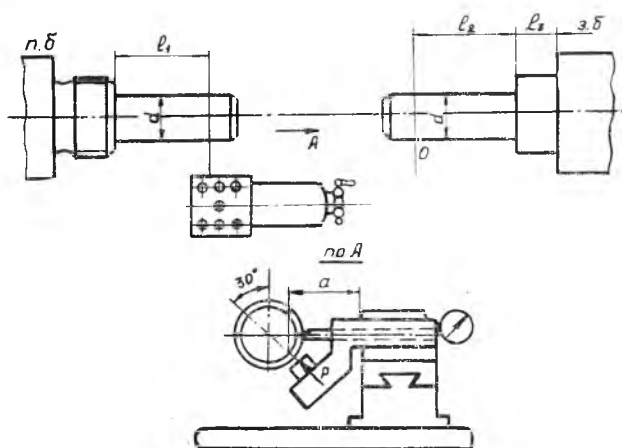


Рис. 5. Схема проверки жесткости токарного станка

Для станков, имеющихся в лаборатории, данные для проведения испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип станков	Наибольший диаметр обточки, мм	Установочные размеры, мм				
		$l_1$	$l_2$	$l_3$	$d$	$a$
1616 и 1А616	320	70	55	60	40	50
1А62 и 1К62	400	70	70	70	40	50

Величины прикладываемых сил и допустимые суммарные отжимы оправок и суппорта для двух типоразмеров станков приведены в табл. 3.

Проверка станка на жесткость проводится после правильной регулировки всех соединений. Закрепление всех затягиваемых соединений следует производить обычными ключами без приме-

Таблица 3

Наибольший диаметр обточки над станиной, мм	Сила, $P$ кгс	Наибольший допустимый отжим оправок и суппорта, мм		Наибольшая допустимая разность двух измерений, мм	
		около передней бабки	около задней бабки	около передней бабки	около задней бабки
320	400	0,17	0,21	0,03	0,04
400	560	0,21	0,27	0,04	0,05

нения удлинителей. Перед испытанием все подвижные нагружаемые соединения должны получить перемещение.

Отжимы измеряются по два раза около передней и задней бабок. За фактическую величину отжима принимается среднearифметическое значение двух измерений. Если разность результатов двух измерений превышает наибольшее допустимое значение, указанное в табл. 3, то производится третье измерение. В этом случае за фактический отжим принимается среднее значение трех измерений. На основании полученных результатов делается заключение о годности станка (о соответствии нормам жесткости). Кроме того, определяется фактическая суммарная жесткость передней бабки и суппорта, задней бабки и суппорта по формуле:

$$j_{\text{сум}} = \frac{P_y}{y} = \frac{P \sin 30}{y} \text{ кгс/мм.}$$

Испытания станков на жесткость по ГОСТ 7895—56 позволяют быстро и достаточно надежно определять качество изготовления деталей и сборки станка в целом. Однако условия нагрузки станка при испытаниях по ГОСТ значительно отличаются от реальных. Кроме того, такие испытания не позволяют определить раздельную жесткость отдельных узлов.

#### ИЗМЕРЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

Для получения данных по жесткости станка, более пригодных для расчета точности обработки и обеспечения возможности раздельного определения жесткости основных узлов станка, на кафедре «Резание, станки и инструменты» КуАИ\* была разра-

\* Методика разработана профессором, доктором технических наук

Л. П. Медведевым.



ботана методика испытания станков при закреплении детали в центрах. Испытание жесткости производится с помощью приспособления, показанного на рис. 6.

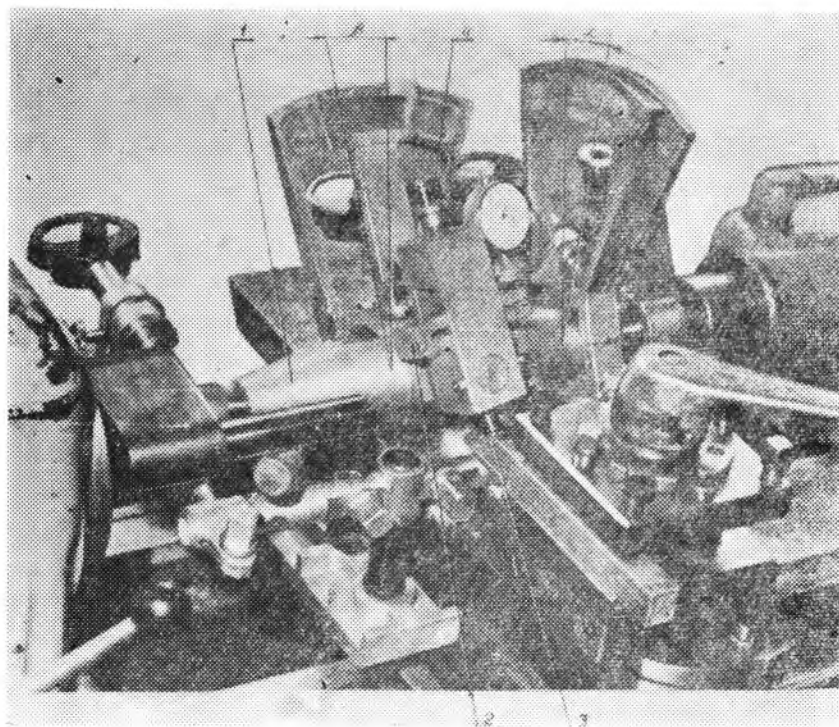


Рис. 6. Установка для проверки жесткости узлов токарного станка:  
1 — оправка; 2 — пружинный динамометр; 3 — штифт; 4 — нажимной винт.

В центрах станка устанавливается оправка 1. Нажимным винтом 4 через пружинный динамометр 2 создается усилие, которое штифтом 3 передается на шарик оправки, закрепленной в суппорте. Путем поворота оси нажимного винта в плоскости, перпендикулярной оси детали, на угол  $\alpha$  и в вертикальной плоскости, параллельной оси детали, на угол  $\beta$  можно изменить направление действия силы  $P$  в пространстве и тем самым получить соотношение ее составляющих —  $P_z:P_y:P_x$ . Установка расчетных углов  $\alpha$  и  $\beta$  производится поворотом оправки в центрах и корпуса нажимного устройства. Отсчитываются углы с помощью уровня с градусными шкалами, прикладываемого базовой поверхностью к граням корпуса нажимного устройства в соответствующих направлениях.

При испытании шпиндель станка тормозится с помощью клиньев, устанавливаемых в ременной передаче, и механизмы привода оказываются нагруженными крутящим моментом.

На рис. 7 показана схема разложения силы  $P$  на составляющие, из которой следует:

$$\begin{aligned}
 P_z &= P \sin \gamma; \\
 P' &= \sqrt{P_y^2 + P_x^2}; \\
 \cos \gamma &= \frac{P'}{P} = \sqrt{\left(\frac{P_y}{P}\right)^2 + \left(\frac{P_x}{P}\right)^2}; \\
 \lambda_1 &= \operatorname{tg} \alpha = \frac{P_y}{P_z}; \\
 \lambda_2 &= \operatorname{tg} \beta = \frac{P_x}{P_z}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

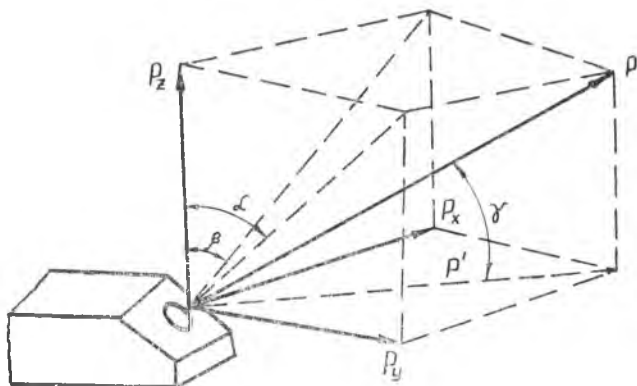


Рис. 7. Схема разложения силы  $P$  при испытании токарного станка на жесткость

Учитывая, что

$$\sin \gamma = \sqrt{1 - \cos^2 \gamma},$$

после соответствующих преобразований можно получить

$$\sin \gamma = \sqrt{\frac{1}{1 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}}.$$

Теперь величину радиальной составляющей  $P_y$  можно определить по уравнению:

$$P_y = \lambda_1 P_z = \lambda_1 P \sqrt{\frac{1}{1 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$$

Сила  $P_y$  полностью действует только на суппорт. На переднюю и заднюю бабки действуют силы, определяемые по формулам:

$$P_{п. б} = 0,50 P_y + \frac{a}{L} P_x = 0,50 P_y + \frac{73}{350 \cos \alpha} P_x; \quad (3)$$

$$P_{з. б} = 0,50 P_y - \frac{a}{L} P_x = 0,50 P_y - \frac{73}{350 \cos \alpha} P_x. \quad (4)$$

В этих формулах  $\frac{73}{\cos \alpha}$  — плечо силы  $P_x$ , за счет которого создается момент, стремящийся повернуть оправку I в горизонтальной плоскости;  $L=350$ —длина оправки.

Отжимы передней и задней бабок и суппорта замеряются одновременно тремя миниметрами, установленными на станине с помощью жестких штативов.

Перед испытанием узлы станка предварительно нагружаются силой  $P=500$  кгс. После снятия нагрузки приборы, измеряющие отжимы, должны быть снова установлены на  $\theta$ . Нагрузка при испытании прикладывается ступенчато, с последовательной фиксацией значений  $P=200, 300, 400, 500$  кгс. После доведения нагрузки до 500 кгс производится ступенчатая разгрузка с фиксацией тех же значений силы  $P$ .

Данные о тарировке динамометра приспособления приведены в табл. 4.

Таблица 4

Нагрузочная сила, $P$ кгс	Показания индикатора на скобе динамометра, мм
200	0,41
300	0,61
400	0,82
500	1,03

Замер отжимов при разгрузке, в частности после полного снятия нагрузочной силы, производится с целью определения остаточных отжимов. Испытания проводят для двух-трех соотношений— $P_z:P_y:P_x$ , заданных преподавателем.

Результаты испытания и расчеты заносятся в протокол.

Расчет жесткости производится по формулам:

$$j_{п. б} = \frac{P_{п. б}}{y_{п. б}} \text{ кгс/мм}; \quad (5)$$

ПРОТОКОЛ  
испытаний жесткости токарно-винторезного станка

Группа \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_

Дата испытаний \_\_\_\_\_

Соотношения $P_z : P_y : P_x$	$P$ кг	Отжим узлов станка, мк		
		передняя бабка	суппорт	задняя бабка
	0 200 300 400 500 400 300 200 0			
	0 200 300 400 500 400 300 200 0			
	0 200 300 400 500 400 300 200 0			

$$j_{\text{суп}} = \frac{P_y}{y_{\text{суп}}} \text{ КГС/ММ}; \quad (6)$$

$$j_{\text{з. б}} = \frac{P_{\text{з. б}}}{y_{\text{з. б}}} \text{ КГС/ММ}, \quad (7)$$

где  $P_y$ ,  $P_{\text{п. б}}$ ,  $P_{\text{з. б}}$  — определяются по формулам (2) — (4); величины отжимов  $y_{\text{п. б}}$ ,  $y_{\text{суп}}$ ,  $y_{\text{з. б}}$  берутся из протокола испытаний.

По расчетным данным строятся графики изменения жесткости узлов в зависимости от действующей силы. Далее графики анализируются и делаются соответствующие выводы.

### Работа № 3

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА ИБ124. ПАЛАДКА СТАНКА

Автоматами называются станки, в которых все рабочие и вспомогательные движения автоматизированы.

Токарно-револьверный одношпиндельный автомат ИБ124 предназначен для изготовления в серийном и массовом производстве деталей сравнительно сложной формы, преимущественно из пруткового материала (круглого, шестигранного и др.). Автомат имеет один продольный суппорт с шестинозиционной револьверной головкой и три поперечных.

#### Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	25
Наибольшая подача прутка за одно переключение, мм	90
Наибольшая длина обточки, мм	80
Расстояние от торца шпинделя до револьверной головки, мм	
наибольшее	180
наименьшее	50
Наибольший ход поперечных суппортов, мм	40
Число оборотов шпинделя, мин	
при обточке (левое вращение)	200—3150
при нарезании резьбы (правое вращение)	11,6—363
Мощность главного электродвигателя, кВт	5,5

Основные узлы станка и органы управления показаны на рис. 8.

Основание 1 и станина 2 станка представляют собой литые корпуса коробчатой формы. В нише основания смонтирована коробка скоростей, электродвигатель, натяжное устройство ременной передачи и размещен резервуар для СОЖ. На станине смонтированы: шпиндельная бабка 5, поперечные суппорта 6, продольный суппорт 9 с револьверной головкой 7, распределительный вал 3, вспомогательный вал и другие узлы.

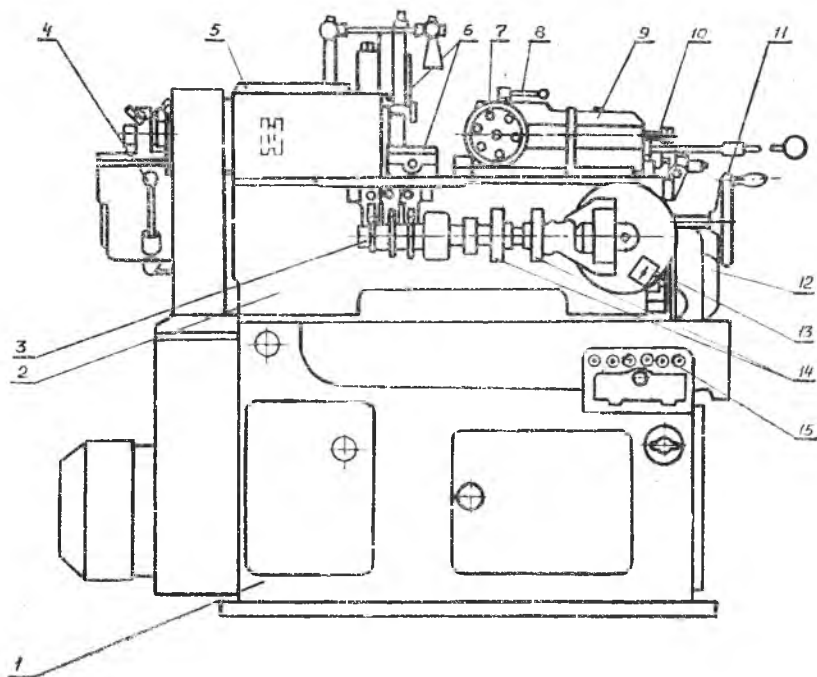


Рис. 8. Токарно-револьверный автомат ИБ1 24:

1 — основание; 2 — станина; 3 — распределительный вал; 4 — рукоятка включения вращения вспомогательного вала; 5 — шпиндельная бабка; 6 — вертикальный и передний поперечные суппорта; 7 — револьверная головка; 8 — рукоятка фиксатора РГ; 9 — продольный суппорт; 10 — барабан автоматического переключения скоростей шпинделя; 11 — маховик ручного вращения вспомогательного вала; 12 — гитара сменных колес; 13 — конечный переключатель реверса шпинделя; 14 — барабаны управления подачей и зажимом прутка и поворота РГ; 15 — пульт управления вращением шпинделя

Заготовка в виде прутка пропускается через отверстие шпинделя, закрепляется в цанговом патроне и получает в процессе обработки вращательное главное движение. Все инструменты, работающие с продольной подачей (резцы, сверла, метчики, плашки и др.), устанавливаются в гнездах револьверной головки; инструменты, работающие с поперечной подачей (отрезные,

прорезные, фасонные и другие резцы), устанавливаются в поперечных суппортах. Кинематическая схема станка приведена на рис. 9 (см. вкладку).

### МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Шпиндель получает вращение от главного электродвигателя через коробку скоростей и клиноременную передачу. От вала I коробки скоростей вращение передается на вал II через три зубчатые передачи, включаемые с помощью двух электромагнитных муфт  $M_1$ ,  $M_2$  и обгонной муфты  $M_3$ . Включение этих муфт производится барабаном 10 (см. рис. 8), переключаемым мальтийским механизмом при повороте револьверной головки в соответствии с положением переключателей  $K_1—K_6$  на пульте управления 15 (см. рис. 8). При включении переключателя вверх или

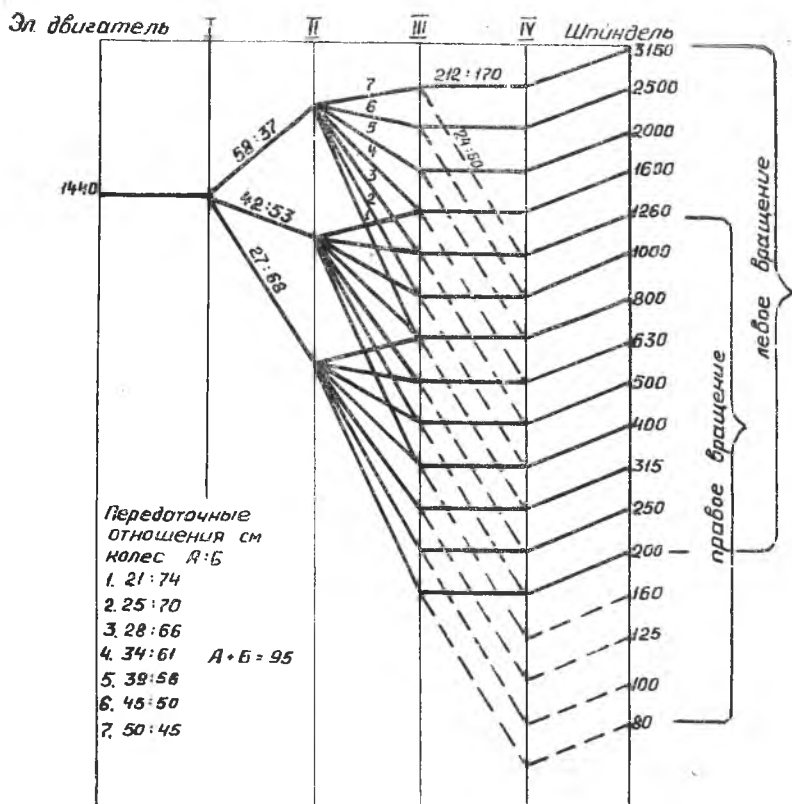


Рис. 10. Картина чисел оборотов станка ИБ124

вниз включаются муфты  $M_1$  или  $M_2$  и передачи  $58/37$  или  $42/53$ . При среднем положении переключателя муфты  $M_1$  и  $M_2$  выключаются и движение передается через колеса  $27/68$ , что соответствует низшей передаче. Таким образом, для каждого положения револьверной головки с соответствующим инструментом можно автоматически включать скорости, более близкие к оптимальным.

От вала II движение передается на вал III через сменные зубчатые колеса А и Б с постоянной суммой зубцов, равной 95. Вследствие перестановки семи пар колес скорости изменяются в соответствии с картиной чисел оборотов, приведенной на рис. 10. Как видно из рис. 10, при различных передачах сменных колес некоторые числа оборотов шпинделя повторяются, и фактически он имеет 13 ступеней левого вращения и 13 — правого. Реверсирование шпинделя производится электромагнитными муфтами  $M_4$  и  $M_5$ , переключаемыми с помощью кулачка, расположенного на распределительном валу, и конечного переключателя 13 (см. рис. 8). При включении муфты  $M_4$  передача от вала III к валу IV осуществляется через зубчатые колеса  $47/47$ , при включении муфты  $M_5$  — через колеса  $24/40/60$ . В первом случае происходит левое вращение, при котором выполняются токарные обработки; во втором — правое вращение, необходимое для нарезания правых резьб. Правое вращение, по сравнению с левым, замедлено в 2,5 раза, что обусловлено большей сложностью процесса резания при нарезании резьбы и использованием для резьбонарезных инструментов менее стойких материалов. Конструкция шпиндельной бабки представлена на рис. 11 (см. вкладку). Передней опорой шпинделя 3 является двухрядный роликовый подшипник 4. Регулировка зазора осуществляется гайкой 6. Задней опорой служат два радиально-упорных шариковых подшипника 13, зазор регулируется гайкой 12. Ведомый шкив 15 установлен на двух шарикоподшипниках на втулке 14, прикрепленной к корпусу бабки, и передает движение к шпинделю через втулку 16 и шпонку 17. Такая конструкция обеспечивает высокую жесткость и виброустойчивость системы.

### МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ СУППОРТОВ

Механизм подачи суппортов состоит из электромотора мощностью  $N=1,1$  кВт, вспомогательного V и распределительного валов VIII, IX и дисковых профильных кулачков А, Б, В, Г (см. рис. 9).

От электродвигателя с  $n=1440$  об/мин через червячную передачу  $2/24$  движение передается на вспомогательный вал V, который для удобства настройки вращается со скоростью 120



об/мин, постоянной для всех моделей токарно-револьверных автоматов.

От вспомогательного вала через колеса  $29/79$ , гитару сменных шестерен, червячную передачу  $1/40$  вращение передается на распределительный вал, состоящий из двух частей VIII и IX. Распределительный или управляющий вал является программно-носителем рабочих подач суппортов и всех вспомогательных движений. За время изготовления одной детали (за время цикла) он делает, как правило, один оборот.

Рабочие подачи поперечных суппортов производятся дисковыми кулачками А, Б, В (см. рис. 9), установленными на валу IX. Профили этих кулачков зависят от величины подачи, скорости вращения распределительного вала, длины хода инструмента и рассчитываются для каждой изготавливаемой детали. Для того чтобы подача суппорта была равномерной, профиль кулачка должен очерчиваться по эквидистанте к архимедовой спирали на расстоянии, равном радиусу ролика рычага. Практически эти кривые заменяются архимедовыми спиралями. Форма кулачков приведена на рис. 12. Передача движений от дисковых кулачков к поперечным суппортам осуществляется с помощью рычагов с зубчатыми секторами и реек. Рейки связаны с суппортами

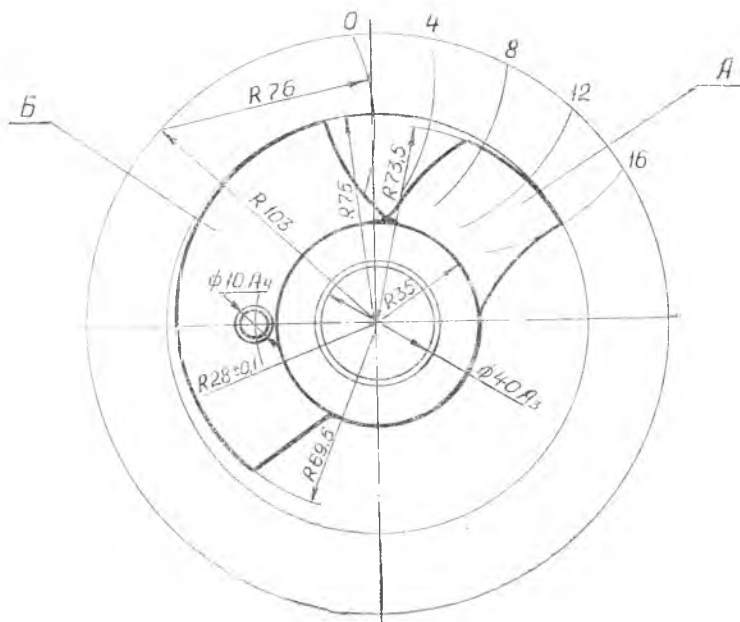


Рис. 12. Кулачки поперечных суппортов: А—переднего суппорта для подрезки фаски; Б—заднего суппорта для отрезки детали

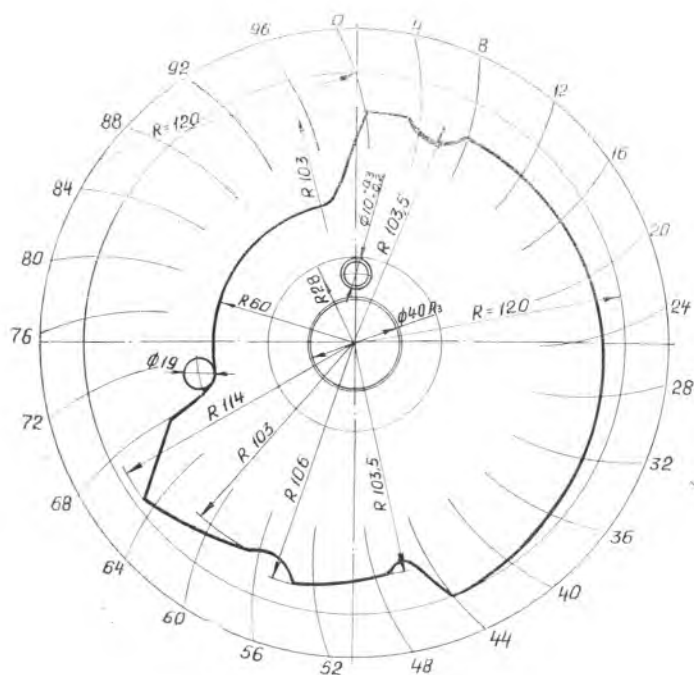


Рис. 13. Профиль кулачка револьверного сушиорта

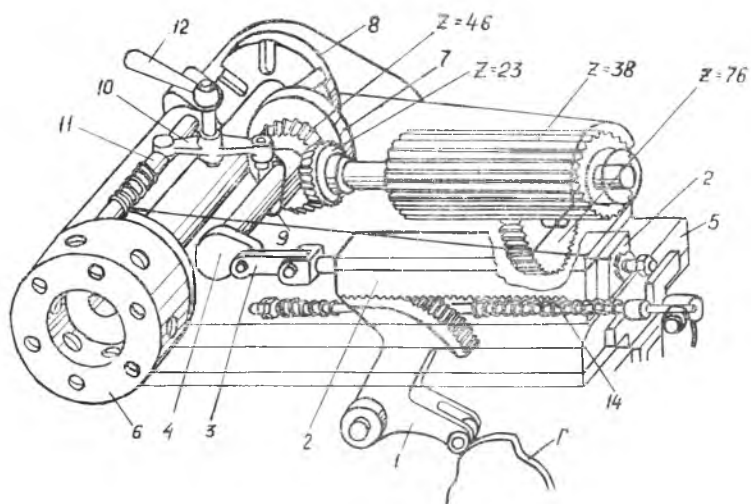


Рис. 14. Механизм револьверного сушиорта

при помощи винтов с установочными гайками. Регулировка суппортов может производиться в пределах 6—8 мм.

**Рабочая продольная подача револьверного суппорта** осуществляется от дискового многопрофильного кулачка  $\Gamma$ , установленного на валу VIII. Форма кулачка для изготовления определенной детали показана на рис. 13. Под действием рабочего участка кулачка рычаг 1 поворачивается (рис. 14) и зубчатым сектором перемещает вперед рейку 2 и шатун 3 с валом кривошипа 4. При этом кривошипно-шатунный механизм находится в мертвом положении и является как бы жестким звеном. Величина перемещения суппорта соответствует величине подъема архимедовой спирали кулачка (соотношение плеч рычага равно единице). Корпус суппорта находится под постоянным воздействием пружины 14, стремящейся сдвинуть его назад; силой этой пружины ролик рычага 1 всегда прижат к кулачку  $\Gamma$ .

### МЕХАНИЗМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Вспомогательные (холостые) движения—это движения, непосредственно не связанные с обработкой детали. В автомате к ним относятся: ускоренный подвод и отвод суппортов (что обеспечивается профилем кулачков); реверсирование шпинделя (переключением муфт через концевые переключатели); переключение револьверной головки, подача и зажим материала (управляются распределительным валом с помощью барабанов «З» и «Л» и установленных на них сухариков) (см. рис. 9). Угловое положение сухариков определяется наладчиком в соответствии с операционной картой настройки по нанесенным на барабанах делениям.

**Переключение револьверной головки** на следующую позицию производится в конце каждого перехода в следующей последовательности.

1. Быстрый отход револьверного суппорта слева направо (назад).
2. Поворот револьверной головки на  $60^\circ$ .
3. Быстрый подход суппорта справа налево (вперед).

После окончания отдельного перехода ролик рычага 1 (см. рис. 14) скатывается во впадину кулачка  $\Gamma$  и под действием пружины суппорт отходит вправо на расстояние, соответствующее глубине этой впадины. В этот же момент с помощью одного из шести сухариков барабана «Л», действующих на рычаг, включается правая подвижная часть двусторонней муфты  $M_6$  (см. рис. 9), колесо  $z=57$  соединяется со вспомогательным валом. При этом движение на вал кривошипа 4 передается по кинематической цепи:

$$\frac{4}{3} \text{ об. в. в.} \cdot \frac{57}{76} \frac{76}{38} \frac{23}{46} = 1 \text{ об. п. к.}$$

После совершения валом кривошипа одного оборота муфта  $M_6$  автоматически выключается нажимом пальца рычага на торцевой выступ кулачка подвижной части муфты. За пол-оборота валика 4 суппорт (при неподвижной рейке) быстро отойдет вправо на величину двойного радиуса кривошипа. За вторую половину оборота он быстро переместится влево, к изделию. При движении суппорта вправо палец диска 7 (после поворота примерно на  $112^\circ$ ) войдет в один из шести пазов мальтийского креста 8, в результате чего револьверная головка повернется на  $60^\circ$ . Перед поворотом револьверной головки с помощью торцевого кулачка 9 и двуплечего рычага 10 фиксатор 11 выводится из гнезда револьверной головки 6. После поворота револьверной головки на  $60^\circ$  фиксатор под действием пружины входит в следующее гнездо, головка фиксируется в новом положении. При наладке станка револьверную головку можно поворачивать вручную, выводя фиксатор 11 рукояткой 12.

**Механизм подачи и зажима прутка** (см. рис. 11) состоит из двух основных элементов: зажимной цанги 1 и подающей трубы 20 с цангой 22, которые размещены в отверстии шпинделя 3.

Подающая труба с помощью подшипника закрепляется в ползушке 18 и может перемещаться в осевом направлении рычагом 19 от цилиндрического кулачка  $E$  на валу VI (см. рис. 9). Через отверстие подающей цанги 22 пропускается калиброванный пруток, который раздвигает губки цанги и за счет трения удерживается ими. Длина хода подающей трубы регулируется винтом 23 и камнем 24. Зажим и разжим зажимной цанги 1 осуществляется за счет перемещения втулки 10 с помощью рычага 21, приводимого в движение от цилиндрического кулачка  $Ж$  на валу VI (см. рис. 9).

Подача и зажим прутка производятся после отрезки готовой детали и отхода резца от прутка. В этот момент сухарик барабана 3 (см. рис. 9) поднимает рычаг и освобождает левую часть полумуфты  $M_6$ , которая под действием осевой пружины соединяется со средней частью и связывает блок колес 36—54 со вспомогательным валом. В результате этого через зубчатую передачу 36/72 валу VI сообщается один оборот (через 54/54 — два оборота при двойной подаче прутка) и муфта  $M_6$  автоматически отключается. Винтовые канавки в кулачках  $E$  и  $Ж$  согласованы таким образом, что в первый момент рычаг 21 неподвижен, а рычаг 19 поворачивается и отводит ползун 18 вместе с подающей трубой 20 и цангой 22 (см. рис. 11) в крайнее левое положение. При этом подающая цанга скользит по прутку, зажатою зажимной цангой. В следующее мгновение при повороте рычага 21 втулка 10 перемещается вправо и разводит рычаги 8; осе-

вое давление на конусную втулку 2 прекращается и зажимная цанга за счет силы упругости разжимается. Отводу втулки 2 назад способствует спиральная пружина 5. После этого ползун 18 вместе с трубой и прутком перемещается рычагом 19 вправо. Пруток проходит через раскрытую зажимную цангу до упора, установленного в одном из гнезд револьверной головки. Далее рычагом 21 втулка 10 перемещается назад, рычаги 8, опирающиеся на кольцо 9, сводятся и передними концами нажимают на втулку 7, которая перемещает конусную втулку 2 вперед—происходит зажим прутка.

## НАЛАДКА АВТОМАТА

Под наладкой понимается сумма всех мероприятий, обеспечивающих на данном станке производительную и экономичную обработку деталей заданного качества. При разработке технологического процесса и операционной карты необходимо, по возможности, учитывать применение многоинструментальных державок и совмещение работы инструментов револьверной головки и поперечных суппортов. При этом необходимо помнить об обеспечении жесткости системы и точности обработки. Расчет и наладка автомата производятся в следующей последовательности.

1. Устанавливается последовательность обработки заданной детали, выбираются режущие инструменты, оправки и приспособления, рассчитываются ходы инструмента и расстояния от торца шпинделя до револьверной головки.

2. Назначаются режимы резания ( $t$ ,  $s$  и  $v$ ).

3. Рассчитывается время работы каждого инструмента в оборотах шпинделя:

$$n_{pi} = \frac{l_i}{s}$$

4. Определяется общее рабочее время в оборотах шпинделя и приближенно—цикл обработки, с:

$$n_p = \sum n_{pi}; \quad T_p = \frac{n_p}{n} \cdot 60; \quad T_{ц. пр} = T_p + T_{х. пр}$$

(время совмещенных переходов не учитывается).

5. По специальной таблице, приведенной в паспорте станка, в зависимости от  $T_{ц}$  определяются количество сотых долей оборота распределительного вала (один оборот за цикл—100 лучей), приходящееся на холостые ходы, и их общее время в лучах:

$$M_x = \sum M_{ix}$$

6. Рассчитывается общее количество сотых долей (лучей), приходящееся на рабочие ходы,

$$M_p = 100 - M_x;$$

число оборотов шпинделя, приходящееся на один луч,

$$m = \frac{n_p}{M_p};$$

и число лучей на каждый проход

$$M_{pi} = \frac{n_{pi}}{m}.$$

7. Определяются номера лучей, соответствующие началу и концу каждого перехода.

8. Рассчитывается время на холостые ходы в оборотах шпинделя и в секундах:

$$n_x = m M_x; \quad T_x = \frac{n_x}{n} \cdot 60.$$

9. Определяется цикл обработки:

$$T_n = T_p + T_x.$$

Одновременно с расчетами заполняется операционная карта наладки автомата (см. рис. 9а).

10. Проектируются и изготавливаются профильные кулачки для подачи поперечных суппортов и револьверной головки (см. рис. 12, 13).

11. По расчетным данным, внесенным в операционную карту, устанавливаются инструменты, кулачки и производится установка сухариков на барабанах распределительного вала.

#### *Работа № 4*

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6Н83Ш. НАЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ВИНТОВЫХ КАНАВОК

Широкоуниверсальный консольный фрезерный станок 6Н83Ш предназначен для выполнения сложных и простых работ в индивидуальном и серийном производстве. На станке предусмотрено два обособленных привода главного движения—основного горизонтального шпинделя и верхнего вертикального, смонтиро-

ванного в поворотной головке, которая установлена на зуботе станка. Горизонтальный шпиндель имеет достаточно мощный привод и предназначен для выполнения основных работ. Поворотный шпиндель предназначен для выполнения вспомогательных работ малыми фрезами, не требующими большой мощности.

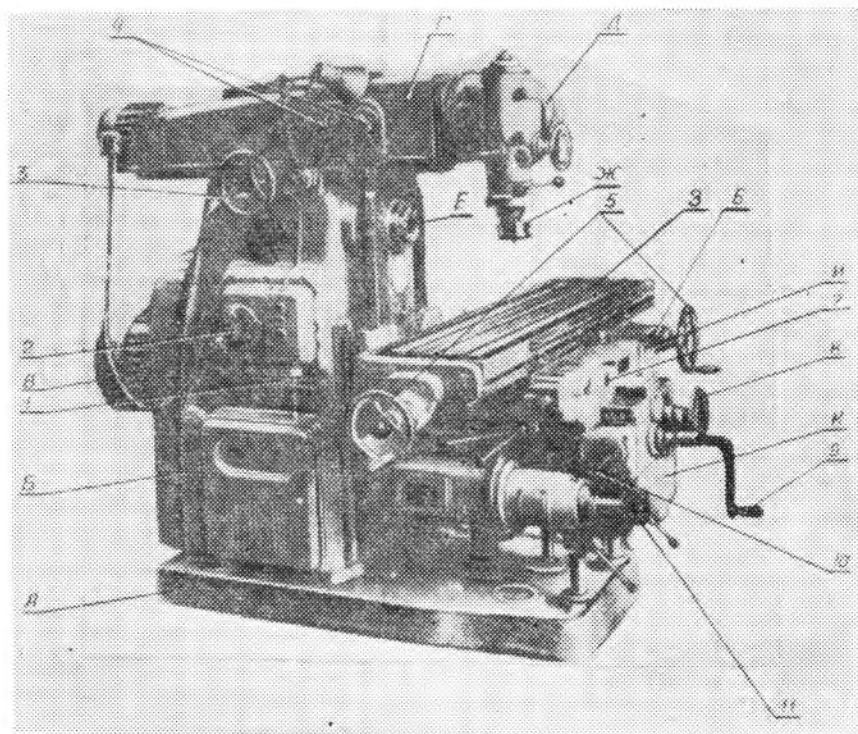


Рис. 15. Широкоуниверсальный фрезерный станок 61183Ш1:

А — основание; Б — станина; В — главный электродвигатель; Г — хобот; Д — поворотная шпиндельная головка; Е — основной шпиндель; Ж — дополнительный шпиндель; З — стол; И — поперечные салазки; К — консоль; Л — рукоятка включения выбранной скорости; М — рукоятка выбора требуемой скорости шпинделя; Н — рукоятка перемещения хобота; О — рукоятки переключения скоростей поворотного шпинделя; П — маховики ручного продольного перемещения стола; Р — рукоятка включения механической продольной подачи; С — крышка механизма регулирования люфта в винтовой паре; Т — маховики ручного поперечного перемещения стола; У — рукоятка ручного вертикального перемещения стола; Ф — рукоятка включения механических поперечной и вертикальной подач; Ц — рукоятка селективного переключения коробки подач

#### Техническая характеристика станка

Размеры стола, мм	1600×400
Продольный, поперечный и вертикальный ходы стола, мм	90, 320, 420

Число ступеней оборотов горизонтального шпинделя	18 (в пределах от 30 до 1500 об/мин)
Мощность главного электродвигателя, кВт	10
Число ступеней оборотов шпинделя поворотной головки	9 (в пределах от 93 до 1420 об/мин)
Мощность электродвигателя привода поворотного шпинделя, кВт	2,8
Мощность электродвигателя подачи, кВт	2,8
Число ступеней продольных, поперечных и вертикальных подач стола	18
Пределы, подач, мм/мин продольных и поперечных	24,3—1168
вертикальных	8,0—390
Скорость быстрых перемещений стола, мм/мин продольного, поперечного	2250
вертикального	770

На рис. 15 показан внешний вид станка с указанием основных узлов и органов управления, на рис. 16 приведена его кинематическая схема (см. вкладку).

#### МЕХАНИЗМ ГЛАВНЫХ ДВИЖЕНИЙ СТАНКА

**Привод основного шпинделя** осуществляется от фланцевого электродвигателя мощностью 10 кВт через упругую муфту и коробку скоростей с двумя тройными и одним двойным скользящими блоками зубчатых колес. Коробка скоростей имеет селективное управление, с помощью которого любое из 18 чисел оборотов предварительно устанавливается поворотом рукоятки 2 (см. рис. 15), а включение выбранной скорости производится поворотом рукоятки 1. Перед установкой рукоятки 2 главный электродвигатель автоматически отключается поворотом рукоятки 1 в направлении от станины.

Кинематическое уравнение привода главного шпинделя в общем виде:

$$n_{1-18} = 1460 \frac{26}{54} \frac{19}{36} \left\{ \begin{array}{l} \frac{16}{39} \\ \frac{18}{47} \\ \frac{28}{37} \\ \frac{39}{26} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \frac{16}{57} \\ \frac{81}{39} \end{array} \right\} = 30 \text{—} 1500 \text{ об/мин.}$$

Картина чисел оборотов коробки скоростей показана на рис. 17. Обороты на шпинделе изменяются по геометрическому ряду



со стандартным знаменателем  $\phi = 1,26$ . Диапазон регулирования  $D = 50$ .

Привод шпинделя поворотной головки осуществляется от электродвигателя мощностью 2,8 кВт через упругую муфту и коробку скоростей, размещенные в корпусе хобота станка.

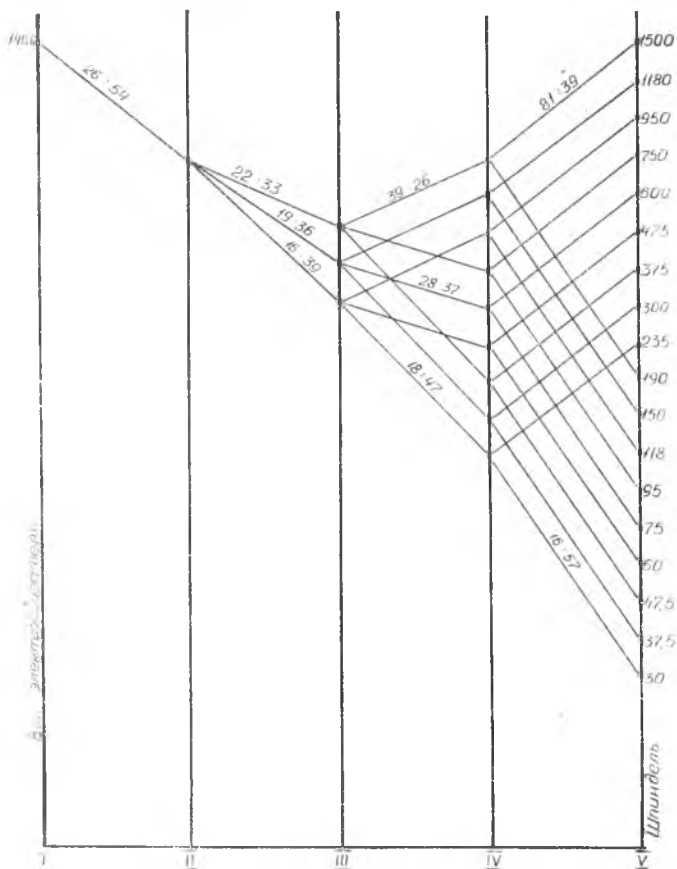


Рис. 17. Картина чисел оборотов коробки скоростей станка 6Н83Ш

Два скользящих трехступенчатых блока обеспечивают получение девяти скоростей. Управление этими блоками обычное, с помощью двух рукояток 4 (см. рис. 15).

Кинематическое уравнение привода поворотного шпинделя в общем виде:

$$n_{1-9} = 1420 \cdot \frac{19}{53} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{30}{42} \cdot \frac{18}{18} \cdot \frac{30}{30} \cdot \frac{22}{22} = 93-120 \text{ об/мин.}$$

Пуск, остановка и реверсирование шпинделей осуществляется переключением электродвигателей.

### МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ

Механизм подачи стола и закрепленного на нем изделия в продольном, поперечном и вертикальном направлениях смонтирован в полости консоли и приводится в движение от отдельного электродвигателя мощностью 2,8 кВт (см. рис. 16). Коробка подачи с помощью тройных скользящих блоков шестерен 27—36—18, 37—40—34 и передвижной шестерни 40, включающей и выключающей перебор 13/45·18/40, обеспечивает получение 18 разных передаточных отношений. Переключение подач производится одной рукояткой 11 (см. рис. 15) с помощью селективного устройства. Для этого рукоятку необходимо оттянуть назад, нажав пальцем на ее центральную часть, и повернуть на нужный угол. Кинематическое уравнение цепи продольной подачи имеет вид:

$$s_{\text{пр}} = 1420 \cdot \frac{26}{44} \cdot \frac{24}{64} \cdot \frac{27}{27} \cdot \frac{21}{37} \cdot \frac{18}{18} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{13}{45} \cdot \frac{18}{40} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{20}{45} \cdot \frac{18}{33} \cdot \frac{33}{37} \times \frac{18}{16} \cdot \frac{18}{18} \cdot 6 = 24,3-1168 \text{ мм/мин.}$$

Поперечные подачи включаются муфтой М<sub>3</sub> (муфта М<sub>2</sub> выключается). Движение столу передается через поперечный ходовой винт с теми же значениями подач —  $s_{\text{поп}} = 24,3-1168$  мм/мин.

Вертикальные подачи включаются муфтой М<sub>4</sub> с передачей движения на вертикальный винт. Величина этих подач составляет 1/3 от продольных и поперечных, т. е.  $s_{\text{верт}} = 8-390$  мм/мин. Механизм подачи при рабочих ходах предохраняется от перегрузки шариковой муфтой, смонтированной в ступице широкого зубчатого колеса  $z=40$ .

Кроме рабочих подач, столу может сообщаться быстрое перемещение во всех трех направлениях от двигателя подачи по ук-

роченной кинематической цепи. При этом коробка подач отключается включением электромагнитной фрикционной муфты  $M_1$  (нажатием на кнопку «Быстро»). При включении фрикционной муфты колесо  $z=43$  связывается с валом, а передача движения по цепи рабочих подач прекращается выключением кулачковой муфты  $M_5$ . Кинематическое уравнение быстрого продольного хода стола имеет вид:

$$s_{\text{пр. быстр}} = 1420 \cdot \frac{26}{44} \cdot \frac{44}{57} \cdot \frac{57}{43} \cdot \frac{29}{35} \cdot \frac{18}{33} \cdot \frac{33}{37} \cdot \frac{18}{16} \cdot \frac{18}{18} \cdot 6 = 2250 \text{ мм/мин.}$$

Направление движения стола на быстром ходу совпадает с направлением включенной рабочей подачи.

Реверсирование рабочих и быстрых подач осуществляется переключением направления вращения электродвигателя.

Станок 6Н83Ш приспособлен для фрезерования как при встречной, так и при попутной подаче, которая широко применяется при фрезеровании сильно упрочняющихся материалов.

Попутная подача обеспечивается механизмом, ликвидирующим свободный ход в винтовой паре продольной подачи (рис. 18). На ходовом винте 2 установлены две гайки 1. Одна из них неподвижно закреплена в консоли, а вторая может поворачиваться и смещаться вдоль винта с помощью червяка 3. При регулировании снимается крышка 7, винты 6 отпускаются и вращением червяка 3 устанавливается нужный натяг между гайка-

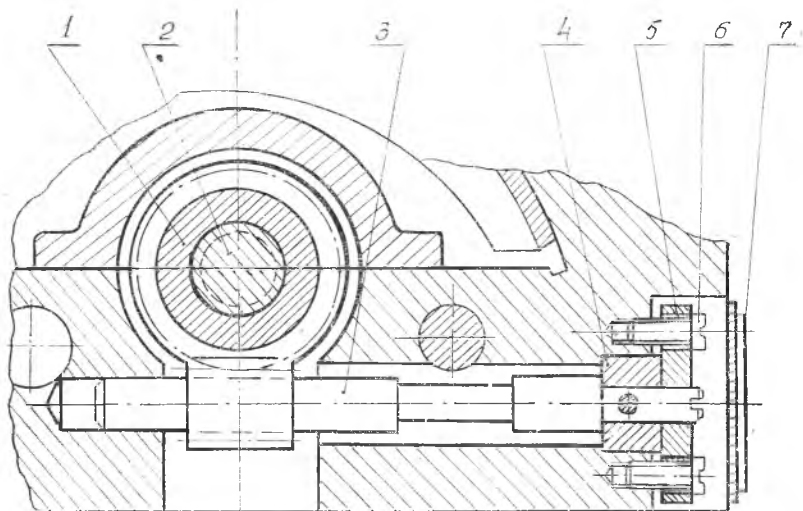


Рис. 18. Механизм регулировки зазора в винтовой паре продольной передачи:

- 1 — поворотная гайка; 2 — ходовой винт; 3 — червяк; 4 — стопорное кольцо;  
5 — нажимная шайба; 6 — зажимные винты; 7 — крышка

ми и винтом. Величина натяга проверяется поворотом ходового винта 2 (он должен вращаться с некоторым сопротивлением). После этого винты 6 затягиваются и крышка 7 закрывается.

Рассмотренный механизм регулирования люфта в винтовой паре прост, но ненадежен, он не имеет автоматической подналадки при работе.

## УСТРОЙСТВО И НАЛАДКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Универсальная делительная головка (УДГ) широко применяется на фрезерных станках и предназначена для выполнения следующих операций:

периодического поворота заготовки вокруг оси на определенные углы — деления (фрезерование впадин зубчатых колес, канавок фрез, зенкоров, пазов, шлиц граней и т. д.);

непрерывного вращения заготовки при нарезании спиральных канавок (сверл, зенкоров), винтовых зубьев;

установки оси обрабатываемой заготовки под требуемым углом относительно стола станка (при нарезании конических зубчатых колес, зенковок и т. д.).

Основные части и кинематика УДГ приведены на рис. 19.

Делительная головка позволяет производить деление тремя методами.

**1. Непосредственное деление** — применяется при делении окружности (в градусах) на часто употребляемое число частей — 3, 4, 6, 8 и т. д. Для этого однозаходный червяк выводится из зацепления с червячным колесом 40, после чего шпин-

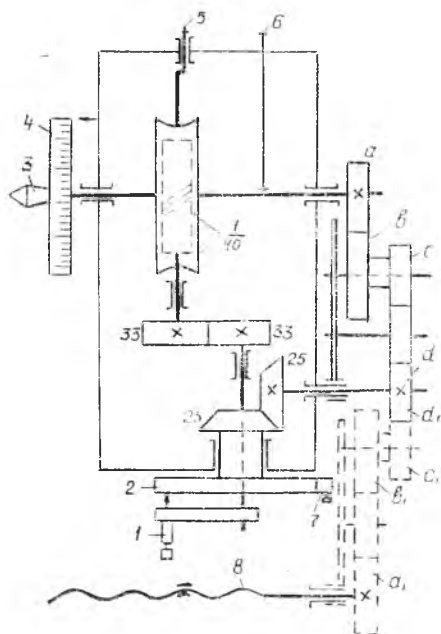


Рис. 19. Основные части и кинематика УДГ:

1 — вращающаяся рукоятка с фиксатором; 2 — делительный диск; 3 — шпиндель; 4 — делительный диск непосредственного деления; 5 — рукоятка включения червяка; 6 — рукоятка зажима шпинделя; 7 — защелка делительного диска; 8 — ходовой винт фрезерного станка; а, в, с, d — сменные зубчатые колеса для сложного деления; а<sub>1</sub>, в<sub>1</sub>, с<sub>1</sub>, d<sub>1</sub> — сменные зубчатые колеса для нарезания винтовых канавок

дель раскрепляется рукояткой *b* и поворачивается при вращении от руки патрона или диска непосредственного деления. Отсчет угла поворота производится по градусной шкале диска и нониусу, закрепленному на корпусе головки.

2. **Простое деление** — осуществляется вращением рукоятки *I* (рис. 19) через шестерни 33/33 и червячную пару 1/40.

Угол поворота рукоятки *I* отсчитывается по отверстиям, которые расположены на концентрических окружностях делительного диска 2. Если *z* — число делений, на которое необходимо разделить заготовку, а *n* — число оборотов рукоятки, соответствующее повороту заготовки (шпинделя) на одно деление, то

$$n \cdot \frac{33}{33} \frac{1}{40} = \frac{1}{z} \text{ или } n = \frac{40}{z}.$$

Число 40 называется характеристикой делительной головки. Число оборотов *n* может быть целым или дробным. Для поворота на дробную часть числа *n* эту величину приводят к такому виду, чтобы знаменатель был равен числу отверстий на одной из окружностей диска, против которой и устанавливается фиксатор поворотной рукоятки. При этом значение числителя будет соответствовать числу отверстий, на которое нужно повернуть рукоятку. Для того чтобы каждый раз при делении не производить отсчет отверстий, пользуются поворотными линейками, которые раздвигаются на угол, охватывающий нужное число отверстий.

Пример.

Пусть требуется нарезать зубчатое колесо с  $z=60$ , тогда

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{60} = \frac{20}{30}.$$

Фиксатор рукоятки *I* устанавливается против окружности с 30-ю отверстиями, при делении он каждый раз поворачивается на 20 отверстий. Линейки раздвигаются на угол, охватывающий 21 отверстие.

3. **Сложное деление** — применяется, когда простое деление невозможно, например для  $z=61, 63, 87$  и т. д. При сложном методе деления требуемый угол поворота заготовки получается в результате вращения рукоятки *I* относительно делительного диска и самого диска, которому шпиндель 3 сообщает вращение через сменные зубчатые *a, в, с, d* и конические колеса 25/25. При этом число оборотов рукоятки определяется как

$$n = n_1 + n_2, \quad (1)$$

где  $n = \frac{40}{z}$  — число оборотов рукоятки, соответствующее повороту детали на  $1/z$  ее оборота;

$n_1 = \frac{40}{z_1}$  — число оборотов рукоятки относительно диска, полу-

число при делении простым методом па приведенное число зубьев  $z_1$ , которое выбрано близким к  $z$ ;  
 $n_2 = \frac{1}{z} i$  — число оборотов делительного диска, соответствующее повороту детали на  $1/z$  ее оборота;  
 $i$  — передаточное отношение от шпинделя к делительному диску, равное передаточному отношению смешных зубчатых колес гитары ( $i_{см}$ ).

Подставив приведенные значения в выражение (1), получим

$$\frac{40}{z} = \frac{40}{z_1} + i_{см} \frac{1}{z}. \quad (2)$$

Из выражения (2) получаем настроечное уравнение гитары:

$$i_{см} = \frac{40}{z_1} (z_1 - z). \quad (3)$$

Для получения необходимого  $i_{см}$  к головке прикладываются зубчатые колеса: 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100.

Если  $z_1 > z$ , то направление вращения делительного диска должно совпадать с направлением вращения рукоятки. Если же  $z_1 < z$ , то  $i_{см}$  отрицательное, т. е. направление вращения делительного диска должно быть противоположным направлению вращения рукоятки. В этом случае в гитару необходимо вставить дополнительное паразитное колесо.

**4. Фрезерование винтовых канавок** — осуществляется при непрерывном вращении шпинделя делительной головки с закрепленной на нем заготовкой, которое воспроизводится от винта продольной подачи станка по следующей кинематической цепи:

$$\frac{T}{t} i'_{см} \frac{25}{25} \cdot \frac{33}{33} \cdot \frac{1}{40} = 1 \text{ об. заг}, \quad (4)$$

где  $t=6$  — шаг ходового винта, мм;

$T = \pi D / \text{tg} \beta$  — шаг винтовой спирали детали;

$D$  — диаметр заготовки, соответствующий углу наклона спирали  $\beta$ .

Из выражения (4) получаем настроечное уравнение:

$$i'_{см} = \frac{40t}{T} \text{ или } i'_{см} = \frac{240}{T} = \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1}. \quad (5)$$

При нарезании делительный диск отсоединяется от корпуса и через фиксатор рукоятки передает движение валу. При нарезании винтовых зубчатых колес и многозаходных спиралей деление осуществляется только простым методом.

При фрезеровании винтовых канавок плоскость вращения фрезы за счет поворота стола или шпинделя фрезерной головки устанавливается вдоль канавки, под углом  $\beta$  к оси детали.

**5. Фрезерование зубьев конических колес** — шпиндель дели-

тельной головки вместе с заготовкой поворачивается в вертикальной плоскости (рис. 20) на угол

$$\delta = \varphi - \gamma,$$

где  $\varphi$  — половина угла начального конуса;

$\gamma$  — угол ножки зуба.

Угол ножки зуба рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h_2}{L} = \frac{2,5 \sin \varphi}{z}, \quad (6)$$

где  $h_2 = 1,25m$  — высота ножки зуба, мм.

$L = \frac{mz}{2 \sin \varphi}$  — длина образующей начального конуса.

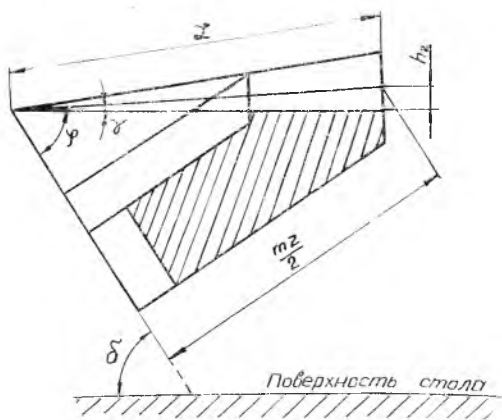


Рис. 20. Схема установки конического колеса при фрезеровании зуба

### НАЛАДКА СТАНКА 6Н83Ш НА НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ИЛИ ВИНТОВОЙ КАНАВКИ

Для наладки станка и УДГ задаются основные параметры детали и режим обработки ( $v$ ,  $s_z$ ,  $t$ ). По этим данным выбирается режущий инструмент, рассчитываются число оборотов шпинделя, минутная подача стола, настраиваются станок и делительная головка. При нарезании цилиндрических и конических зубчатых колес, фрезеровании шлиц и прямолинейных канавок фреза устанавливается на оправке основного шпинделя; при нарезании косозубых колес и винтовых канавок — на шпинделе поворотной фрезерной головки. Заготовка устанавливается в центрах делительной головки и ее задней бабки, закрепленных на

столе станка. Производится обработка детали и определяется машинное время. В отчете приводятся схема обработки детали и расчеты, связанные с настройкой станка и УДГ (в соответствии с выполненным заданием).

### Работа № 5

## ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ВСТРЕЧНОМ И ПОПУТНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ НА СТАНКЕ 6Н83Ш

Вибрациями при резании металлов называют колебания, амплитуда и частота которых изменяются в процессе резания в широких пределах. Упомянутые особенности затрудняют их измерение и исследование.

Вибрации, возникающие при резании металлов, обычно резко снижают стойкость инструментов и ухудшают качество обработки, особенно при резании инструментами, оснащенными хрупкими материалами, например твердым сплавом, минералокерамикой или алмазом. Вибрации влияют также на обрабатываемость жаропрочных и титановых сплавов.

Виброустойчивость в процессе резания в значительной степени зависит от конструкции режущего инструмента и режимов резания и непосредственно связана с жесткостью упругой системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД).

### НАЛАДКА ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Обрабатываемое изделие в виде стальной пластины закрепляется в тисках, установленных на столе станка. В качестве режущего инструмента применяется дисковая фреза  $D \approx 125$  мм,  $z = 16$  со вставными ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава. Биение зубьев фрезы не должно превышать 0,02—0,04 мм.

Скорость резания принимается в пределах:  $v = 35—100$  м/мин, подача  $s \approx 60—70$  мм/мин, глубина резания  $t = 1$  мм.

Сначала осуществляется проход при встречной подаче, а затем за счет изменения направления движения стола—при попутной подаче.

Различия в уровне и форме колебаний стола объясняются особенностями врезания зубьев при встречном и попутном фрезеровании, обусловленными схемой резания и наличием радиуса ок-



ругления режущей кромки. На это существенное влияние оказывает также наличие люфта в винтовой паре станка, величина которого должна быть сведена до минимума специальной регулировкой.

### ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИИ

Интенсивность вибраций чаще всего определяется величиной вибросмещения, равной двойной амплитуде колебаний, так как именно эта величина наиболее заметно влияет на качество обработанной поверхности и стойкость режущих инструментов. В данной лабораторной работе определяются только величины вибросмещений и ведется наблюдение за характером колебаний.

Вибросмещения измеряются универсальным балансировоч-

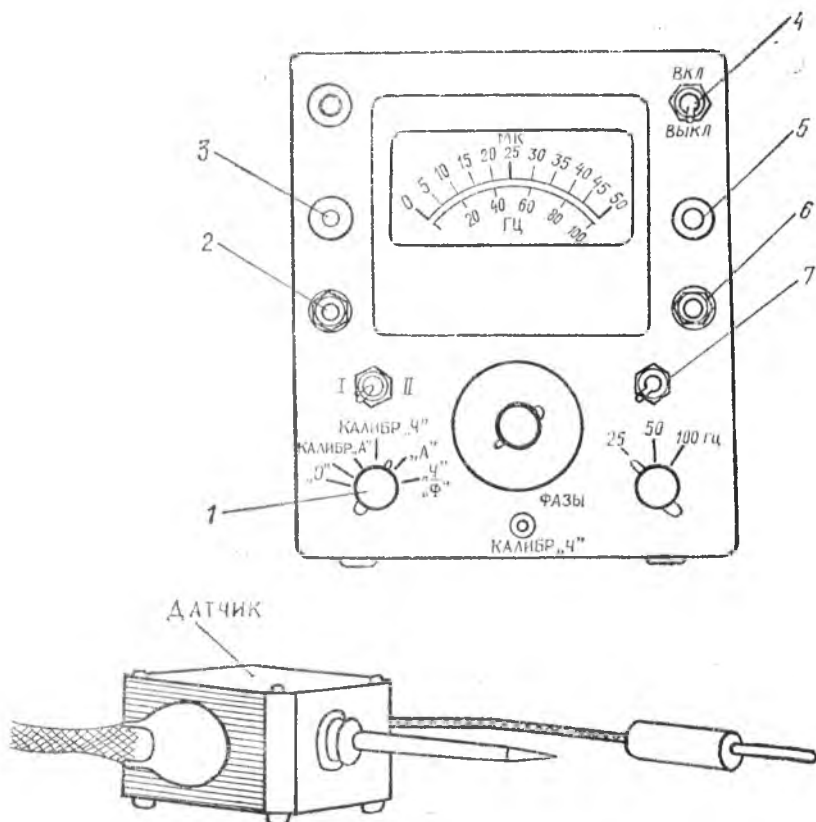


Рис. 21. Панель измерительного блока

ным прибором УБП-1 в пределах от 0 до 250 мкм. Характер колебаний исследуется на электронном осциллографе ЭО-7.

Вибрационный датчик прибора УБП-1 сейсмического типа. Корпусу датчика жестко прикреплен кольцевой магнит, в поле которого перемещается легкая катушка, подвешенная на пружинах. В основании датчика имеется отверстие с резьбой, в которое ввертывается штырь с острым концом, превращающий датчик в виброступ. Датчик снабжен арретирующим устройством, которое стопорит подвижную систему при транспортировке и в нерабочем состоянии.

При вращении головки арретира в сторону «0» подвижная система освобождается, при вращении головки в сторону «3» она стопорится.

Измерительный блок прибора представляет собой сложное электронное устройство, собранное на 14 лампах. На рис. 21 показана передняя панель измерительного блока, где цифрами обозначены только органы управления, которые имеют прямое отношение к измерению вибросмещений. Остальные рукоятки необходимы для измерения частоты колебаний и определения расположения неуравновешенной массы при балансировке (фазировке), в данной работе они не используются.

Перед началом работы прибор включается в сеть переменного тока напряжением 220 В. Выключатель 1 ставится в положение «Вкл». Прогрев прибора продолжается 5—10 мин. Шнур датчика включается в гнездо 2, а шнур осциллографа ЭО-7—в гнездо 6. Переключатель вида работы 1 устанавливается в положение «0». С помощью рукоятки 3 стрелка показывающего прибора ставится в положение «0». Далее рукоятка 1 ставится в положение «Калибр А», а стрелка показывающего прибора вращением ручки 5 устанавливается на отметку 50 мк. При этом тумблер 7 должен быть в положении х1. При переключении тумблера 7 в положение х5 стрелка прибора должна установиться на отметке 10.

После проверки калибровки прибора можно начать измерение вибросмещений. Для этого рукоятка 1 ставится в положение «А», а тумблер 7—в положение х5. Датчик следует поставить в положение измерения и осторожно разарретировать его подвижную систему, повернув головку в положение «0».

И датчик, и измерительное устройство обладают определенной инерционностью, что и определяет возможности измерений вибраций только при частотах 15—100 Гц. На самом деле колебания в станках сложны и отдельные их составляющие имеют частоту значительно более высокую, чем 100 Гц.

Для некоторого улучшения работы УБП-1 одновременно с показывающим стрелочным прибором к измерительному блоку через гнездо 3 можно подключить электронный осциллограф ЭО-7, не обладающий инерционностью.

Осциллограф ЭО-7 предназначен для наблюдения за кривыми периодических процессов. На рис. 22 показана передняя панель осциллографа ЭО-7 с ручками управления.

Осциллограф ЭО-7 включается в сеть переменного тока выключателем 7. Диапазон частоты горизонтальной развертки ручкой 1 ставится в положение 7. Ручкой 5 след луча вертикальной развертки устанавливается на середину экрана. Ручкой 9 устанавливается протяженность следа луча горизонтальной развертки на всю ширину экрана. Ручка 10 при этом должна быть в положении внутренней синхронизации.

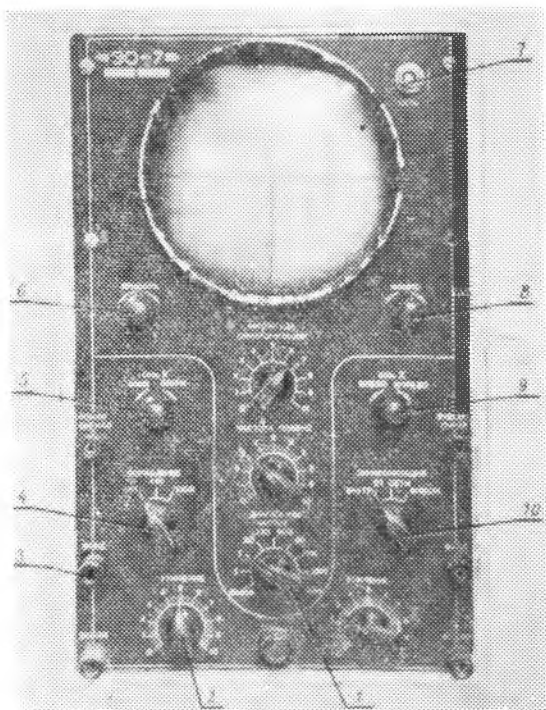


Рис. 22. Панель электронного осциллографа ЭО-7.

Шнур от измерительного блока присоединяется к клемме 3. Поданный сигнал усиливается усилителем вертикальной развертки. С помощью ручек 2 и 4 величина развертки устанавливается достаточной для наблюдения в пределах высоты экрана.

Яркость и фокус светового пятна устанавливается ручками 6 и 8. При этом необходимо помнить, что долговечность лучевой трубки при чрезмерной яркости луча уменьшается. Во избежание местного выгорания экрана не следует допускать дли-

тельной остановки луча. Чтобы избежать поражения током высокого напряжения, корпуса измерительного блока и осциллографа ЭО-7 должны быть заземлены.

Измерение вибраций производится по стрелочному прибору. На экране осциллографа можно наблюдать характер колебаний и нарушения периодичности колебаний. Вертикальный масштаб вибро смещений устанавливается при тарировке, но приблизительно показания осциллографа повторяют показания стрелочного прибора. Вертикальные колебания определяются на столе станка. Результаты замера колебаний и внешний вид кривой развертки приводятся в протоколе, в котором отмечаются также и режимы фрезерования. На основе анализа полученных результатов делаются выводы.

### *Работа № 6*

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА 5А12. НАЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ ПРЯМОЗУБОГО КОЛЕСА

Зубодолбежный станок 5А12 предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления. Нарезание производится зуборезным долбяком по методу обкатки. Долбяк представляет собой прямозубое или косозубое колесо с переменной коррекцией вдоль зуба, снабженное передними и задними углами на поверхностях у вершинных и боковых кромок.

На рис. 23 показаны схема зубодолбления и основные движения при зубодолблении:

1. Возвратно-поступательное (главное) движение долбяка с заданной скоростью резания  $v$  м/мин—вниз—рабочий ход; вверх—холостой. Число двойных ходов долбяка в минуту подсчитывается по формуле

$$n = \frac{1000 v}{2l},$$

где  $l = s + (3-5)$  мм;  $s$ —длина нарезаемого зуба.

II. Вращение долбяка, обеспечивающее круговую подачу  $s_{кр}$ , мм дуги поворота долбяка по делительной окружности за один двойной ход. С уменьшением круговой подачи чистота обработки ухудшается.

III. Вращательное движение заготовки, строго согласованное с вращением долбяка, из условия обкатки (зацепления):

$$n_3 = n_d \frac{z_d}{z_3} \text{ или } \frac{1}{z_3} = \frac{1}{z_d} i, \quad (1)$$

где  $i$  — передаточное отношение кинематической цепи. Эвольвентная поверхность зуба является огибающей последовательных положений режущей кромки долбяка.

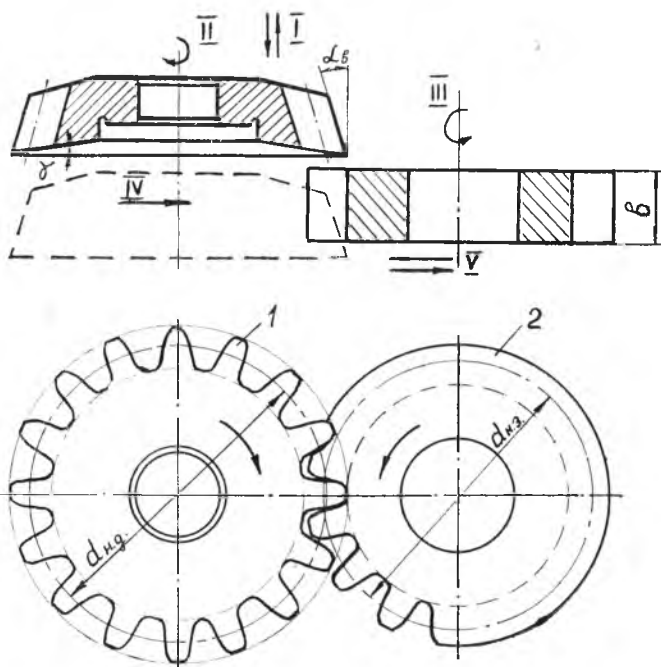


Рис. 23. Схема зубодобления и основные движения

IV. Движение радиальной подачи долбяка с целью постепенного врезания его в заготовку на заданную глубину. Радиальная подача  $s_p$  задается в мм/дв. х. д или в мм/об. заг.

V. Радиальный отвод заготовки от долбяка для образования зазора, что позволяет устранить трение между нарезаемым зубом и долбяком при его обратном (холостом) ходе. Перед рабочим ходом долбяка заготовка снова занимает исходное положение.

#### Техническая характеристика станка

Наименьший и наибольший модули нарезаемых колес, мм	0,75 и 4
Наименьший и наибольший диаметры нарезаемых колес	

с прямыми зубьями, мм	12 и 180
Наибольший угол наклона винтового зуба, град	$\beta=45$
Наибольший ход штосселя (долбяка), мм	57
Число двойных ходов штосселя, двх/мин	290, 372, 472, 600
Мощность электродвигателя, кВт	1,3

На рис. 24 показан внешний вид станка, на рис. 25 приведена его кинематическая схема.

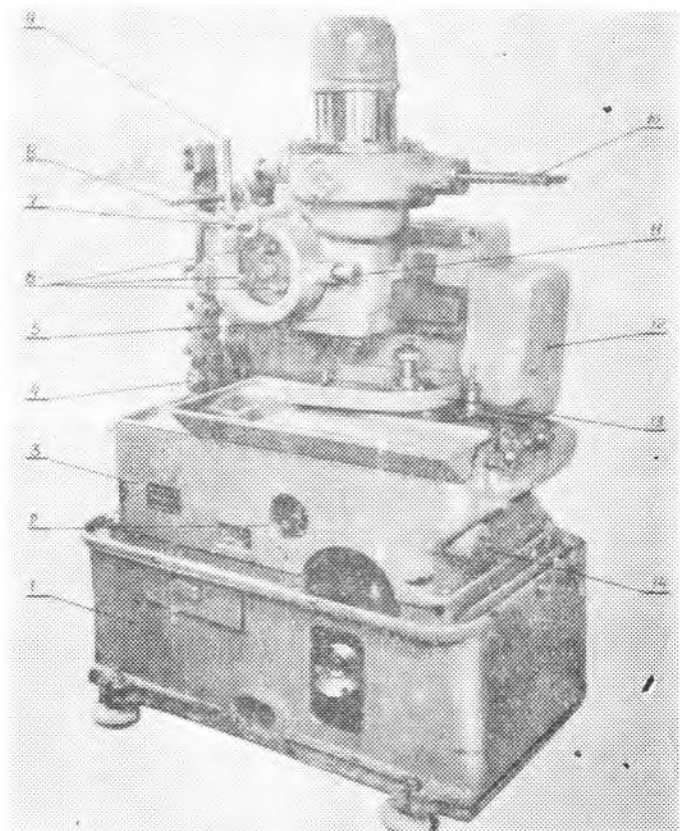


Рис. 24. Основные узлы и органы управления станком 5A12:

1, 3 -- нижняя и средняя части станины; 2 -- валик ручного поворота заготовки; 4 -- криволинейно-шатунный механизм; 5 -- каретка штосселя; 6 -- винты, закрепляющие подвижную рейку с роликом относительно каретки путем зажима червячного колеса; 7 и 9 -- валки быстрого и медленного перемещения каретки; 8 -- валик ручного вращения кулачка; 10 -- валик ручного вращения долбяка; 11 -- фиксатор положения каретки штосселя; 12 -- крышка гитары обкатки (деления); 13 -- стол; 14 -- валик регулирования зазора в червячной паре привода стола

## МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Возвратно-поступательное движение сообщается штосселю с долбяком *б* (рис. 25) от электромотора с  $n = 960$  об/мин через сменные шестерни *A* и *B*, кривошипный диск *I*, раздвижной

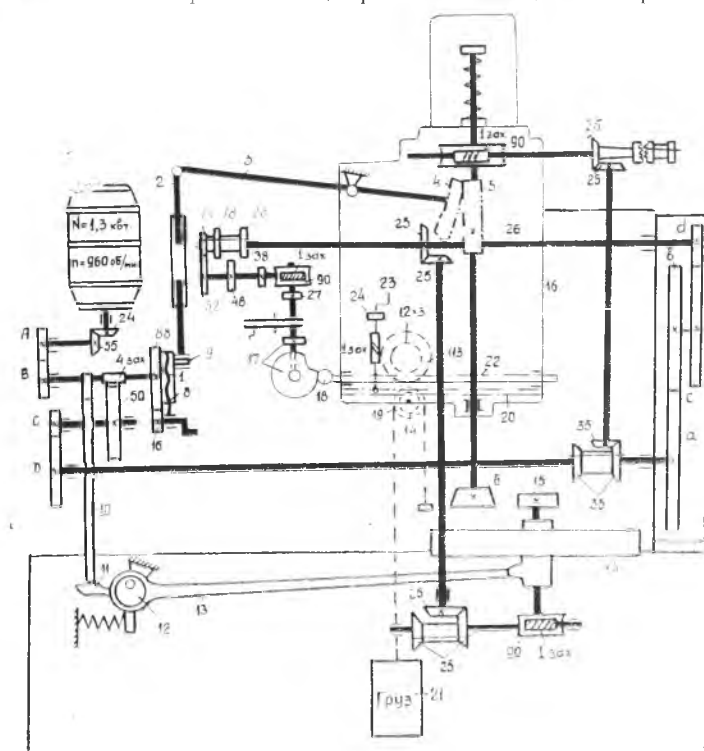


Рис. 25. Кинематическая схема станка 5А12

шатун 2, коромысло 3, зубчатый сектор 4, круговую рейку 5. Число двойных ходов долбяка в минуту равно числу оборотов кривошипного диска. Уравнение кинематической цепи имеет вид:

$$n = 960 \frac{24}{55} \frac{A}{B} \text{ дв. х мин}, \quad (2)$$

откуда можно получить настроечное уравнение гитары скоростей:

$$i_{\text{ск}} = \frac{A}{B} = \frac{n}{418}. \quad (3)$$

Сумма чисел зубьев  $A+B=100$ . К станку прилагаются две пары сменных колес с числом зубцов: 11, 17, 53 и 59, позволяющих получить четыре числа двойных ходов.

Длина хода долбяка регулируется вращением вилта 8, изменяющим радиус кривошипа 9. Крайние положения долбяка регулируются раздвижением двух половин шатуна 2, соединяемых хомутом.

При настройке станка вращением кривошипного диска вручную долбяку можно сообщить возвратно-поступательное движение.

## МЕХАНИЗМ КРУГОВОЙ ПОДАЧИ

Вращательное движение долбяк получает от вала кривошипа 1 через червячные пары 4/50, 1/90, сменные шестерни C, D и конические колеса. Кинематическое уравнение цепи подачи имеет вид

$$s_{кр} = 1 \text{ об. в.к.} \cdot \frac{4}{50} \cdot \frac{C}{D} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{1}{90} \text{ мм} z_2 \text{ мм/дв. х.} \quad (4)$$

Из этого уравнения можно получить формулу для определения передаточного отношения гитары подачи:

$$i_{г. п} = \frac{C}{D} = \frac{360 s_{кр}}{m z_2} \quad (5)$$

Сумма зубьев сменных колес постоянна и при  $m = 1,75$  составляет  $C + D = 122$ . Сменные колеса гитары подачи взаимозаменяемы с колесами гитары деления.

Число двойных ходов долбяка, приходящихся на один его оборот, определяется по уравнению

$$N = 1 \text{ об. д.} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{D}{C} \cdot \frac{50}{4} \frac{\text{дв. ход}}{\text{об. д.}} \quad (6)$$

Реверсирование вращения долбяка производится поворотом рукоятки, расположенной на передней стенке средней части станины, которая перемещает блок конических колес 35—35.

## ЦЕПЬ ДЕЛЕНИЯ

Вращение заготовки должно быть точно определено из условия обкатки (1). Уравнение кинематической цепи обкатки (деления) имеет следующий вид:

$$\frac{1}{z_1} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{1}{90} = \frac{1}{z_2} \quad (7)$$

откуда получаем формулу настройки гитары деления:

$$i_{дел} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{z_1}{z_2}$$

При наладке гитары деления необходимо обеспечить условие  $a + b = 120$  и дополнительное условие сцепляемости двухпар-



ной гитары  $c \sim d \sim e \sim 15$ . Для облегчения подбора сменных колес число зубьев колеса «с» принимают кратным числу зубцов долбяка, например 1:1, 1:2, 2:1, 2:3.

Сменные шестерни гитары деления имеют  $m=1,75$  и числа зубцов: 20, 23, 25, 26, 27, 30, 31, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 67, 68, 70, 71, 73, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 89, 92, 95, 97, 100.

Реверсирование вращения заготовки производится перемещением блока конических колес 25—25 с фиксацией положения штифтом с задней стороны станины. Реверсирование долбяка или заготовки производится при перестройке станка с нарезания колес с наружным зубом на нарезание колеса с внутренним зубом, или наоборот. Для более равномерного износа зубьев долбяка и увеличения сроков его службы производится одновременное реверсирование долбяка и заготовки.

#### МЕХАНИЗМЫ РАДИАЛЬНОЙ ПОДАЧИ ДОЛБЯКА И ОТВОДА ЗАГОТОВКИ

Врезание долбяка в заготовку осуществляется горизонтальным перемещением каретки штосселя 16 по направляющим станины с помощью дискового кулачка 17 (см. рис. 25), воздействующего на ролик 18 зубчатой рейки 22, связанной с кареткой с помощью реечной шестерни  $z=12$  и червячного колеса  $z=113$ . Червячное колесо  $z=113$  с корпусом каретки скрепляется тремя винтами 6 (см. рис. 24). Силовое замыкание кулачкового механизма осуществляется с помощью груза 21, который через роликовую цепь и звездочку 19 стремится повернуть против часовой стрелки реечную шестерню  $z=14$  и переместить рейку 20 вместе с кареткой 16 влево.

На станке можно нарезать зубчатое колесо в один, два или три прохода. Чем больше модуль, выше точность и тверже материал обрабатываемого колеса, тем больше число проходов. Поэтому на станок устанавливается одно-, двух- или трехпроходный кулачок (рис. 26). На всех кулачках имеется участок врезания, профиль которого до точки 1 очерчен по эквидистанте спирали Архимеда (занимает угол  $90^\circ$ ), и участки обкатки 1—2, 2—3 и 3—4, очерченные дугами окружности с радиусами  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$ . Этим участкам соответствуют различные углы—270, 135 и  $90^\circ$ ; в зависимости от числа проходов они соединяются между собой ступеньками дополнительного врезания. После каждого врезания на участке обкатки заготовка делает один полный оборот. Весь цикл нарезания зубчатого колеса осуществляется за один оборот кулачка, поэтому скорость его вращения (для различных

кулачков) изменяется переключением ступенчатого блока 14—18—28. Взаимная связь вращения кулачка и заготовки определяется следующим кинематическим уравнением:

$$i_{\text{об.к}} \frac{90}{1} \frac{52/14}{48/18} \frac{38/28}{1} \left\{ \frac{25}{25} \frac{25}{25} \frac{1}{90} = n_{\text{об.з.}} \right. \quad (9)$$

В конце оборота кулачка ролик 18 скатывается во впадину и под действием груза каретка штосселя вместе с долбяком

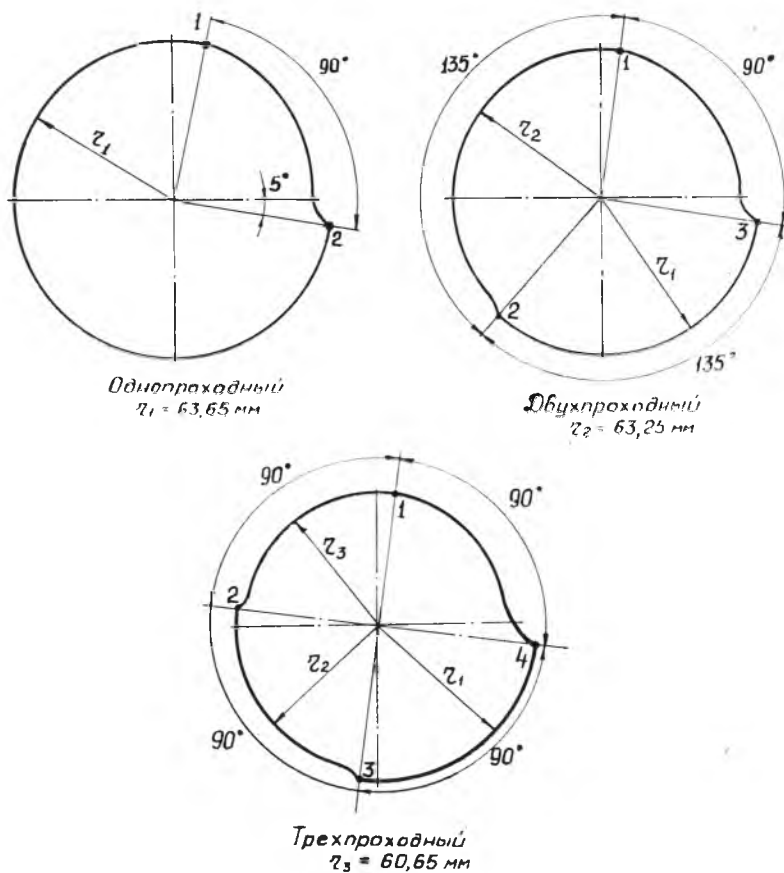


Рис. 26. Схема кулачков подачи суппорта

отходит от заготовки. При этом станок автоматически останавливается.

Радиальный отвод стола 14 (см. рис. 25) с заготовкой 15 от долбяка 6 в период холостого хода осуществляется кулачком,

закрепленным на валу кривошипного диска, через толкатель 10, рычаг 11, эксцентрик 12 и шатун 13.

На станке 5А12 можно также нарезать колеса с винтовым зубом. Для этого необходимо установить долбяк с соответствующими винтовыми зубьями, а также вместо прямолинейных направляющих на штосселе и червячном колесе поставить винтовые.

## НАЛАДКА СТАНКА И НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Студентам выдается задание с указанием следующих данных:  $D_{\text{вз}}$ ,  $m$ ,  $z_d$ ,  $v$ .

Работу следует выполнять в следующем порядке.

1. По настройке станка устанавливаются число  $n$  двойных ходов долбяка в мин, и скорость резания  $v$ , м/мин, или по заданной скорости определяется  $n$  и настраивается гитара скоростей.

2. По настройке определяется круговая подача, или по заданной  $s_{\text{кр}}$  настраивается гитара подач.

3. По заданным  $D_{\text{вз}}$  и  $m$  число зубьев нарезаемого колеса определяется из соотношения:

$$D_{\text{вз}} = m(z + 2).$$

4. Подбираются сменные шестерни и настраивается гитара деления.

5. Настраивается механизм врезания долбяка. Настройка производится следующим образом. После установки и закрепления долбяка и заготовки вращением валика 8 (см. рис. 24) кулачок 17 поворачивают (см. рис. 25) в положение, при котором ролик 18 будет находиться на наибольшем расстоянии от центра кулачка (на радиусе  $r_1$ ). Далее вращением валика 10 (см. рис. 24) долбяк поворачивают до совпадения вершины одного из его зубьев с межосевым перпендикуляром долбяка—изделие, отмеченным риской на корпусе каретки. Затем раскрепляют три винта 6, одевают рукоятку на валик 7, отжимают стопор и отводят червяк от червячного колеса. Вращением рукоятки ускоренно подводят долбяк к заготовке. Далее в зацепление вводят червяк и вращением валика 9 медленно подводят долбяк к заготовке (до касания). После этого поворотом диска кривошипа долбяк поднимают в крайнее верхнее положение и вращением валика 9 подводят на величину полного врезания:

$$h_1 = h - 0,1 m, \quad (10)$$

где  $h$ —требуемая высота зуба, мм;

$m$ —модуль нарезаемого колеса;

$0,1m$ —величина запаса, необходимого для предотвращения брака, который может возникнуть вследствие изменения раз-

мера зуба долбяка при его переточках, неточности изготовления и установки заготовки.

Отсчет величины врезания производится по круговой шкале после предварительной установки нулевого деления шкалы против риски на корпусе. После этого зажимные винты  $b$  закрепляют и поворотом кулачка каретку отводят сначала назад на глубину его впадины, а затем снова подводят, приближая долбяк к заготовке. Далее включают станок и нарезают зубчатое колесо\*.

Поскольку  $h_1 < h$ , толщина нарезаемого зуба  $s_1$  будет больше требуемой  $s$  на величину:

$$\Delta s = s_1 - s.$$

Зная  $\Delta s$ , можно определить величину дополнительного врезания  $\Delta h$  по формуле

$$\Delta h = \frac{\Delta s}{2 \operatorname{tg} \alpha},$$

где  $\alpha$ —угол зацепления.

Переместив долбяк в сторону заготовки на величину  $\Delta h$  (описанным способом), заготовку обрабатывают вторично. Последующие заготовки прорезаются на требуемую глубину.

Чтобы сохранить наладку механизма врезания станка (при необходимости дополнительного отвода долбяка), фиксатор  $II$  (см. рис. 24) вытягивают из паза диска, с которым скреплено червячное колесо, и вращением колеса вместе с диском отводят назад каретку. При подводе долбяка к заготовке диск фиксируется в прежнем положении.

6. Определяется машинное время:

$$T_m = \frac{\pi m z}{s_{кр} n} i + \frac{h_1}{s_p n},$$

где  $i$ —число проходов, соответствующее числу врезаний долбяка в заготовку;

$s_{кр}$ —круговая подача долбяка, мм/дв. ход;

$s_p$ —радиальная подача долбяка при врезании, принимается равной (0,1—0,3)  $s_{кр}$ ), мм/дв. ход;

$n$ —число двойных ходов штосселя, двх/мин.

Расчетное значение  $T_m$  сопоставляется с фактическим.

7. Нарезается зубчатое колесо, производится проверка его точности.

Нарезанное колесо предъявляется руководителю работы.

---

\* Чтобы предотвратить возможные травмы, перед включением станка крышки вала кривошипа и гитары сменных колес следует закрыть. Станок включается только с разрешения преподавателя или лаборанта.

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ  
ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 532.  
НАЛАДКА СТАНКА НА ПАРЕЗАНИЕ КОСОЗУБОГО  
КОЛЕСА

Зубофрезерный станок 532 предназначен для нарезания прямозубых и косозубых цилиндрических колес внешнего зацепления, а также червячных колес способом радиальной подачи. Нарезание производится червячной модульной фрезой по методу обкатки.

На рис. 27 показаны схема установки фрезы относительно заготовки и основные движения при нарезании косозубого колеса:

1. Вращательное (главное) движение фрезы с заданной скоростью резания  $v$ , м/мин, с учетом которой определяются обороты

$$n_{\phi} = \frac{1000 v}{\pi D_{\text{эф}}} \text{ об/мин}, \quad (1)$$

где  $D_{\text{эф}}$ —наружный диаметр фрезы.

2. Поступательное перемещение фрезы вдоль оси заготовки— движение подачи  $s_b$ , мм/об. заг. Подача выбирается в зависимости от требуемой чистоты и точности обработки.

3. Вращение заготовки, строго согласованное с вращением фрезы и рассчитанное из условия обкатки:

$$n_z = n_{\phi} \frac{K}{z_3}, \quad (2)$$

где  $K$ —число заходов фрезы;  $z_3$ —число зубьев нарезаемого ко-

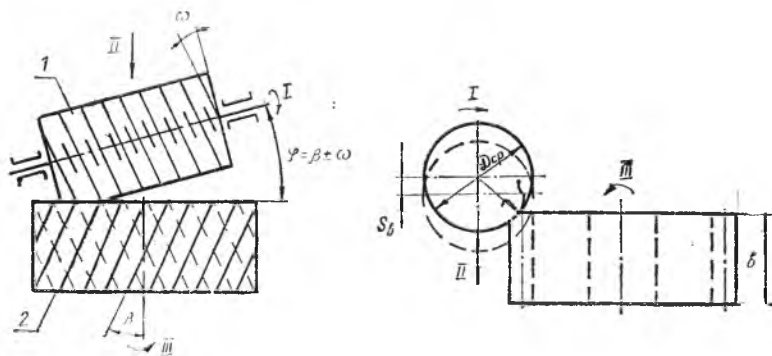


Рис. 27. Схема зубофрезерования

леса. При нарезании косозубых колес к основному вращению заготовки по условию (2) добавляется дополнительное в зависимости от угла спирали, ее направления и величины подачи.

Фреза устанавливается таким образом, чтобы направление движения режущих зубьев, расположенных на винтовой спирали, совпадало с направлением зубьев нарезаемого колеса.

#### Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр и модуль нарезаемого цилиндрического колеса, мм	750, 8
Наибольший вертикальный ход фрезерной головки, мм	300
Пределы чисел оборотов шпинделя, об/мин	47—150
Пределы вертикальных подач фрезы, мм/об. заг.	0,5—4
Мощность главного электродвигателя, кВт	2,8

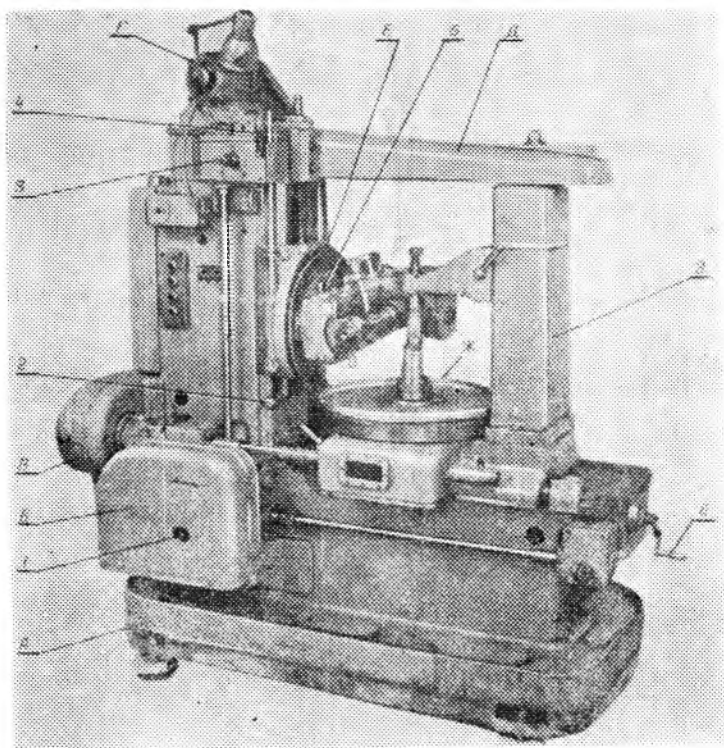


Рис. 28. Основные узлы и органы управления зубофрезерным станком 532:

А — станция; Б — гитара подач и дифференциала, В — гитара деления; Г — электродвигатель ускоренного перемещения суппорта; Д — балка; Е — суппорт с фрезерной головкой; Ж — стол с оправкой для крепления заготовки; З — стойка; 1, 3 — валики ручной вертикальной подачи суппорта; 2, 4 — рукоятки включения вертикальной подачи суппорта; 5 — валик поворота головки суппорта; 6 — рукоятка ручной радиальной подачи стола

Для этого ось фрезы относительно торца заготовки поворачивается на угол

$$\varphi = \beta \pm \omega, \quad (3)$$

где  $\omega$ —угол подъема витков фрезы;  $\beta$ —угол наклона зуба нарезаемого колеса. Знак «—» относится к одноименным спиральям фрезы и колеса, знак «+» — к разноименным.

На рис. 28 приведен общий вид зубофрезерного станка 532, на рис. 29—его кинематическая схема (см. вкладку).

### МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Червячная фреза получает вращение от главного электродвигателя по кинематической цепи:

$$n_{\Phi} = 1440 \cdot \frac{5}{22} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{24}{28} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{20}{60} \text{ об/мин.} \quad (4)$$

Из (4) можно получить формулу для настройки гитары скоростей:

$$i_{\text{сх}} = \frac{A}{B} = \frac{n_{\Phi}}{93,5}. \quad (5)$$

К станку приложены сменные шестерни с  $m=3,5$ , с числом зубьев: 20, 23, 26, 29, 31, 34, 37, 40. Сумма зубцов сменных колес  $A+B=60$ .

Для продления срока службы фрезы (ввиду неравномерного износа ее зубьев) шпиндель вместе с оправкой можно периодически перемещать вдоль его оси.

### МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ

При нарезании цилиндрических зубчатых колес подача осуществляется вертикальным перемещением фрезерного суппорта с помощью винтовой пары с шагом  $t=15$  мм. Ведущим звеном является вращающаяся гайка, размещенная на червячном колесе и получающая движение от горизонтального вала привода стола через червячную пару 2/20, муфту  $M_2$ , гитару подач, конические колеса 27/21 и две червячные пары 4/27. Поскольку подача задается перемещением суппорта на один оборот изделия, то кинематическое уравнение цепи подач имеет вид:

$$s_{\text{верт}} = 1 \text{ об. изд.} \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} \cdot i_{\text{под}} \cdot \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{27} \times \\ \times \frac{4}{27} \cdot 15 \text{ мм/об. изд.} \quad (6)$$

Из этого уравнения можно получить формулу для определения передаточного отношения на гитаре подач:

$$i_{\text{под}} = \frac{a'}{b'} \cdot \frac{c'}{d'} = \frac{9s_{\text{асрт}}}{32} \quad (7)$$

Включение и выключение вертикальной подачи производится зубчатыми муфтами  $M_1$  и  $M_2$  (см. рис. 29) с помощью рукояток 2 и 4 (см. рис. 28).

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи вертикальная подача суппорта выключается муфтой  $M_1$ , радиальная подача стола, обеспечивающая перемещение заготовки на фрезу, выключается муфтой  $M_3$ . В этом случае подача осуществляется через горизонтальный вал, червячные передачи 4/24, 4/24 и ходовой винт с шагом 5 мм. Для включения и выключения радиальной подачи один червяк сделан задающим. Он также автоматически, с помощью упора, выключает радиальную подачу после врезания фрезы на заданную высоту зуба  $h$ .

При нарезании червячных колес методом осевой (тангенциальной) подачи стандартный фрезерный суппорт заменяется специальным (протяжным). В этом случае движение подачи сообщается самой фрезе вдоль ее оси ходовым винтом с  $t_{\text{ХВ}} = 12,7$  мм, расположенным внутри специального суппорта. Муфты  $M_1$  и  $M_3$  выключаются.

Сменные шестерни на гитару подачи берутся из комплекта гитары деления.

### МЕХАНИЗМ ОБКАТКИ (ДЕЛЕНИЯ)

Согласование скоростей вращения фрезы и изделия из условия обкатки (2) обеспечивается подбором требуемого передаточного отношения сменных колес  $a, b, c, d$  на гитаре деления.

Кинематическое уравнение пени деления имеет вид:

$$i_{\text{об. фр}} \cdot \frac{60}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{28}{24} i_{\text{диф}} \cdot \frac{e}{f} \cdot i_{\text{дел}} \cdot \frac{1}{84} = \frac{K}{z}, \quad (8)$$

где  $K$ —число заходов червячной фрезы;  $i_{\text{диф}}$ —передаточное отношение дифференциала, которое при работающем дифференциале равно  $1/2$ , при неработающем—1.

Шестерни  $\frac{e}{f}$  предусмотрены для облегчения подбора сменных колес гитары. При числе нарезаемых зубьев  $z \leq 160$  устанавливаются шестерни  $\frac{e}{f} = \frac{36}{36}$ , а при  $z > 160$ —  $\frac{e}{f} = \frac{24}{48}$ .

При  $\frac{e}{f} = 1$  и  $i_{\text{диф}} = 1/2$  из уравнения (8) можно получить формулу для определения передаточного отношения гитары деления:

$$i_{\text{дел}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48K}{z}. \quad (9)$$



При нарезании прямозубых и червячных колес методом радиальной подачи дифференциал выключается и  $i_{\text{диф}}=1$ . В этом случае формула наладки принимает вид:

$$i_{\text{диф}} = \frac{24K}{z} \quad (10)$$

Для сменных шестерен гитары деления  $m=2,25$ ; числа зубцов равны: 20, 23, 24, 25, 30, 34, 40, 41, 45, 47, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 74, 79, 80, 83, 85, 90, 92, 95, 97, 98 и 100.

### МЕХАНИЗМЫ ЦЕПИ ДИФФЕРЕНЦИАЛА

Дифференциал представляет собой трехваловый механизм, включающий четыре конические зубчатые колеса с равным числом зубьев  $z=21$  и червячную пару  $2/30$  (рис. 30). Правое планетарное колесо  $z_1$  посажено неподвижно на ведущий вал *I*. Сателлитные колеса  $z_2$  и  $z_3$  сидят свободно на Т-образном ведомом валу *III*, на котором слева на шпонке установлено колесо *e*. Левое колесо  $z_4$  выполнено как одно целое с валом—втулкой *II*, свободно сидящим на валу *III*. На валу *II* также неподвижно закреплено червячное колесо  $z=30$ . В процессе работы движение на вал *I* передается по основной цепи деления, на вал *II*—через червячную передачу  $2/30$  цепи дифференциала. Эти движения через шестерни  $z_1$  и  $z_4$  передаются сателлитным колесам и ведомому валу *III*. На рис. 30 показаны проекции линейных скорос-

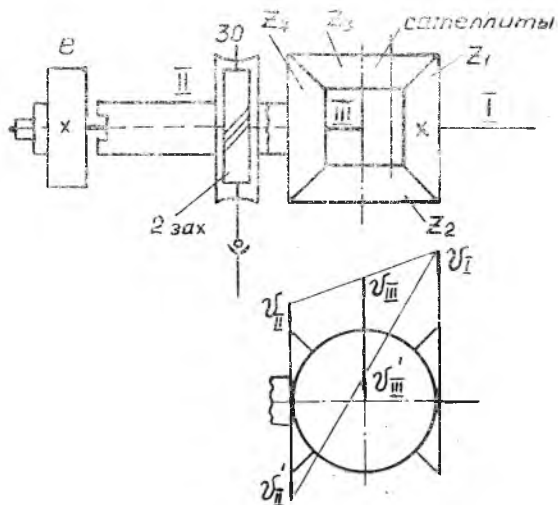


Рис. 30. Схема работы дифференциала

тей на ведущих шестернях —  $v_I$  и  $v_{II}$ , откуда видно, что скорость саттелитов составляет:

при одноименном направлении скоростей  $v_I$  и  $v_{II}$

$$v_{III} = \frac{v_I + v_{II}}{2},$$

при разноименном направлении скоростей  $V_I$  и  $V'_{II}$

$$v'_{III} = \frac{v_I - v_{II}}{2}.$$

Поскольку скорости  $v_I$ ,  $v_{II}$  и  $v_{III}$  соответствуют точкам, расположенным на одинаковых диаметрах, эту зависимость можно выразить через обороты:

$$n_{III} = \frac{n_I \pm n_{II}}{2}.$$

При передаче движения с вала  $I$  или  $II$  на вал  $III$  при неподвижном втором планетарном колесе передаточное отношение дифференциала будет составлять  $1/2$ .

Выключение дифференциала осуществляется отводом двухзаходного червяка от червячного колеса  $z=30$  с одновременным поворотом шестерни  $e$  торцовым зубом вовнутрь. В этом случае валы  $II$  и  $III$  соединяются между собой неподвижно и дифференциал работает как жесткий вал, его передаточное отношение равно 1.

Дополнительный поворот изделия, необходимый для образования спирали, обеспечивается вращением колеса  $z_4$  дифференциала за счет настройки цепи дифференциала из условия: за время перемещения фрезерного суппорта сверху вниз на величину шага спирали нарезаемого колеса  $T$  заготовка должна сделать  $\pm 1$  дополнительный оборот. Знак «+» относится к правой спирали, знак «-» — к левой.

Шаг спирали  $T$  определяется по формуле

$$T = \frac{\pi m_T z}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\pi m_n z}{\sin \beta}, \quad (11)$$

где  $m_T$  и  $m_n$  — торцевой и нормальный модули колеса;  $\beta$  — угол наклона нарезаемой спирали.

Кинематическое уравнение цепи дифференциала имеет вид:

$$\frac{T}{t} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{27}{4} \cdot \frac{21}{27} \cdot \frac{32}{27} i_{\text{диф, см}} \frac{2}{30} i_{\text{диф}} \frac{e}{f} i_{\text{дел}} \frac{1}{84} = \pm 1 \text{ об. заг.} \quad (12)$$

Приняв  $i_{\text{дел}} = \frac{48z}{K}$ ,  $\frac{e}{f} = 1$ ,  $i_{\text{диф}} = \frac{1}{2}$ ,  $t = 15$  и подставив значение  $T$  (11), из этого уравнения можно получить формулу для определения передаточного отношения гитары сменных шестерен дифференциала:

$$i_{\text{диф. см}} = \frac{a''}{b''} \frac{c''}{d''} = \frac{5,9683 \sin \beta}{m_n K}. \quad (13)$$

Для сменных колес гитары дифференциала  $m=1,75$ ; числа зубьев набора сменных колес, прилагаемого к станку, равны: 20, 23, 25, 30, 33, 34, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 50, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 79, 80, 83, 85, 89, 92, 95, 97, 98 и 100.

Чтобы изменить направление вращения планетарного колеса  $z_4$  с правого на левое (при перестройке станка с нарезания правой спирали на левую), в гитару дифференциала необходимо вставить дополнительное паразитное колесо.

### НАЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ КОСОЗУБОГО КОЛЕСА

Студентам выдается задание, в котором указаны следующие данные о фрезе и нарезаемом колесе:  $m_n$ ,  $D_{\text{эф.}}$ ,  $K$ ,  $\omega$ ,  $D_{\text{св.}}$ ,  $b$ . Работа по наладке выполняется в следующем порядке.

1. По настройке станка устанавливается число оборотов шпинделя и скорость резания  $v$  м/мин, или по заданной скорости с учетом зависимости (5) определяется и настраивается гитара скоростей.

2. По настройке станка определяется вертикальная подача, или по заданной  $s_p$  (7) настраивается гитара подач.

3. По настройке станка определяется угол наклона  $\beta$  и направление спирали нарезаемого колеса, или по заданному углу  $\beta$  из условия (13) настраивается гитара дифференциала и шпindelная головка поворачивается на угол, рассчитанный по формуле (3).

4. Определяется число зубьев нарезаемого колеса по формуле для расчета наружного диаметра колеса:

$$D_{\text{св}} = \frac{m_n n}{\cos \beta} + 2m. \quad (14)$$

5. Согласно формуле (9), подбираются сменные шестерни и настраивается гитара деления.

6. Устанавливается и закрепляется заготовка, настраивается глубина фрезерования  $h=2,25m$ , нарезается колесо.

Станок включается только в присутствии преподавателя или лаборанта. При нарезании косозубого колеса в два прохода вертикальный подъем суппорта для дополнительного врезания осуществляется вращением валика 1 (см. рис. 28) при включенной  $M_1$  и выключенной  $M_2$  муфте.

7. Определяется машинное время

$$T_m = \frac{(b + y) z}{s_{\text{верт}} n_{\text{ф}} k} \text{ мин}, \quad (15)$$

где  $y$ —длина врезания, которая может быть определена по приближенной зависимости

$$y = \sqrt{t(D_{\phi} - i)}. \quad (16)$$

Здесь  $t = 2,25m$ —глубина резания при нарезании колеса в один проход.

Расчет значение  $T_m$  сопоставляется с фактическим.

Нарезанное колесо предъявляется руководителю работы.

## СТАНКИ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Автоматизация станков за счет применения распределительных валов, кулачков, копиров, моделей, настроенных кинематических цепей и т. д. требует сложной, трудоемкой и длительной подготовки, и поэтому целесообразна только в массовом и крупносерийном производствах. Автоматизация мелкосерийного и индивидуального производства, занимающего очень большой удельный вес в машиностроении (например, в авиационной промышленности), стала возможной только в последние десятилетия после разработки систем с числовым программным управлением (ЧПУ).

На станках с числовым программным управлением все относительные перемещения инструмента и заготовки (пути), величины подач и скоростей и другие рабочие и вспомогательные движения задаются рядами чисел, которые выражают какую-либо электрическую величину, например, напряжение, фазу или некоторое число импульсов. Эти числа в закодированном виде наносятся на какой-либо физический носитель памяти на перфокарту или перфоленту путем пробивки отверстий в определенных местах, на киноленту или магнитную ленту— штрихами в виде затененных или намагниченных участков.

Отработанная программа вводится в узел ввода программы (УВ), который содержит приемное устройство, перемещающий механизм, считывающие головки. Здесь вся информация программы превращается в электрические сигналы, которые направляются в узел управления (УУ), где производится их усиление, формирование, расшифровка и распределение для управления работой исполнительных механизмов—электромагнитных муфт, двигателей постоянного тока, шаговых двигателей, гидроусилителей моментов и др. От исполнительных механизмов непрерывное или периодическое движение передается рабочим органам—шпинделю, столу, головке и др. Такая система управления называется разомкнутой.

В станках с замкнутыми системами управления, кроме того, имеется узел активного контроля с датчиком обратной связи (ДОС), который вырабатывает электрические сигналы, соответ-

ствующие выполненным движениям. Эти сигналы направляются в узел управления и сравниваются с поступающими из узла ввода, на основе результатов сравнения вводится корректировка в движения. Системы с обратной связью являются более сложными, но обеспечивают более высокую точность исполнения программы.

Станки с числовым программным управлением имеют следующие преимущества:

1. Небольшая трудоемкость и затраты на изготовление программы, возможность централизации и автоматизации их изготовления с помощью ЭВМ, простота размножения, транспортировки и хранения.

2. Изменение программы на станке без существенной переналадки (меняется только программа, инструмент, крепежное приспособление).

3. Простота автоматизации обработки деталей сложной формы, что расширяет возможности конструктора.

4. Возможность изменения режимов резания в процессе обработки, что позволяет существенно сократить машинное время.

В цикле лабораторных работ студенты изучают два станка с числовым программным управлением: токарный станок ИК62Ф3-С1 с разомкнутой системой управления с шагово-импульсным исполнением программы и вертикально-фрезерный станок 6М13ГН-1 с фазовой системой программного управления с тиристорным приводом и обратной связью, осуществляемой вращающимся трансформатором. Эти системы являются типовыми и наиболее распространенными для контурной обработки.

## *Работа № 8*

### ИЗУЧЕНИЕ ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ИК62Ф3-С1 (ИК62ПУ). НАЛАДКА СТАНКА

Токарный станок с числовым программным управлением ИК62Ф3-С1 разработан в ЭНИМСе на базе токарно-винторезного станка ИК62. Станок оснащен двухкоординатной шагово-импульсной системой программного управления, предназначен для обработки наружных и внутренних поверхностей с прямолинейной и криволинейной образующей и для подрезки торцев. Обра-

ботка производится в один или несколько проходов по замкнутому автоматическому циклу.

Общий вид, основные узлы и органы управления станком показаны на рис. 31.

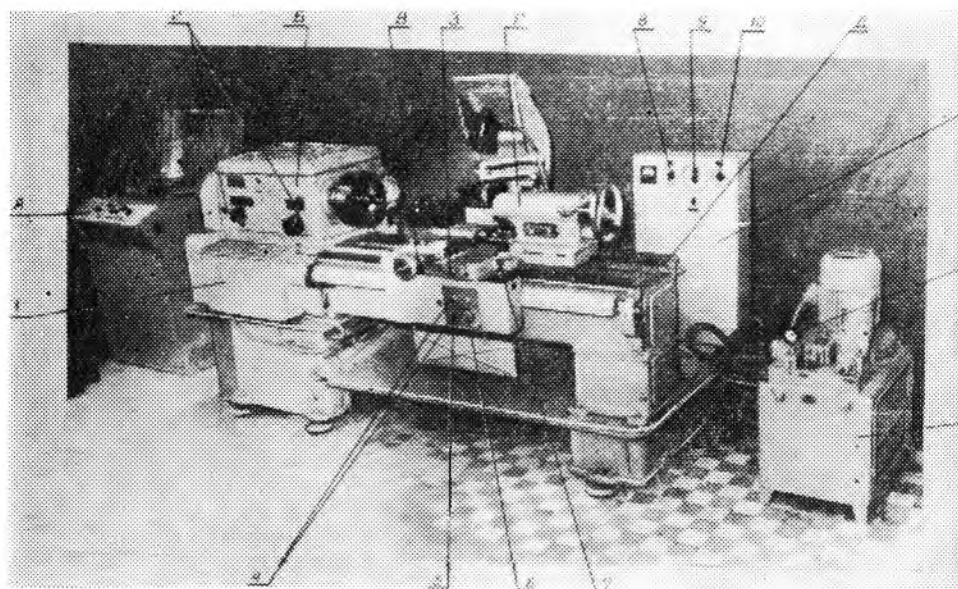


Рис. 31. Основные узлы и органы управления станком ИК62ФЗ-С1:

А — пульт программного управления «Контур 4МН»; Б — передняя бабка с коробкой скоростей и шпинделем; В — суппорт; Г — задняя бабка; Д — станина; Е — электрощит; Ж — гидростанция; И — привод продольного перемещения суппорта; 2 — рукоятки переключения чисел оборотов шпинделя; 3 — кнопки «пуск» и «стоп» шпинделя; 4 — кнопки «пуск» и «стоп» — работа от программы; 5 — кнопка «пуск» гидроагрегата; 6 — аварийная кнопка «стоп» станка; 7 — рукоятка ручного управления перемещениями суппорта в продольном и поперечном направлениях (при нажатой кнопке на рукоятке обеспечиваются ускоренные перемещения суппорта); 8 — выключатель насоса охлаждения; 9 — линейный выключатель — рубильник; 10 — выключатель местного освещения; 11 — манометр для определения давления в системе

При обработке заготовка, закрепленная в патроне или центрах станка, получает вращательное движение с заданной скоростью, а резцы, установленные в двух резцедержателях суппорта, совершают движение в продольном и поперечном направлениях по заданной программе или с помощью ручного управления. В переднем резцедержателе обычно устанавливаются инструменты для обработки наружных и внутренних поверхностей и для подрезки торцев, в заднем — фасонные и фасонные резцы и резцы для прорезки канавок, работающие при поперечной подаче. Установка в переднем резцедержателе быстросменных блоков инструментов, настраиваемых на размер вне станка, позво-

ляет до минимума сократить время, необходимое для замены инструмента.

В конструкции станка ИК62ФЗ-С1 предусмотрено обеспечение высокой точности обработки. Направляющие станины, закаленные током высокой частоты, тщательно отшлифованы. Повышена точность изготовления основных узлов станка и наиболее ответственных деталей, в том числе, многих деталей коробки скоростей и задней бабки. Опоры шпинделя выполнены с использованием подшипников высокого класса точности. Для привода главного движения применяется электродвигатель с пониженным уровнем вибраций. В результате проведенных мероприятий на станке можно обрабатывать детали по 2—3 классу точности с получением шероховатости поверхности по 6 классу и выше.

#### *Техническая характеристика станка*

Наибольший диаметр обточки, мм	
при работе по программе	220
при работе с задним резцедержателем	140
Наибольшая длина обработки, мм	930
Число скоростей шпинделя	23
Число оборотов шпинделя, об/мин	12,5—2000
Система программного управления—шагово-импульсная с записью на магнитной ленте шириной 35 мм	
Скорость протягивания магнитной ленты, м/сек	0.2
Протяжки кассеты 1000 м время работы по программе, мин	80
Рабочие подачи, мм/мин	
продольные	6—1200
поперечные	0,6—120
Скорость быстрых перемещений, м/мин	
продольных	1,2
поперечных	0.12
Перемещение на один импульс (шаг), мм	
продольное	0.05
поперечное	0,005
Мощность привода главного движения, кВт	7.5

#### МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Кинематическая схема станка представлена на рис. 32.

От электродвигателя 21 привода главного движения, размещенного в левой тумбе станка, через клиноремennую передачу вращение сообщается ведущему валу 1 коробки скоростей. На валу 1 установлена электромагнитная тормозная муфта 8, обес-

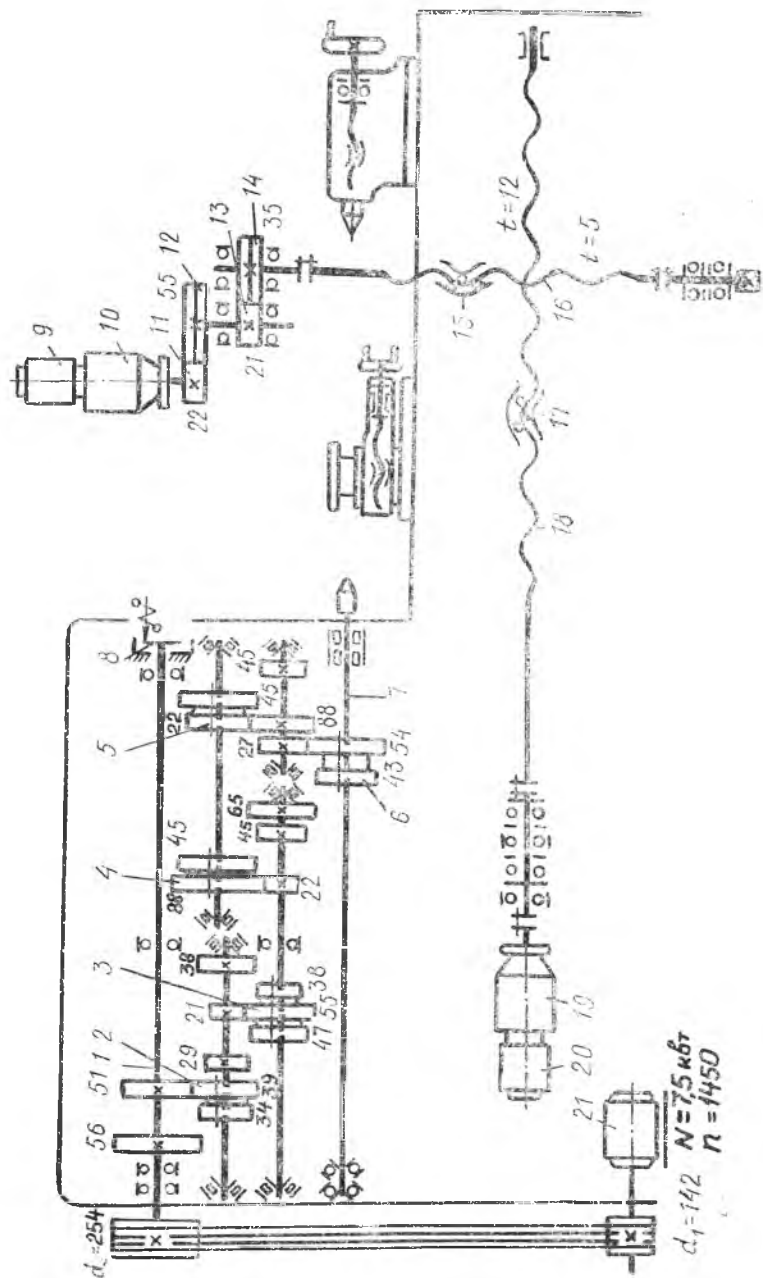


Рис. 32. Кинематическая схема станка К62Ф3-С1



печивающая высокую эффективность торможения. С помощью пяти передвижных зубчатых блоков 2—6 шпиндель 7 получает 23 скорости по кинематической цепи, аналогичной указанной для станка ИК62. Реверсирование вращения шпинделя не производится. Изменение частоты вращения шпинделя в процессе обработки детали программой не предусматривается.

### МЕХАНИЗМ ПОДАЧ

Привод продольной подачи суппорта состоит из шагового электродвигателя 20 типа ШД-4, гидроусилителя крутящих моментов 19 типа МГ18—1М и шариковой винтовой пары 17—18. Беззазорная винтовая пара обеспечивает высокую точность заданных программой перемещений каретки суппорта как в прямом, так и в обратном направлениях.

Привод поперечного перемещения салазок суппорта состоит из шагового электродвигателя 9, гидроусилителя моментов 10 типа МГ18-12 и шариковой винтовой пары 15—16. Чтобы обеспечить высокую точность выполнения диаметральных размеров, вращение ходовому винту поперечной подачи передается через редуктор, это позволяет уменьшить цену импульса поперечных перемещений в несколько раз, в результате она становится равной 0,005 мм. Зубчатые колеса 12 и 11 редуктора выполнены составными. Каждое из них состоит из двух половин. Зазор в зубчатых передачах, возникающий в процессе эксплуатации станка, устраняется путем поворота одной половины колеса относительно другой и последующего стопорения их в этом положении с помощью болтов.

Для повышения точности передачи при реверсировании шариковая винтовая пара 15—16 выполнена беззазорной. Гайка состоит из двух половин 2 и 3 (рис. 33), каждая из которых име-

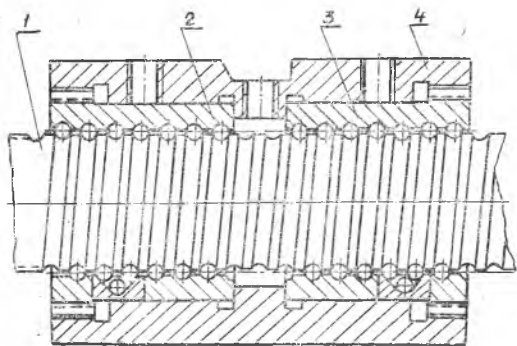


Рис. 33. Шариковая винтовая пара

ет зубчатый венец, входящий в зацепление с соответствующими венцами корпуса 4. Для регулировки натяга гайка перемещается на участок винта 1, не имеющего винтовой нарезки. На этом участке зубчатые венцы гайки можно вывести из зацепления с корпусом и повернуть на требуемый угол. На одном венце нарезано 49 зубьев, а на другом—48. Поворот обоих венцов в одном и том же направлении на один зуб обеспечивает сближение половин гайки примерно на 2,1 мкм. Таким же способом осуществляется регулировка в паре гайка-ходовой винт продольной подачи, только в этом случае на одном венце нарезается 93, а на другом—92 зуба, и поворот на один зуб обеспечивается сближением половин гайки на 1,4 мкм. Замена трения скольжения трением качения позволяет значительно повысить КПД передачи и уменьшить усилие, необходимое для осуществления подачи.

### ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Шаговый электродвигатель состоит из ротора 1 и статора 2 (рис. 34). На внутренней поверхности статора расположены полюсы 3, имеющие в сечении  $M-M$  прямоугольную форму. Вдоль оси статора полюсы разделены на три равные секции I, II, III. Каждая секция имеет отдельную обмотку с выводами 4, 5, 6, причем любая обмотка может быть включена в электрическую цепь независимо от двух других. Обмотки выполнены таким образом, что каждая смежная пара полюсов секции имеет различную полярность. Число полюсов статора может быть различным, но всегда четным. Столько же полюсов имеется на роторе электродвигателя. Полюсы ротора также разделены на три секции A, B, C, но каждая из них смещена по окружности относительно смежной секции на  $1/3$  межполюсного расстояния.

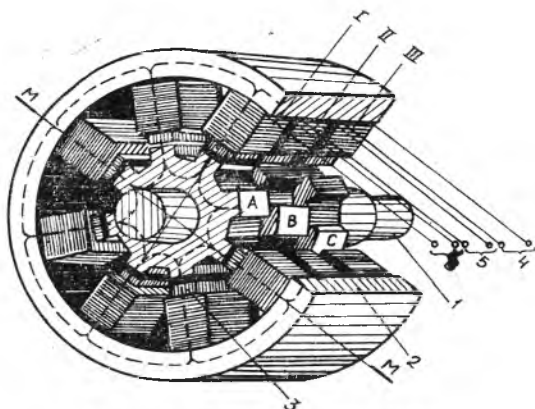


Рис. 34. Шаговый электродвигатель

Если полюсы секции А ротора располагаются точно против полюсов статора, то полюсы секции В ротора смещены относительно соответствующих полюсов статора на  $1/3$ , а полюсы секции С—на  $2/3$  межполюсного расстояния. Если к первой обмотке статора подвести постоянное напряжение, то ротор будет неподвижен, так как относительно секции, получившей возбуждение, он установлен в положение минимального магнитного сопротивления и зафиксирован образовавшимся магнитным полем. Если теперь выключить обмотку первой секции статора и включить обмотку второй секции, ротор электродвигателя начнет поворачиваться в направлении, соответствующем уменьшению магнитного сопротивления, т. е. против часовой стрелки. Как только полюсы секции В точно совпадут с полюсами статора, магнитное сопротивление магнитопровода станет минимальным, и ротор остановится. Переключение напряжения обмоток в последовательности I—II—III—I... вызывает левое вращение ротора.

При выключении первой и включении сразу третьей обмотки ротор, стремясь занять положение, при котором магнитное сопротивление будет минимальным, повернется на величину шага в противоположном направлении, т. е. по часовой стрелке. При переключении обмоток в последовательности I—III—II—I... ротор получит правое вращение. Таким образом, для изменения направления вращения ротора шагового электродвигателя и реверсирования подачи достаточно изменить лишь порядок включения секций статора.

Угол шагового поворота ротора электродвигателя при простой трехтактной системе подачи импульсов (напряжение в любой момент подается только в одну обмотку статора) зависит от числа полюсов и определяется по формуле

$$\alpha = \frac{360}{3z},$$

где  $z$ —число полюсов.

При шеститактной схеме управления напряжение по обмоткам статора подается следующим образом: в первом такте — в обмотку I, во втором — в I, II, в третьем—в II, в четвертом — в II, III, в пятом—в III, в шестом — в III, I. В результате этого угол поворота ротора уменьшается в 2 раза по сравнению с трехтактной схемой управления.

В шаговом двигателе ШД4 с  $z=40$  и шеститактной системой управления  $\alpha=1,5^\circ$ .

При низкой частоте переключения обмоток движение ротора представляет собой совокупность отдельных его поворотов на величину шага. Чем выше частота переключения обмоток, тем равномернее вращается ротор. В ШД-4 максимальный предел частот без пропуска импульсов (приемистость) составляет 800 Гц.

Крутящий момент ШД-4 при максимальной частоте составляет 0,025 кГм и обеспечивает вращение только кранового золотника гидроусилителя моментов.

## ГИДРОУСИЛИТЕЛЬ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ

Гидроусилитель крутящих моментов представляет собой систему с обратной связью, работающую при наличии рассогласования в положениях ротора шагового электродвигателя и вала гидроусилителя, связанного с ходовым винтом станка. Гидроусилитель обеспечивает синхронное вращение входного и выходного валов, увеличивает в 200—300 раз крутящий момент на выходе, по сравнению с моментом на входе, путем использования энергии масляного потока, подводимого к усилителю. Гидроусилитель (рис. 35) состоит из стандартного аксиально-поршневого двигателя типа МГ15 и управляющего золотника.

Двигатель работает следующим образом. Масло от насоса через ряд каналов подводится к полукольцевой питательной канавке 13, расположенной в торце распределительного диска 8. Далее, поступая в рабочие полости гидродвигателя, жидкость действует на торцы плунжеров 7, которые выдвигают толкатели 6 и прижимают их к подшипнику 2.

Возникающие при этом тангенциальные силы приводят во вращение барабан 3 с толкателями, вал 1 и ротор 5. Одновременно толкатели, находящиеся с противоположной стороны барабана, вдвигаются, вталкивают плунжера и масло через другую полукольцевую канавку и соответствующие каналы идет на слив.

Барабан 3 установлен на валу 1 на шпонке, а ротор 5, несвязанный с валом, центрируется на нем узким пояском. Ротор получает вращение от барабана 3 посредством пальцев 4 и самоустанавливается на валу 1. Скорость вращения двигателя можно регулировать, изменяя приток масла. Для реверсирования гидравлического двигателя изменяют направление потока масла.

Управляющий золотник состоит из втулки 10, размещенной в корпусе 11 и соединенной шарниром 9 с валом гидродвигателя 1. Внутри втулки помещается край 12, имеющий четыре продольных паза и выступа. Он соединяется с валом шагового электродвигателя. При повороте крана на угловой шаг влево (рис. 36) масло от лопастного насоса, рассчитанного на давление 50 атм, через штуцер, кольцевую канавку в корпусе и отверстия А во втулке 10 поступает в полости крана с двух противоположных сторон (для уравнивания давления на кран). Далее через отверстия В и каналы оно поступает к полукольцевой питательной канавке гидродвигателя. Отработанное масло из гидродвигателя

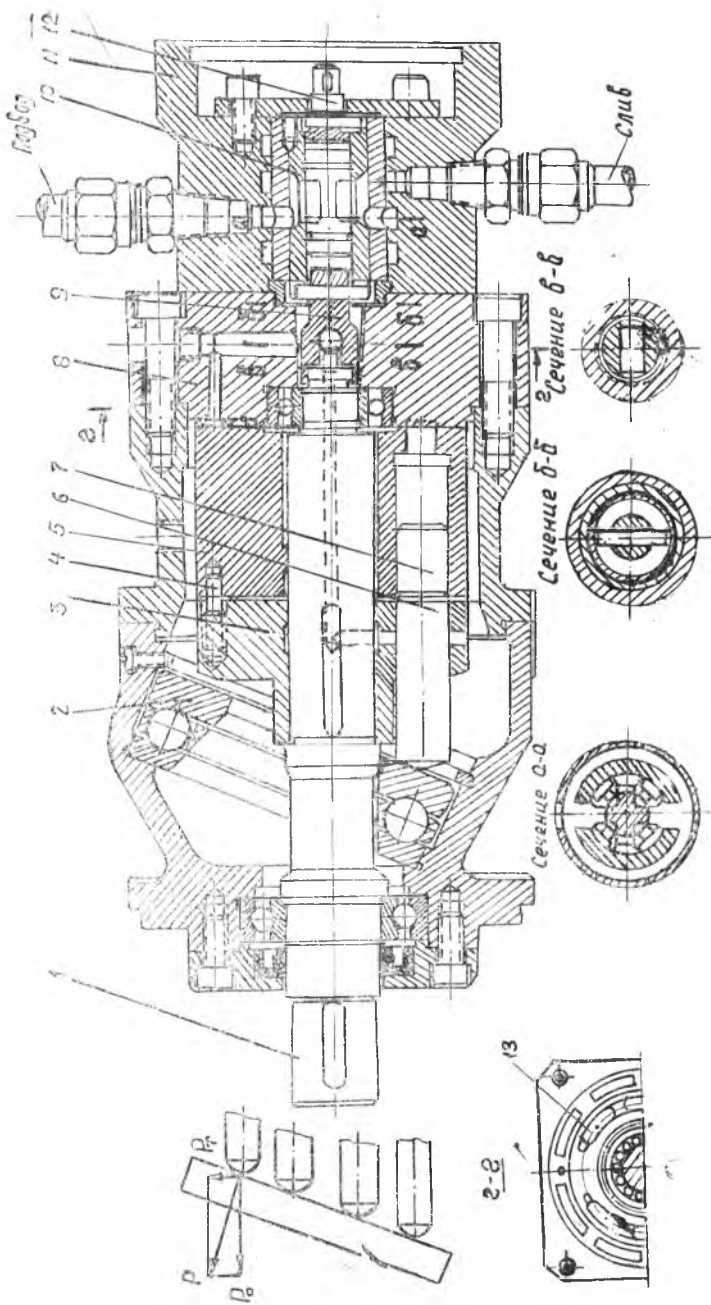


Рис. 35. Гидроусилитель крутящих моментов

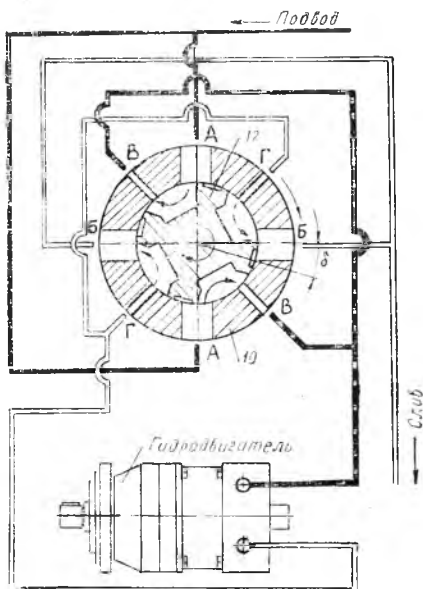


Рис. 36. Схема работы кранового золотника гидроусилителя крутящих моментов

через отверстия *Г*, другие полости крана и отверстия *Б* направляется на слив. Вращение вала двигателя производится до тех пор, пока отверстия *А* в следуемой за ним втулке *10* не закроются выступами крана *12*.

Этим обеспечивается обратная связь и синхронное вращение вала двигателя с краном золотника. При изменении направления вращения крана *12* подача масла в двигатель осуществляется через отверстия *Г*, а слив производится через отверстия *В*.

## СИСТЕМА ПРОГРАММНОГО И РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Структурная схема системы программного управления станка приведена на рис. 37.

Программа работы станка записывается на магнитной ленте *1* шириной 35 мм. Для управления шаговым электродвигателем продольных перемещений *14* используются три первые дорожки магнитной ленты. На каждой дорожке записываются импульсы в виде намагниченных участков (штрихов), управляющие включением одной из секций обмоток шагового электродвигателя *14*. По числу штрихов определяется путь перемещения суппорта, а по частоте их нанесения — скорость. Требуемое направление вращения ротора обеспечивается соответствующим порядком записи импульсов на трех дорожках магнитной ленты. Каждый импульс представляет собой «пакет» синусоидальных колебаний ЭДС переменного тока. Считываемые магнитной головкой *2* сигналы поступают в трехканальный усилитель *15* координаты *X*, где усиливаются и преобразуются в импульсы прямоугольной формы (рис. 38). При шеститактной схеме управления шаговым двигателем длительность каждого импульса последующего канала сдвинута на два такта относительно преды-

душего. С выхода усилителя импульсы прямоугольной формы напряжением 25В подаются на соответствующие секции обмотки шагового двигателя. Для управления шаговым двигателем поперечных перемещений используются четвертая, пятая и шестая дорожки магнитной ленты 1. Считываемые с этих дорожек сигналы поступают в усилитель 5 координаты У, а затем направляются к соответствующим секциям обмотки шагового электродвигателя 8. От шаговых электродвигателей через гидроусилители моментов 9 и 13 вращение передается ходовым винтам 10 и 11 поперечного и продольного перемещений. На седьмой и восьмой дорожках кодируются две дополнительные команды: «Конец цикла», «Стоп шпинделя».

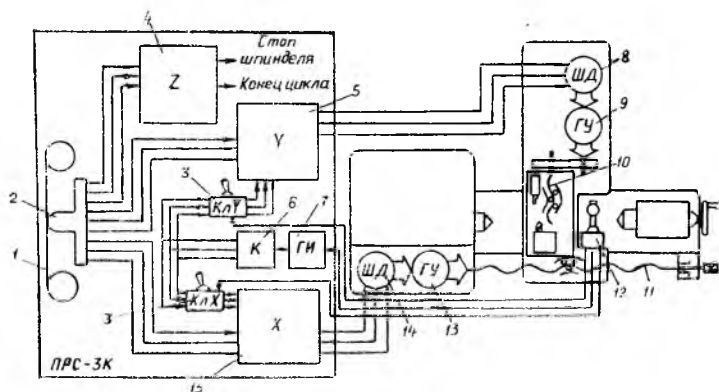


Рис. 37. Блок-схема системы программного управления

Для ручного управления перемещениями суппорта в наладочном режиме работы в пульте имеется генератор импульсов 7 и коммутатор 6, распределяющий импульсы по трем каналам. С помощью ключей управления 3, расположенных на пульте, выходы коммутатора подключаются к усилителям координат X и Y. От коммутатора через усилители импульсы направляются к обмоткам шаговых электродвигателей 8 и 14.

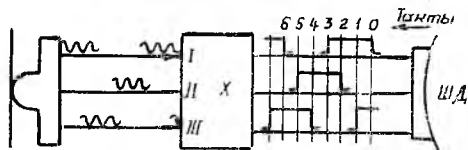


Рис. 38. Схема считывания и преобразования сигналов для управления по одной координате с шеститактной системой

Управление продольными и поперечными перемещениями суппорта может осуществляться также с помощью рукоятки 12 ручного управления, расположенной на каретке суппорта станка. Наклоном рукоятки вправо или влево вперед или назад

включаются перемещения суппорта в соответствующем направлении. Требуемая скорость перемещения суппорта при ручном управлении устанавливается с помощью переключателя частоты генератора. При нажатой кнопке на рукоятке 12 ручного управления включается максимальная частота генератора импульсов, чем обеспечиваются ускоренные перемещения суппорта.

Для подготовки программы траектории движения инструмента используется комплект, в который входят перфоратор, линейно-кодový преобразователь типа ЛКП-02 или ИЛ-4К, пульт записи и контроля программ ПЗК и контрольный столик СКД. Этот же комплект используется при подготовке программ и для многих других станков (6Н13ГЭ2, ИК63ПУ и т. д.), оснащенных шагово-импульсной системой программного управления.

### НАЛАДКА СТАНКА И ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ

Станок может работать в ручном и автоматическом режимах, он управляется с помощью панели-пульта «Контур 4МИ» (рис. 39).

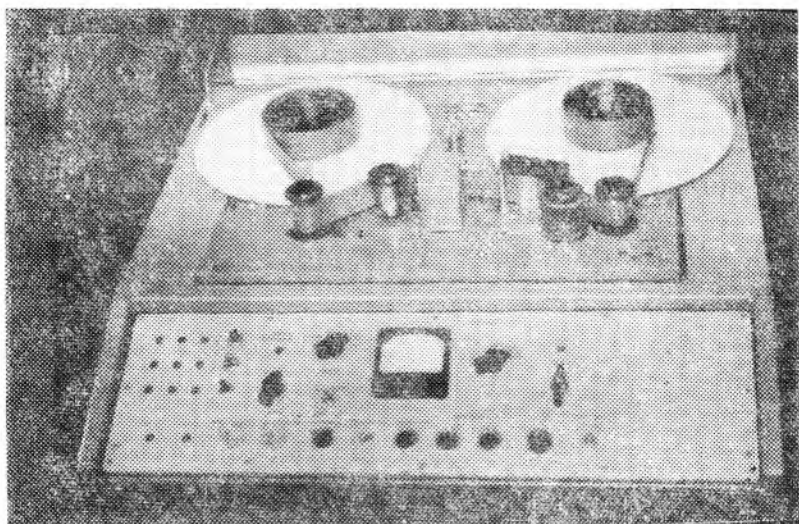


Рис. 39. Панель пульта «Контур 4МИ»

Для пуска станка предварительно необходимо поставить линейный выключатель 9 (см. рис. 31) в положение «Включено» и включить электродвигатель гидроагрегата кнопкой 5. Затем включают пакетный выключатель «Сеть», который находится на пульте «Контур 4МИ» (см. рис. 39).



При этом загорается сигнальная лампа.

В ручном режиме можно работать одиночными импульсами или непрерывно от генератора на частотах 3, 50, 100, 200, 500, 800 Гц. Переключатель «Режим» на панели пульта следует установить в положение Р—ручной. Далее переключателем «Частота» устанавливается требуемая частота генератора и включается тумблер «Генератор». При этом переключателями X и У, расположенными на панели пульта, а также крестовым переключателем 7 (см. рис. 31), установленным на станке, возможны перемещения суппорта в продольном и поперечном направлениях. Для быстрого перемещения суппорта в тех же направлениях следует нажать кнопку «Быстро» на рукоятке 7.

При работе одиночными импульсами необходимо выключить тумблер «Генератор». Управление шаговыми двигателями производится включением соответствующего переключателя X или У и нажатием кнопки «Одиночные импульсы».

При работе в автоматическом режиме необходимо установить требуемое число оборотов шпинделя ручками 2 (см. рис. 31). Суппорт и каретка станка перемещаются в нулевое положение—начало записи программы (предварительно следует согласовать направление вращения шагового двигателя с программой «Переключатели квадранта»).

Тумблеры направления X и У устанавливаются в нейтральное положение, тумблер «Генератор»—в положение «Выключить». Переключатель «Режим» переводится в положение «А»—автоматический. Питание на лентопротяжный механизм передается включением тумблера «Протяжка». Переключателем «Перемотка» устанавливается необходимый режим перемотки: «А» — автоматический или «Р»—ручной. Установка магнитной ленты производится в начале программы, начало программы маркируется специальной меткой. Кнопкой «Программа», расположенной на пульте, или кнопкой «Работа от программы», находящейся на фартуке, включается лентопротяжный механизм и начинается автоматическая работа по считыванию информации с магнитной ленты. Процесс отработки контролируется по сигнальным лампам переключения фаз шаговых двигателей и по лампам технологических команд ТК-1 и ТК-2.

После отработки всей программы загорается лампа «Конец программы» и сигнал поступает на остановку лентопротяжного механизма в режиме ручной перемотки или на включение перемотки ленты в исходное положение в автоматическом режиме. Остановка лентопротяжного механизма происходит автоматически в начале программы.

При выполнении практической части лабораторной работы по записанной программе изготавливается образец (рис. 40). Заготовка зацентрирована и предварительно обработана по соответствующим пунктирным линиям, форме и размерам. Одним концом

заготовка устанавливается в разрезной втулке и зажимается в трехлапчатом патроне, другой конец поддерживается задним центром. Специальный резец, близкий по форме к подрезному, устанавливается в переднем резцедержателе. Перемещением суппорта (при отсчете по шкалам) вершина резца устанавливается в соответствующую программе исходную точку траектории движения. В нашем случае необходимо обеспечить координаты  $X=5$  мм,  $Y=-10$  мм, отсчитываемые от торца и оси образца. Поворотом рукояток 2 (см. рис. 31) включается вращение шпинделя с заложенным в программу числом оборотов в минуту.

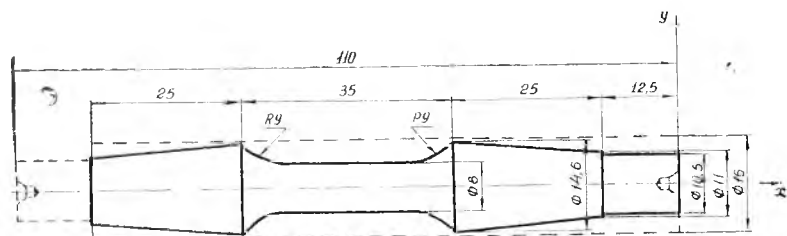


Рис. 40. Схема обрабатываемой детали

После обработки детали производится обмер диаметральных размеров и сопоставление их с данными чертежа. Делается заключение о точности и чистоте обработки. При отклонениях выше допустимых производится корректировка исходного положения вершины резца.

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ И СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

1. Ознакомиться с назначением, основными узлами станка и органами управления им. Дать краткую характеристику станка.
2. Изучить кинематическую схему станка. Написать уравнения цепей главного движения и движений подачи. Отметить конструктивные особенности механизмов.
3. Ознакомиться с элементами конструкции и принципом работы шариковой винтовой пары, шагового двигателя и гидросилителя моментов.
4. Изучить систему программного управления. Начертить схему.
5. Изучить чертеж детали, произвести наладку станка, обработать деталь.
6. Измерить основные размеры детали и сделать выводы о

точности и чистоте обработки. Произвести корректировку исходного положения вершины резца.

7. Произвести расчет и наладку станка по заданию преподавателя.

### *Работа № 9*

## ИЗУЧЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ 6М13ГН1 НАЛАДКА СТАНКА

Вертикально-фрезерный станок с числовым программным управлением 6М13ГН1 предназначен для трехкоординатной обработки деталей сложной формы по замкнутому автоматическому циклу в мелкосерийном и серийном производстве. Общий вид, основные узлы, рабочие органы и органы управления показаны на рис. 41.

Станина станка пирамидальной формы с коробчатым сечением. В основании станины размещен резервуар для СОЖ, в нижней ее части расположены две ниши для размещения электрооборудования, в средней—коробка скоростей. К верхней части станины прикреплена поворотная фрезерная головка с выдвигной пинолью и шпинделем. На вертикальных направляющих станины установлена и может двигаться вверх и вниз консоль, по которой в поперечном направлении перемещаются салазки. На салазках установлен стол, перемещающийся в продольном направлении.

Фреза, закрепленная в шпинделе, вращается с заданной скоростью  $v$  м/мин и может перемещаться вдоль оси вместе с пинолью с заданной подачей, а заготовка, установленная на столе, совершает движение подачи с заданной скоростью, мм/мин. Перемещение стола, салазок и пиноли—автоматическое, по программе или с ручным управлением. Установочное перемещение консоли — ручное.

Система программного управления станком—фазовая, с обратной связью по положению, она осуществляется вращающимся трансформатором ВТМ-1В. Запись программы на магнитной ленте производится на интерполяторе типа ЛКИФ (ЛКП), оснащенный фазовой приставкой, или на интерполяторе типа УМС. Электродвигателями подач управляют тиристорные преобразователи типа ТП-ЗР, установленные в отдельном шкафу. Станок комплектуется пультом программного управления ПФСТЭ-12-500.

Положительные направления координатных движений:  
 $x$  — стол влево;  $y$  — салазки к оператору;  $z$  — консоль вниз;  
 $\rho$  — пиноль вверх.

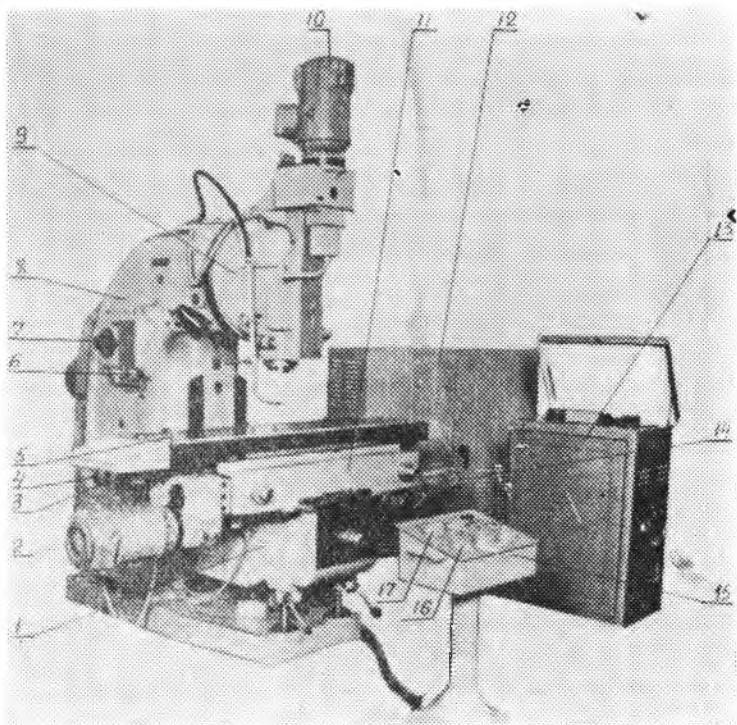


Рис. 41. Основные узлы и органы управления вертикально-фрезерным станком с ЧПУ 6М13ГН1:

1 — консоль; 2, 10 и 14 — приводы поперечной, вертикальной и продольной подачи; 3 и 4 — рукоятки включения направления вращения шпинделя и электропитания станка; 5 — стол; 6 и 7 — рукоятки переключения чисел оборотов шпинделя; 8 — станна; 9 — поворотная фрезерная головка со шпинделем; 11 — поперечные салазки; 12 — шкаф с тиристорными преобразователями; 13 — пульт программного управления; 15 — пульт управления; 16 — маховик ВТР ручной установки скорости; 17 — маховик ВТС ручной установки скорости подачи

#### Техническая характеристика станка

Размер рабочей площади стола, мм	1600×400
Наибольшее перемещение стола, салазок и пиноли, мм	900, 320, 80
Наибольшая скорость перемещения стола, салазок и пиноли, мм/мин	1000, 1000, 640
Наибольшее установочное перемещение консоли, мм	420
Установочный разворот фрезерной головки	±45°

Цена оборота (360°) фазы системы по всем трем координатам, мм	0,64
Точность обработки, мм	±0,1
Мощность главного привода, кВт	7,5

### МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Шпиндель VII станка (рис. 42) приводится в движение от главного электродвигателя А через коробку скоростей с двумя тройными и одним двойным передвижными блоками шестерен, обеспечивающими 18 различных чисел оборотов в минуту в пределах от 31,5 до 1800. Переключение скоростей осуществляется поворотом одной рукоятки селективного механизма и кнопкой «Толчок шпинделя». При нажатии на эту кнопку происходит кратковременное включение двигателей, что облегчает переключение блоков. В процессе обработки заготовки обороты шпинделя не меняются. В качестве опор шпинделя применены подшипники качения с регулируемым зазором. Все валы коробки скоростей также смонтированы на подшипниках качения.

### МЕХАНИЗМ ПОДАЧ

Осевое перемещение шпинделя с гильзой (шпилью), в которой он смонтирован, осуществляется шариковой винтовой парой с шагом  $t=6$  мм, получающей вращение от электродвигателя постоянного тока Б (ПБСТ-23, 0,55 кВт) через редуктор 20/75, 18/45. Ручное перемещение производится поворотом валика IX через конические колеса 18/27. Установочный поворот головки на необходимый угол выполняется вокруг оси, проходящей через вал в.

Продольная подача стола (координата  $x$ ) и поперечная подача салазок (координата  $y$ ) осуществляется от электродвигателей постоянного тока В и Г (ПБСТ-23, 0,85 кВт), прифланцованных к корпусам редукторов и соединенных шпонкой с их валами. С обратной стороны с валами электродвигателей соосно соединены роторы тахогенераторов ТГ. От валов электродвигателя и редуктора через шестерни 70/56 приводятся в движение валы вращающихся трансформаторов ВТ, а через цилиндрические и конические колеса—гайки шариковых винтовых пар, сообщающие через винты с шагом  $t=8$  мм поступательные перемещения столу и салазкам. Во всех трех приводах подач производится выборка люфтов в зацеплении при помощи разрезных косозубых шестерен 3 и 5 с шайбами 4 (рис. 43). Выбор люфта в

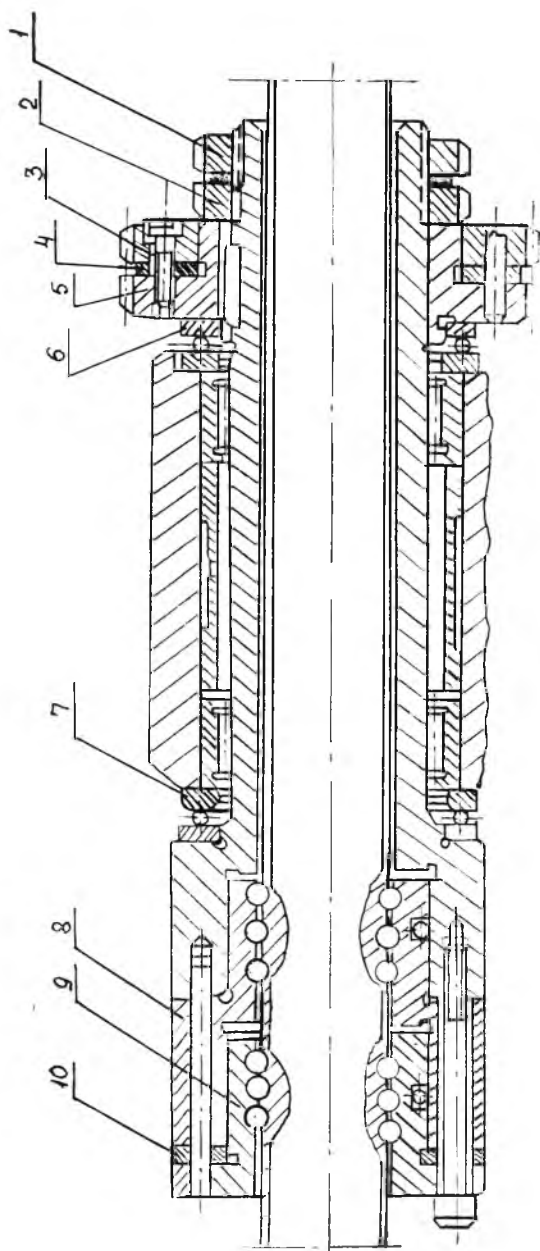


Рис. 43. Шариковая винтовая пара привода механизма подачи

шариковой паре обеспечивается применением специальной конструкции разрезных гаек 8 и 9 с прокладками 10 различной толщины. Регулировка подшипников 6 и 7 производится гайками 1, 2.

### ПРИНЦИП РАБОТЫ ФАЗОВОЙ СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Программа вводится в станок с помощью магнитной ленты шириной 35 мм. Лента в процессе обработки непрерывно перемещается со скоростью 50 мм/сек при помощи лентопротяжного механизма, размещенного на пульте программного управления.

Требуемые координатные перемещения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  записываются соответственно на 4, 2, 1 или 6, 8, 9 дорожках в виде рабочих синусоидальных напряжений  $u_m \sin(\omega t + \alpha)$ , непрерывно смещаемых по фазе по отношению к опорному синусоидальному напряжению  $u_m \sin \omega t$ , записанному на 3 или 7 дорожках. Дорожка с опорным сигналом — одна для всех координат. Такие сигналы называются фазомодулированными, где  $\alpha$  — текущий сдвиг фазы рабочего сигнала по отношению к считываемому опорному сигналу, а полная его величина  $\alpha_{сум}$  — пропорциональна требуемому перемещению рабочего органа по соответствующей координате. Скорость изменения сдвига фазы  $\alpha$  соответствует скорости движения рабочего органа, а знак смещения — направлению его движения. Блок-схема фазовой системы ЧПУ по одной координате приведена на рис. 44, а график прохождения рабочего и опорного сигналов дан на рис. 45.

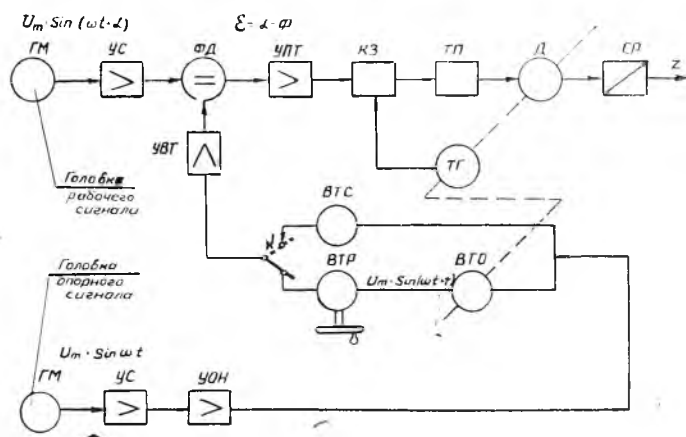


Рис. 44. Блок-схема фазовой системы УПУ (по одной координате)

Считываемый магнитной головкой ГМ (рис. 44) синусоидальный сигнал  $u_m \sin(\omega t + \alpha)$  после усиления, выпрямления и преобразования в узле УС в остроконечный импульсный сигнал (рис. 45) поступает на один из выходов сравнивающего устройства— фазового дискриминатора ФД. Синусоидальный сигнал  $u_m \sin \omega t$ , считываемый другой головкой ГМ с частотой  $f=250$  Гц и прошедший через два каскада усиления—усилитель считывания УС и усилитель опорного напряжения УОН—питает входные обмотки статора вращающегося трансформатора ВТО, который является датчиком обратной связи по положению. На статоре и роторе вращающегося трансформатора уложены по две обмотки, каждая из которых сдвинута относительно другой на  $90^\circ$ . При подаче напряжения в обмотки статора в обмотках ротора индуцируется синусоидальное напряжение. Ротор ВТО кинематически связан с управляемой координатой и вращается, поэтому на выходе ВТО получается сигнал  $u_m \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $\varphi$ —сдвиг фазы опорного сигнала на величину, пропорциональную поворо-

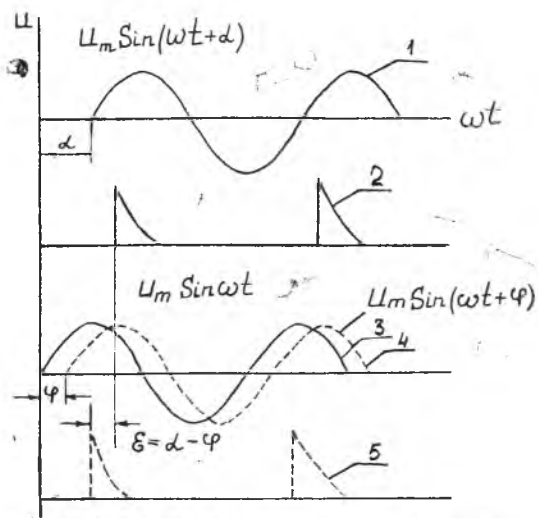


Рис. 45. График прохождения сигналов:

1 — считываемый рабочий сигнал с непрерывно возрастающим сдвигом фазы  $\alpha$ ; 2 — считанный, усиленный и преобразованный рабочий сигнал; 3 — считываемый опорный сигнал; 4 — опорный сигнал на выходе ВТР с непрерывно возрастающим сдвигом фазы  $\varphi$ ; 5 — усиленный и преобразованный опорный сигнал

ту ротора, а следовательно, фактическому перемещению (положению) контролируемого органа станка. Этот сигнал после промежуточного усиления и формирования в УВТ (усилитель вращающегося трансформатора) поступает на второй вход фазового



дискриминатора ФД. В результате перемножения поступающих в ФД сигналов на его выходе получается сигнал, постоянная составляющая  $\epsilon$  которого пропорциональна  $u_m \sin(\alpha - \varphi)$ , т. е. разности фаз  $\alpha - \varphi$ . Этот сигнал после усиления усилителем мощности постоянного тока УПТ и прохождения через корректирующее звено КЗ, которое совместно с датчиком обратной связи по скорости—тахогенератором ТГ—служит для улучшения динамических свойств привода, поступает на тиристорные преобразователи ТП, управляющие двигателями подачи Д. Пунктирная линия на схеме, связывающая Д, ТГ и ВТО, указывает на механическую связь этих элементов.

В момент достижения рабочим органом станка заданной координаты, когда  $\alpha = \varphi$  и  $\alpha - \varphi = 0$ , движение прекращается.

Таким образом, общий путь перемещения по данной координате определяется суммарным углом  $\alpha_{\text{сум}}$ , который может определить как:

$$\alpha_{\text{сум}} = \frac{L}{A} \cdot 2\pi_{\text{рад}} = 9,8125 L_{\text{рад}},$$

где  $L$ —длина перемещения по координате, мм;  $A$ —цена оборота фазы, равная 0,64 мм.

Так как тахогенератор ТГ и вращающийся трансформатор ВТО приводятся в движение от вала двигателей Д привода подачи, контроль за перемещением рабочих органов (по скорости

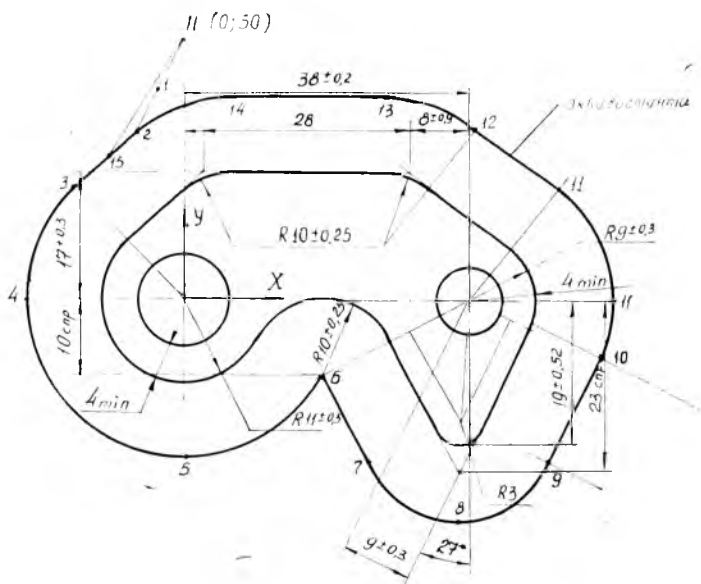


Рис. 46. Схема серьги

и положению) осуществляется путем слежения за углом поворота ротора этих двигателей. Все последующие кинематические звенья по передаче движения от двигателя к рабочему органу обратной связью не охватываются. Эта конструкция относительно проста, но точность обработки на таком станке снижена.

На станке можно вести обработку деталей по разметке. Рабочие органы перемещаются при вращении ротора вспомогательного вращающегося трансформатора ручного управления ВТР, включенного последовательно с основным датчиком обратной связи «электрическим валом». Рукоятка вращения ВТР расположена на пульте управления снизу. Величина перемещения определяется суммарным углом поворота ротора, а скорость перемещения— скоростью вращения рукоятки.

Переключив тумблер К на другой вспомогательный вращающийся трансформатор скорости ВТС, рабочий орган станка можно перемещать без обратной связи в палладочном режиме, т. е. производить фрезерование с выбранными продольной и поперечной подачами. Скорость перемещения рабочего органа изменяется поворотом ротора ВТС на определенный угол с помощью рукоятки, расположенной в верхней части пульта управления. При этом изменяется сдвиг фазы опорного сигнала на выходе ВТС и величина сигнала на выходе фазового дискриминатора, определяющего скорость вращения двигателя. Таким образом, величина подачи стола и поперечных салазок может плавно регулироваться в пределах от 0 до 1200 мм/мин.

## НАЛАДКА СТАНКА И ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ

Наладка станка на обработку заданной детали (рис. 46) производится в следующем порядке:

1. Заготовка устанавливается в приспособление и закрепляется (установка фрезы в шпинделе и приспособления на столе станка производится сначала лаборантом).

2. Электропитание станка и пульта управления включается пакетным переключателем 4 (см. рис. 41) и кнопкой на пульте управления (загораются зеленые лампочки на пульте управления и лентопротяжном механизме).

3. Электропривод станка включается нажатием кнопки «Привод» на пульте управления (загорается лампочка синего цвета).

4. Вращением маховиков ВТР 16 (см. рис. 41) заготовка устанавливается по отношению к фрезе в исходное положение, согласно чертежу, по показаниям лимбов продольного и поперечного перемещения стола (показания лимбов устанавливаются предварительно лаборантом путем касания вращающейся фрезы к образующей мерной шайбы, закрепленной на приспособлении, с двух сторон по координатным осям).

5. Магнитная лента устанавливается на лентопротяжный механизм.

6. Необходимое число оборотов устанавливается рукоятками 6 и 7, направление вращения шпинделя—переключателем 3 (см. рис. 41).

7. Нажатием кнопки «Шпиндель» включается привод вращения шпинделя, кнопкой «Работа»—лентопротяжный механизм (при включении кнопки «Работа» возможен уход стола и салазок из нулевых положений, поэтому сразу же рукоятками ВТР следует вернуть их в исходное положение).

8. Дальнейшая работа станка происходит по программе.

9. После окончания обработки и возвращения салазок и стола в исходное положение нажатием кнопки «Все стоп» станок выключается.

10. Снять деталь и проверить ее соответствие чертежу. Сделать выводы о точности обработки.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с назначением, основными узлами и органами управления станка.

2. Изучить кинематическую схему станка. Написать уравнение цепей главного движения и движений подач. Отметить конструктивные особенности механизмов.

3. Изучить механизмы приводов подач пиноли, стола и поперечных салазок. Написать кинематические уравнения. Установить кинематическую связь между ВТР и ходовыми винтами приводов подач.

4. Ознакомиться с системой числового программного управления и начертить блок-схему.

5. Изучить чертеж детали и эквидистанту траектории относительного движения фрезы (см. рис. 46).

6. Установить заготовку в приспособление, наладить станок и обработать деталь.

7. Измерить основные размеры детали и сделать выводы о точности и чистоте обработки.

8. Произвести расчеты и дополнительную наладку станка по заданию преподавателя.

---

---

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические паспорта станков.
  2. *Кривоухов В. А., Петруха П. Г., Бруштейн Б. Е.* и др. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. М., «Машиностроение», 1967.
  3. *Спирidonov А. А., Федоров А. Б.* Металлорежущие станки с программным управлением. М., «Машиностроение», 1972.
  4. *Сергиевский Л. В.* Наладка, регулировка и испытание станков с программным управлением. М., «Машиностроение», 1974.
  5. *Кашкадамов И. В., Анисимов Ю. П.* Методические указания к лабораторной работе № 14 «Изучение конструкции и наладка вертикально-фрезерного станка с числовым программным управлением». Под ред. профессора А. С. Проникова. М., МАТИ, 1974.
- 
-

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие . . . . .	3
Общие указания по проведению лабораторных работ . . . . .	4
Правила внутреннего распорядка и техника безопасности . . . . .	5
<i>Работа № 1.</i> Изучение конструкции и кинематики токарно-винторезного станка 1А62. Наладка станка на парезание резьбы . . . . .	6
Изучение конструкции и кинематики токарно-винторезного станка 1К62. Наладка станка на парезание резьбы . . . . .	12
<i>Работа № 2.</i> Проверка токарного станка на жесткость . . . . .	22
<i>Работа № 3.</i> Изучение конструкции и кинематики токарно-револьверного автомата 1В124. Наладка станка . . . . .	29
<i>Работа № 4.</i> Изучение конструкции и кинематики фрезерного станка 6Н83Ш. Наладка станка на парезание зубчатых колес и винтовых канавок . . . . .	38
<i>Работа № 5.</i> Измерение вибраций при встречном и попутном фрезеровании на станке 6Н83Ш . . . . .	48
<i>Работа № 6.</i> Изучение конструкции и кинематики зубодолбежного станка 5А12. Наладка станка на парезание прямозубого колеса . . . . .	52
<i>Работа № 7.</i> Изучение конструкции и кинематики зубофрезерного станка 532. Наладка станка на парезание косозубого колеса . . . . .	61
<i>Работа № 8.</i> Изучение токарного станка с числовым программным управлением 1К62ФЗ-С1 (1К62 ПУ). Наладка станка . . . . .	69
<i>Работа № 9.</i> Изучение вертикально-фрезерного станка с числовым программным управлением 6М13ГН1. Наладка станка . . . . .	83
Список рекомендуемой литературы . . . . .	92

Составители:

*Константин Федорович Митряев,  
Александр Федорович Шпатоковский*

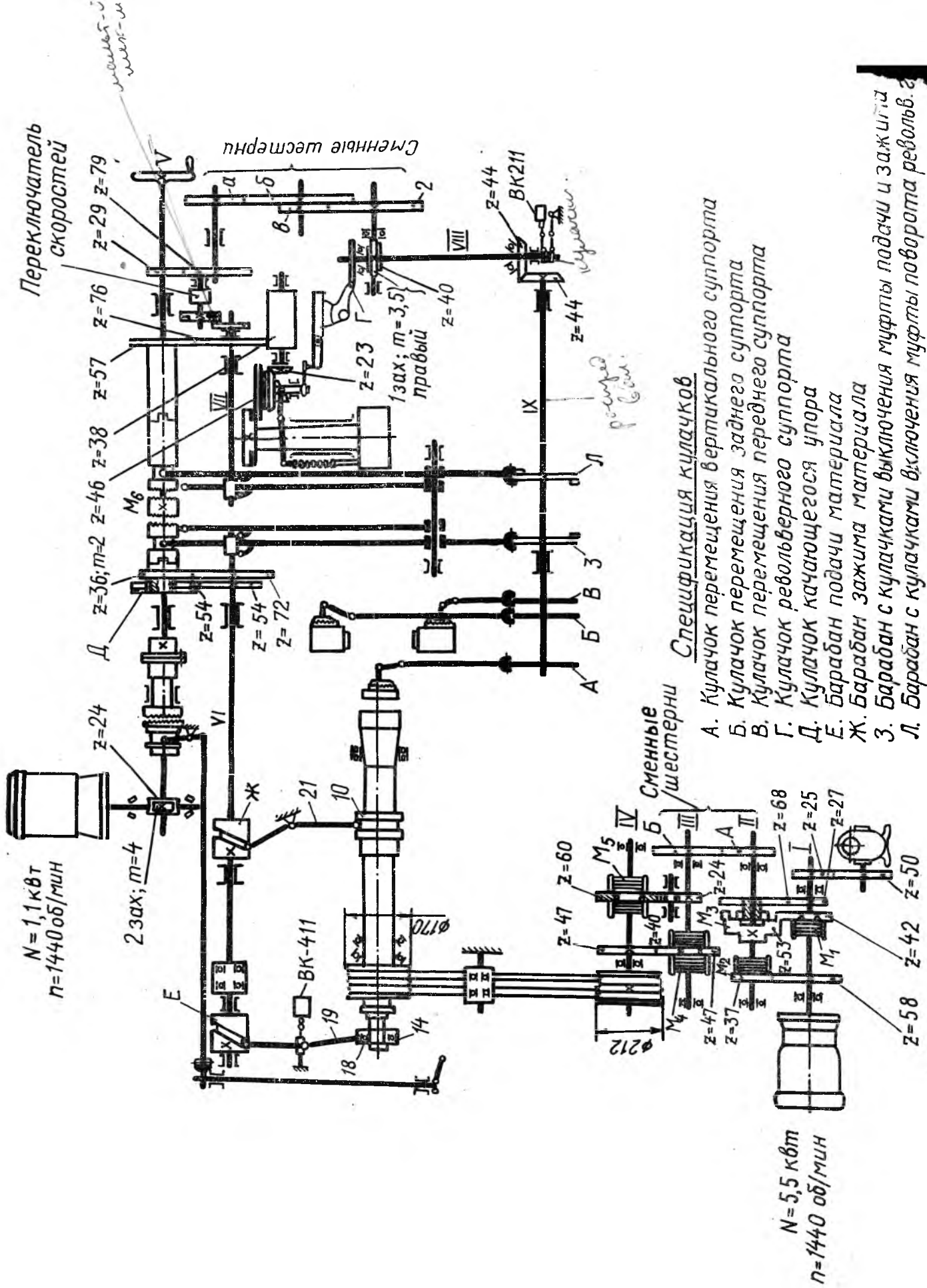
**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ  
«РЕЗАНИЕ, СТАНКИ, ИНСТРУМЕНТЫ»**

Редактор Э. А. Грязнова  
Техн. редактор Н. М. Каленюк  
Корректор О. В. Удачина

Подписано в печать 16/VI 1976 г. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага типографская № 3. Физ. п. л. 6+8 (вкл.).  
Уч.-изд. л. 6. Тираж 1500 экз. Зак. № 4915.  
Цена 30 коп.

---

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт им. академика С. П. Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.  
Областная типография имени Мяги, г. Куйбышев,  
ул. Венцека, 60.



Переключатель скоростей

$N = 1,1 \text{ кВт}$   
 $n = 1440 \text{ об/мин}$

$z = 29$   $z = 79$

$z = 76$

$z = 57$

$z = 38$

$z = 46$

$z = 36; m = 2$

$z = 24$

$z = 54$

$z = 54$

$z = 72$

$z = 24$

$z = 47$

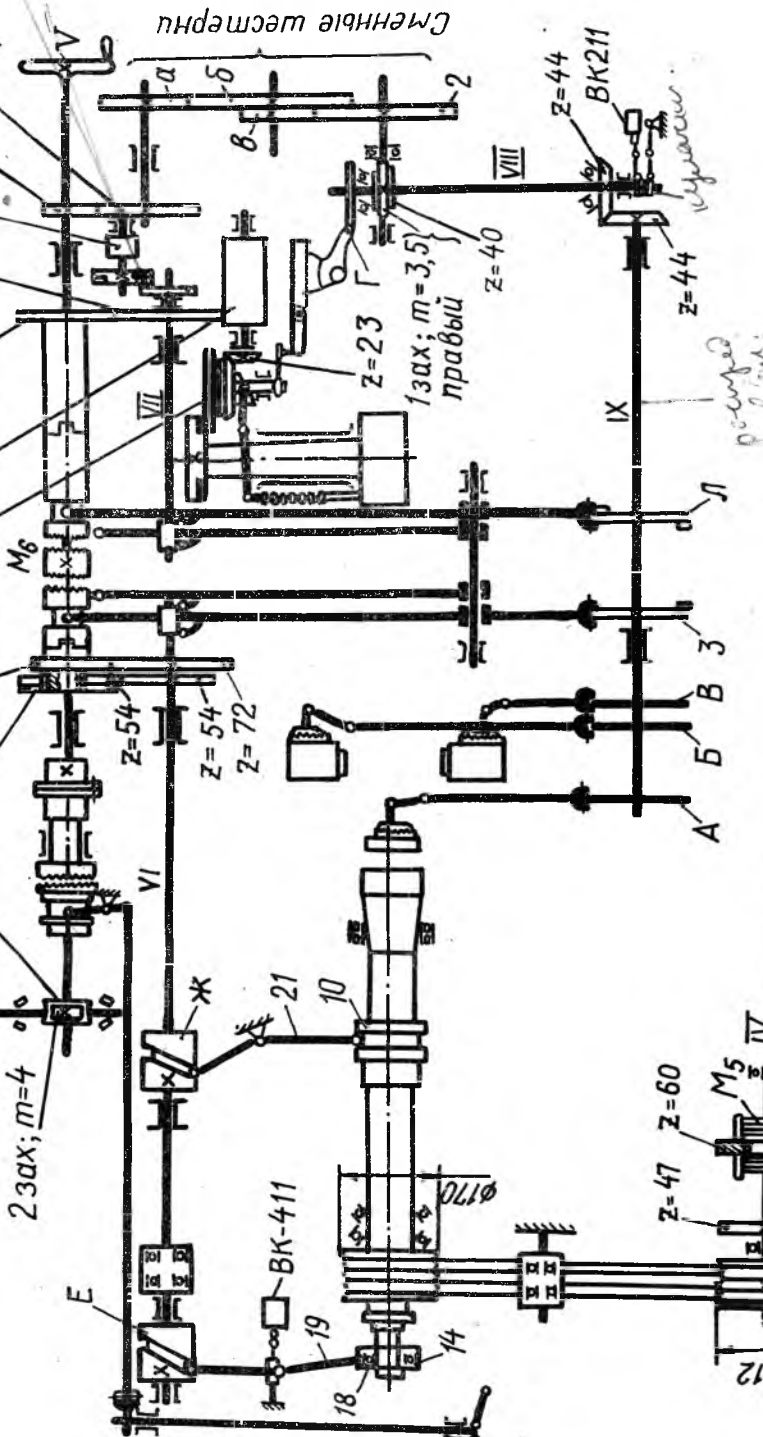
$z = 40$

$z = 24$

$z = 53$

$z = 25$

$z = 27$



Спецификация кулачков

- А. Кулачок перемещения вертикального суппорта
- Б. Кулачок перемещения заднего суппорта
- В. Кулачок перемещения переднего суппорта
- Г. Кулачок револьверного суппорта
- Д. Кулачок качающегося упора
- Е. Барабан подачи материала
- Ж. Барабан зажима материала
- З. Барабан с кулачками выключения муфты подачи и зажима
- Л. Барабан с кулачками включения муфты поворота револьвера

$N = 5,5 \text{ кВт}$   
 $n = 1440 \text{ об/мин}$

Рис. 9. Кинематическая схема автомата IB124

Операционная карта наладки

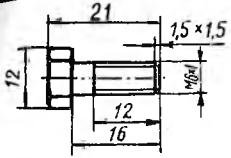
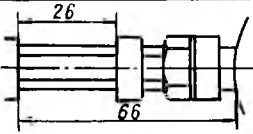
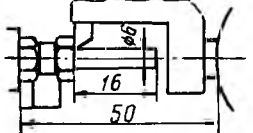
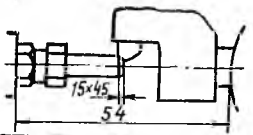
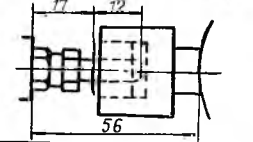
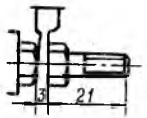
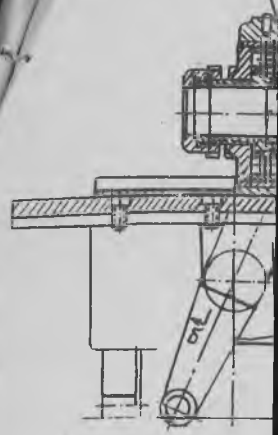
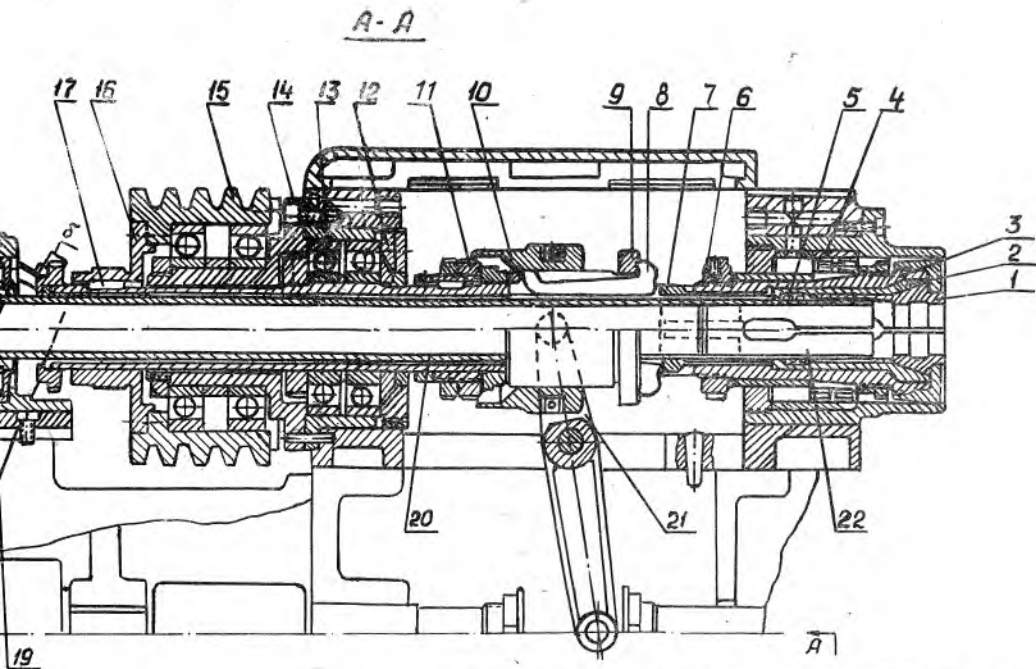
		Модели автомата 1Б 124											
		$n$ шп. об/мин	При обтачивании 500		При нарезании резьбы 200		Время		Рабочих переходов $t_p = 43$ сек Холостых ходов $t_x = 9$ сек Цикла $T_c = 52$ сек				
Эскиз обработки		Рабочий суппорт	№ и наименование перехода	Диаметр инструмента $\varnothing$ мм	$S$ об/мин	Число оборотов шпинделя		Число лучей		Распредел. лучей на кулачке		Радиус кулачка	
						На переход	Приводной пилр	На холостом ходу	На рабочем ходу	От	До	От $R_H$	До $R_{II}$
		Р.Г	1. Подача прутка до упора 2. Поворот Р.Г	24	-	-	-	3,5	-	0	3,5	103	103
		Р.Г	3. Обточка $\varnothing 6$ мм 4. Поворот Р.Г	16,5	0,1	165	165		37	7,0	44	103,5	120
		Р.Г	5. Снятие фаски $1,4 \times 45^\circ$ 6. Поворот Р.Г	2,5	0,1	25	25	-	6	47,5	53,5	103,5	106
		Р.Г	7. Нарезание резьбы М6х1 8. Сход плашки (перекр 11) 9. Поворот Р.Г (3 раза)	13	1,0	13	33	-	8	57	65	103	114
		Передний суппорт	10. Подрезка фаски на головке винта (перекр. 3)	1,5	0,04	37	(37)		(9)	(7,0)	(16)	73,5	75
		Задний суппорт	11. Отрезка детали 12. Отвод	5,5	0,04	134	134	-	31	65	96	69,5	75
Всего:		Рабочих несомкнутых $M_p = 357$ Холостых $M_x = 75,5$ Вместе $M_p + M_x = 432,5$											

Рис. 9а



18





δ-δ

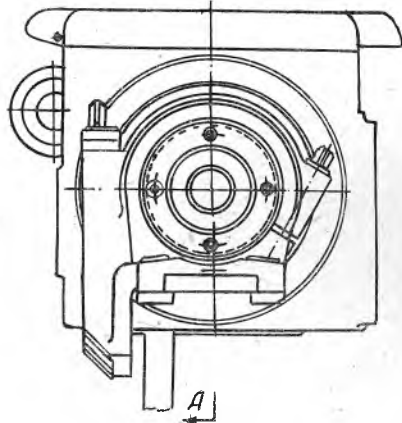
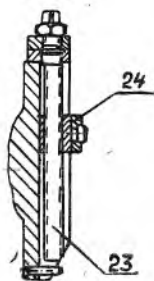


Рис. 11. Шпиндельная бабка автомата 1Б124

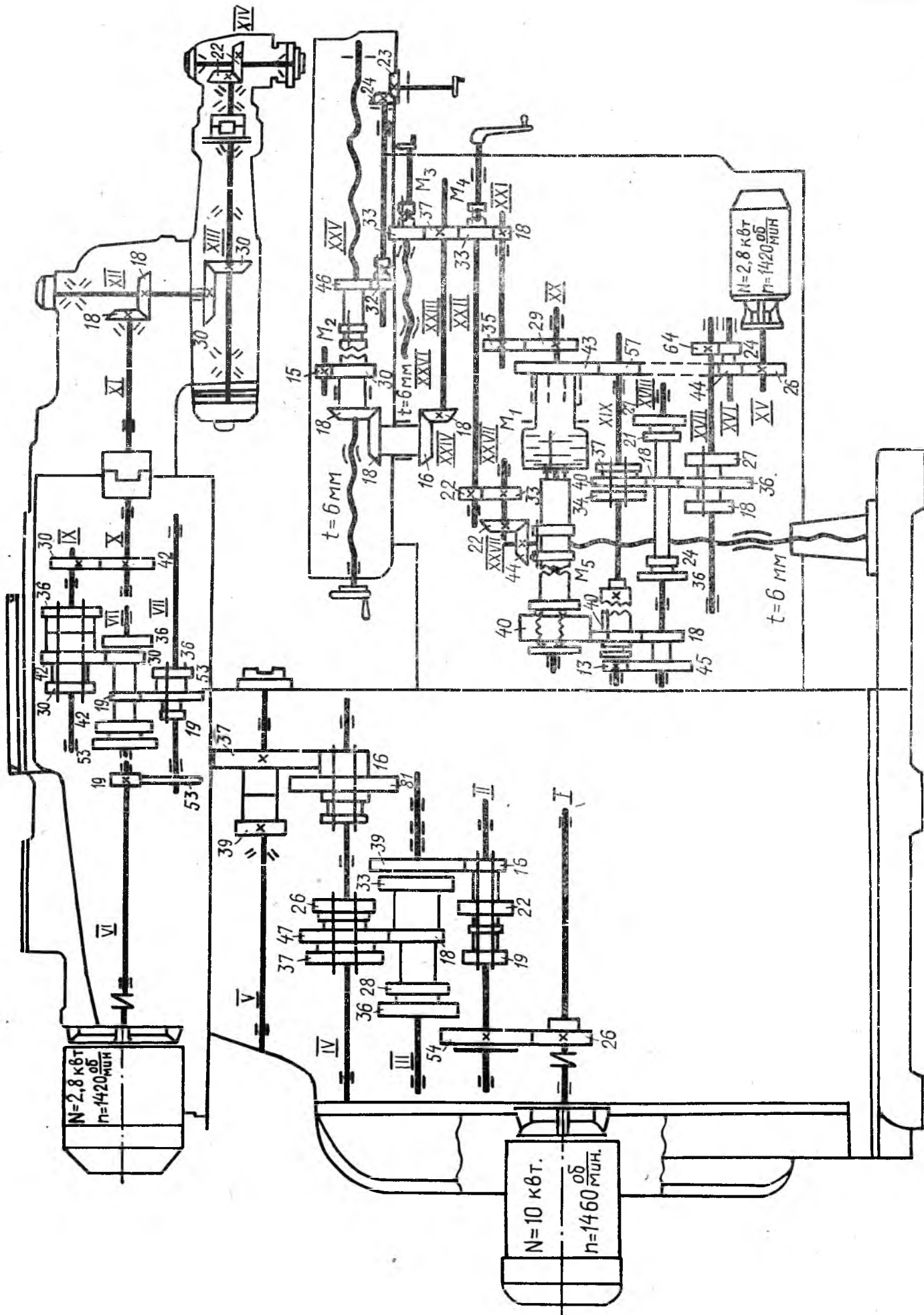


Рис. 16. Кинематическая схема станка 6H83Ш

$N = 1 \text{ кВт}$   
 $n = 1410 \text{ об/мин}$

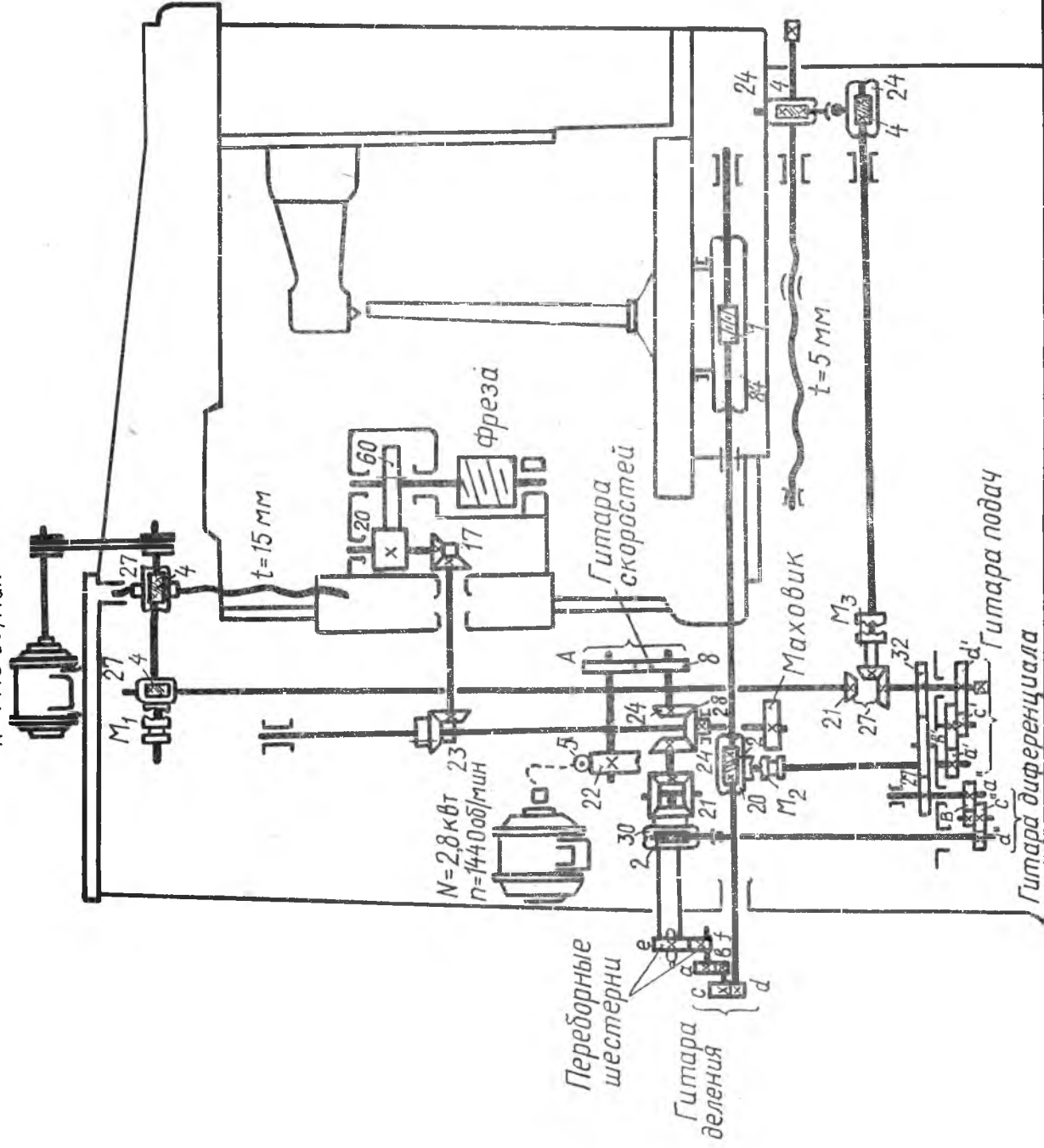


Рис. 29. Кинематическая схема станка 532

$N = 0,55 \text{ кВт}$   
 $n_{\text{нв}} = 1000 \text{ об/мин}$

$N = 0,85 \text{ кВт}$   
 $n_{\text{нв}} = 1500 \text{ об/мин}$

$N = 7,5 \text{ кВт}$   
 $n = 1450 \text{ об/мин}$

$N = 0,85 \text{ кВт}$   
 $n_{\text{нв}} = 1500 \text{ об/мин}$

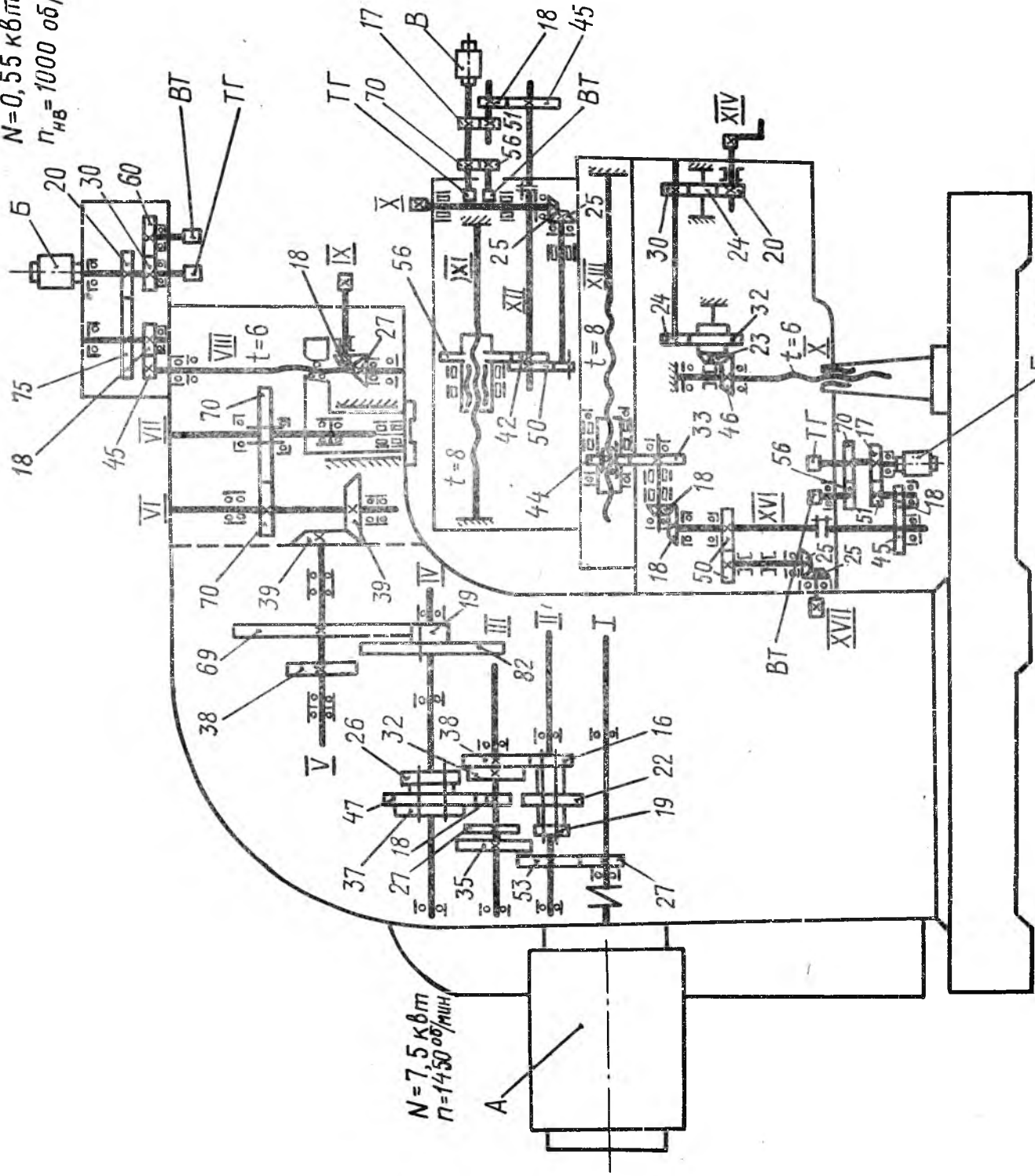


Рис. 42. Кинематическая схема станка 6М13ГН