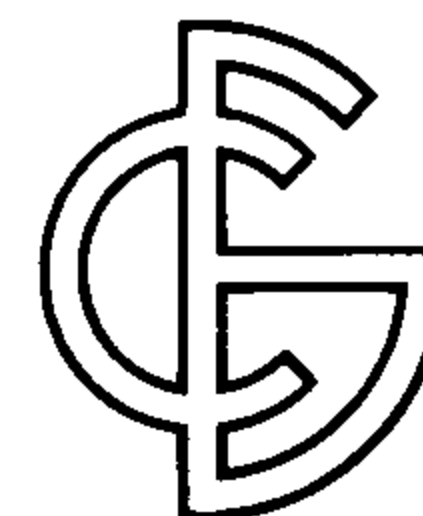


БИБЛИОТЕКА



СТАНОЧНИКА

И. А. Колка, В. В. Кувшинский

МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ СТАНКИ



Москва · Машиностроение · 1983

Редакционная коллегия:
лауреат Государственной премии СССР, проф. **С. И. Самойлов** (председатель), доц. **А. В. Коваленко**, инж. **Г. Н. Кокшаров**, канд. техн. наук **В. А. Куприянов**, проф. **В. А. Лоскутов**, инж. **Г. Р. Мозжилкин**, Герой Социалистического Труда, токарь **Л. Я. Мехонцев**, канд. техн. наук доц. **А. А. Спиридонов**

Рецензент инж. **Л. Б. Цейтлин**

Колка И. А., Кувшинский В. В.

К60 Многооперационные станки. — М.: Машиностроение, 1983 — 136., ил. — (Б-ка станочника).

60 к.

В книге рассмотрены особенности построения, технологические возможности, компоновки многооперационных металлорежущих станков, описано устройство многооперационных станков, приведены их характеристики и данные об экономической эффективности применения.

Книга предназначена для рабочих-станочников.

К 2703000000-621
038 (01) -83 КБ-8-031-83

ББК 34.63-5
6П4.6.08

© Издательство "Машиностроение", 1983 г.

ИБ № 3252

Илья Абович Колка, Владимир Владимирович Кувшинский

МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ СТАНКИ

Редактор **Е. С. Забалуева**
Художественный редактор **И. К. Капранова**
Технический редактор **Г. Г. Семенова**
Корректор **А. П. Сизова**
Оформление художника **Е. Г. Шубенцова**

Текст набран на наборно-печатающем автомате

Подписано в печать 18.05.82 Т-05136 Формат 60x90 1/16
Бумага офсетная № 1 Гарнитура Универсальная Ротапринт Усл. печ. л. 8,5
Усл.кр.—отт. 17,25 Уч.-изд. л. 10,77 Тираж 15000 экз. Заказ 1609 Цена 60 к

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Южнопортовая ул., 24

ВВЕДЕНИЕ

Станкостроительная промышленность является материальной основой технического прогресса в машиностроении. Она во многом определяет возможности и темпы технического перевооружения всего народного хозяйства и потому должна развиваться опережающими темпами по сравнению с другими отраслями производства.

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание развитию станкостроения, созданию новых станков прогрессивных типов, быстрому расширению их производства. К таким станкам относятся в первую очередь автоматизированные станки и автоматические линии, станки с программным управлением.

Появление и совершенствование станков с числовым программным управлением (ЧПУ) открыли широкие возможности автоматизации серийного производства. Это имеет громадное значение для повышения эффективности и качества общественного труда, так как на заводах серийного производства выпускается основная часть всей машиностроительной продукции. Важная особенность серийного машиностроения — это частая смена изделий, быстрый переход к изготовлению новых моделей машин, возможные только в условиях гибкого, легко переналаживаемого производства.

Станки с ЧПУ сочетают в себе широкие возможности быстрой переналадки с высоким уровнем автоматизации. Ни один другой вид металлообрабатывающего оборудования такими свойствами не обладает. Технологические возможности станков с ЧПУ, качество, надежность, эффективность стремительно возрастают.

Перед машиностроением стоят большие задачи по техническому перевооружению народного хозяйства, переводу его на интенсивный путь развития. В одиннадцатой пятилетке машиностроители должны увеличить выпуск продукции в 1,4 раза. Для этого в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года" предусмотрен ряд мер по расширению производства и повышению производительности и надежности металлорежущих станков и заготовительного оборудования. В числе этих мер — значительное увеличение выпуска металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением, особенно многооперационных с автоматической сменой инструментов.

Конструкция многооперационных станков объединяет в себе новейшие достижения станкостроения, приборостроения, электроники, вычислительной техники, технологии машиностроения.

Вопросам устройства многооперационных станков, эффективности их использования, получения изделий высокого качества посвящена эта книга серии "Библиотека станочника".

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Многооперационный станок — это станок для комплексной обработки заготовок с числовым программным управлением и автоматической сменой инструментов.

Термин "многооперационный станок" по существу противоречит понятию о технологической операции. В государственном стандарте Единой системы технологической документации ГОСТ 3.1109-73 сказано, что технологическая операция (или просто операция) — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Поэтому, называя станок многооперационным, мы должны оговориться, что делаем это искусственно, условно, имея в виду, что один станок заменяет несколько обычных, каждый из которых выполнял свою операцию. Теперь все эти операции объединены (интегрированы) в одну операцию, выполняемую на одном высокопроизводительном станке.

Многим специалистам нравится название станок — обрабатывающий центр или обрабатывающий центр (ОЦ). Этот термин тоже широко употребляется в технической литературе. Аналогичные термины используют за рубежом. В этой книге использован термин "многооперационный станок" (МС).

Кроме МС, существуют и другие станки с ЧПУ с автоматической сменой режущих инструментов, которые не называют многооперационными. В чем же различие между ними?

Многооперационные станки отличаются особо высокой концентрацией обработки. На них производят черновую, получистовую и чистовую обработку сложных корпусных заготовок, содержащих десятки обрабатываемых поверхностей, выполняют самые разнообразные технологические переходы: фрезерование плоскостей, уступов, канавок, оксн, колодцев; сверление, зенкерование, развертывание, растачивание гладких и ступенчатых отверстий; растачивание отверстий инструментами с тонким регулированием на размер; обработку наружных и внутренних поверхностей и др.

Для осуществления этих операций на станке необходимо иметь большой запас металлорежущих инструментов. У станков с ЧПУ и автоматической сменой инструментов запас инструментов создается обычно в revolverных головках. Среди них фрезерные и сверлильные станки, предназначенные для изготовления главным образом таких корпусных и плоскостных деталей, для обработки которых достаточно иметь 5–10 различных инструментов. Многооперационные станки имеют инструментальные магазины с запасом в 15–30, а при необходимости в 50–100 и более инструментов.

Еще одна важная особенность большинства многооперационных станков — наличие стола или делительного приспособления с периодическим или непрерывным (по программе) делением. Это обязательное условие для обработки заготовки с нескольких сторон без переустановки. МС новых конструкций оснащают дополнительными столами

и устройствами для автоматической смены заготовок. Заготовки предварительно закрепляют на приспособлении-спутнике, и вместе с ним они попадают с дополнительного стола на основной. Установку заготовки в спутник и снятие обработанной детали производят во время работы станка. Таким образом, вспомогательное время, затрачиваемое на загрузку — разгрузку станка, сводится к минимуму.

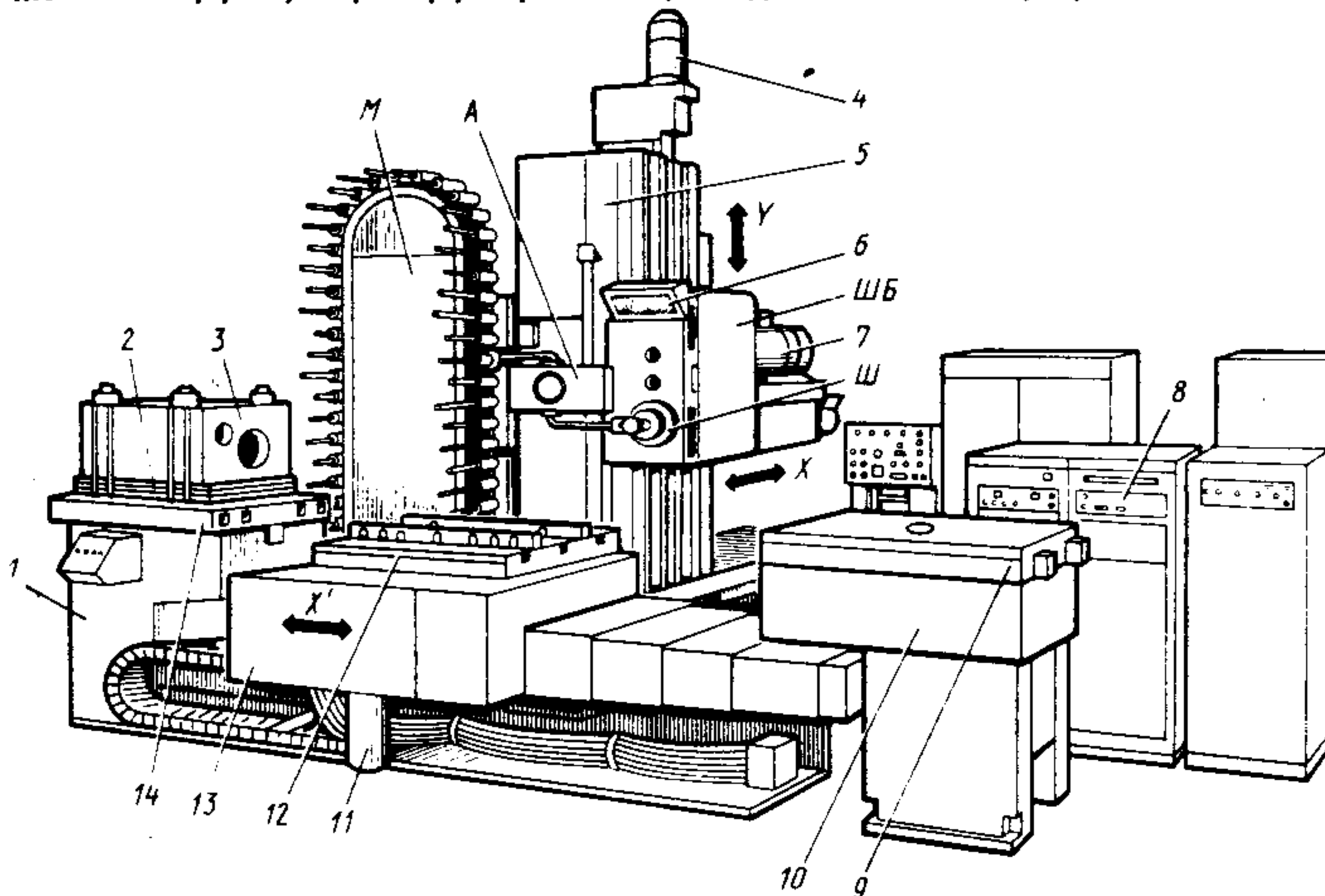


Рис. 1. Горизонтальный многооперационный станок 2623ПМФ4

Многооперационные станки имеют чаще всего контурную или универсальную систему управления, позволяющую обрабатывать разнообразные криволинейные поверхности, фрезеровать отверстия и т. д. МС отличаются широким диапазоном бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя (заготовки) и подач, высокими (8–12 м/мин) скоростями быстрых (вспомогательных) ходов, особо высокой жесткостью и надежностью.

В связи с высокой стоимостью многооперационных станков их используют для обработки наиболее технологически сложных заготовок. В этих случаях один МС может заменить три — пять станков с ЧПУ или пять — десять универсальных станков.

На рис. 1 показан многооперационный станок 2623ПМФ4. В его конструкции нашли отражение последние достижения науки и техники в области станкостроения. Станок отличается высокой точностью обработки. Об этом свидетельствует буква П (повышенная точность) в обозначении (шифре) станка. Обратим внимание и на другие буквы и цифры в обозначении станка. Буква Ф означает, что станок оснащен системой программного управления, а цифра 4 является признаком многооперационного станка с контурной системой ЧПУ. Буква М определяет способ хранения запаса инструментов — в магазине. (Для станков с инструментальными revolverными головками в обозначение вводят букву Р.)

Рассмотрим, какие отличительные признаки используют в обозначениях других станков с программным управлением.

Обозначение Ф1 применяют для станков, оборудованных устрой-

ствами цифровой индикации и предварительного набора координат. Для получения заданного перемещения рабочего органа такого станка оператор набирает на пульте управления нужный размер по каждой координате, и станок выполняет заданные перемещения. Фактическая величина перемещения регистрируется на табло светящимися цифрами; этот способ, позволяющий оператору в любой момент видеть, какие движения совершает станок, контролировать его работу, называется способом цифровой индикации.

Обозначение Ф2 относится к станкам с позиционными системами ЧПУ, а Ф3 — к станкам с контурной системой ЧПУ.

Цифры в начале обозначения модели станка в нашем примере соответствуют существующей в СССР общей классификации станков.

Первая цифра 2 означает, что станок отнесен к группе расточных, вторая 6 — к группе горизонтальных, так как имеет горизонтально расположенный шпиндель. Третья и четвертая цифры 23 показывают условный размер станка.

Надо сказать, что не все станкостроительные заводы придерживаются такой классификации. Например, Ивановское станкостроительное производственное объединение им. 50-летия СССР обозначает свои многооперационные станки буквами ИР. Получили широкое распространение многооперационные станки типа АПРС: модели АПРС-1Н, АПРС-1М и др. Отсутствует международная система обозначения моделей многооперационных станков.

Вернемся к многооперационному станку 2623ПМФ4 (см. рис. 1). Шпиндель Ш установлен в шпиндельной бабке ШБ, которая может подниматься и опускаться по направляющим вертикальной стойки 5. Стойка может перемещаться в горизонтальной плоскости, параллельной оси шпинделя. Стол станка состоит из двух основных частей: нижней 13, имеющей горизонтальное перемещение перпендикулярно к оси шпинделя, и верхней 12 — поворотный. Шпиндель установлен в выдвижной пиноли.

Рассмотренную компоновку применяют и в станках расточной группы. Но МС оснащены также инструментальным магазином М в виде бесконечной цепи с гнездами для оправок с закрепленными в них металлорежущими инструментами. Для передачи инструментов в шпиндель станка и обратно служит автооператор А. Автооператор одновременно захватывает инструменты оправки в магазине и шпинделе и меняет их местами. Нужно гнездо магазина приводится в положение смены движением цепи.

Заготовка подается на стол станка вместе с приспособлением-спутником, на котором она заранее установлена и закреплена. На рис. 1 показан момент подготовки станка к обработке первой заготовки. Заготовка 3 закреплена на спутнике 2, находящемся на направляющих дополнительного стола 14, установленного на станине 1. Для передачи спутника с заготовкой на станок нижний стол 13 сместится в крайнее левое положение, и спутник будет передвинут на направляющие стола, где произойдет его закрепление. После этого нижний стол 13 перейдет вправо к шпинделю, и начнется обработка заготовки последовательно со всех сторон. Поворот спутника с заготовкой обеспечивает верхний стол 12 станка, приводом которого является двигатель 11. В процессе выполнения операции на втором приспособлении-спутнике 9, находящемся на станине 10, установят и закрепят вторую, такую же или другую, заготовку. По окончании обработки первой заготовки ее вместе со

спутником переместят на стол, а вместо нее установят на станок вторую заготовку. Пока станок будет ее обрабатывать, обработанную деталь снимут с левого спутника и вместо нее установят следующую заготовку. Такой "маятниковый" или "челночный" способ подачи заготовок в рабочую зону станка позволяет обеспечить почти безостановочную обработку заготовок и тем самым эффективно использовать высокопроизводительное, но дорогостоящее оборудование.

Управление всеми рабочими и вспомогательными движениями узлов станка, работой магазина, устройства для смены инструментов, поворотом стола, подачей и закреплением спутников и другими устройствами и механизмами выполняются автоматически по командам от системы ЧПУ 8.

Частоту вращения шпинделя в диапазоне 5—1250 об/мин изменяют с помощью мощного электродвигателя 7 постоянного тока с бесступенчатым регулированием и простой двухступенчатой коробки скоростей.

Рабочие подачи изменяются бесступенчато в пределах 2—1600 мм/мин без применения коробки передач, с помощью высокомоментных электродвигателей постоянного тока с тиристорным управлением (на рис. 1 это двигатель 4, перемещающий шпиндельную бабку).

Шпиндель станка смонтирован на прецизионных подшипниках качения с предварительным натягом. Ходовые винты и гайки, так же как во всех станках с ЧПУ, выполнены в виде пар качения. Станок имеет точные гидростатические направляющие с централизованной подачей смазочного материала для перемещения стола и стойки, комбинированные направляющие (сочетание закаленных направляющих и роликовых опор — "танкеток") для перемещения шпиндельной бабки.

Существуют и другие типы многооперационных станков, в том числе вертикальные, продольно-обрабатывающие, токарные. Но прежде чем рассматривать их особенности, назначение и технологические возможности, следует узнать, как обозначают координатные перемещения для станков с ЧПУ.

Это удобно для характеристики движений каждого станка и необходимо при разработке технологии и управляющих программ.

СИСТЕМА КООРДИНАТ И ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКОВ

Для всех станков с ЧПУ в СССР и за рубежом применяют единую систему обозначений координат, рекомендованную ИСО (International Organisation for Standardisation — Международная организация по стандартизации).

Координатами обозначают: а) положение оси вращения шпинделя — на станках с вращающимся инструментом, или оси вращения заготовки — на станках с вращающейся заготовкой; направление вращения инструмента или заготовки в главном движении координатой не обозначается; б) движение подачи инструмента или заготовки — прямолинейное или круговое.

Все прямолинейные перемещения рассматривают в прямоугольной системе координат X, Y, Z. Круговое движение по отношению к каждой из координатных осей обозначают буквами A, B, C.

Во всех станках положение оси Z совпадает с осью вращения инструмента (или заготовки — на станках с вращающимися заготовками).

Для того чтобы на схеме расположения координат станка показать,

каким образом осуществляется движение подачи — перемещением инструмента (совместно со шпиндельной бабкой, ползуном, стойкой станка и т. п.) или заготовки (совместно со столом станка), — принято следующее:

- а) перемещение инструмента обозначают буквами X, Y, Z и A, B, C ;
- б) для перемещений заготовки используют те же буквы, но со штрихом X', Y', Z' и A', B', C' .

Положительным направлением перемещения считается такое, при котором инструмент и заготовка отступают друг от друга. Поэтому, например, при сверлении, растачивании, обтачивании перемещения инструмента или заготовки обычно происходят в отрицательных направлениях.

На токарных МС подачу суппорта с инструментами или револьверными головками вдоль оси заготовки в направлении от патрона обозначают $+Z$, поперечную (радиальную) подачу в направлении от оси заготовки — $+X$.

На МС, предназначенных для обработки корпусных, плоскостных и других заготовок, не вращающихся при обработке, положение координат принимают в соответствии с правилом правой руки: большой палец — ось X , указательный — ось Y , средний — ось Z (рис. 2, а). Для определения координатных перемещений станка правую руку мысленно кладут тыльной стороной на обрабатываемую плоскость заготовки (рис. 2, в) так, чтобы полусогнутый средний палец совпадал с осью инструмента ($+Z$). Тогда большой палец покажет направление координаты ($+X$), указательный ($+Y$). Если перемещения выполняются столом станка, то соответствующие координаты изменят свое направление и получат индекс: $+Z', +X', +Y'$. Так, на рис. 2, в движения инструмента вдоль своей оси в направлении от заготовки обозначены $+Z$ прямолинейные перемещения заготовки $+X', +Y'$.

Кроме перемещений по основным осям X, Y, Z , возможны перемещения по параллельным или вторичным (U, V, W) и третичным (P, Q, R) осям. Например, на рис. 2, г движение стойки станка параллельно оси шпинделя обозначено через Z , параллельное ему движение пиноли шпинделя W быстрое перемещение шпиндельной бабки R .

Перемещение инструмента вокруг оси X , например при обходе

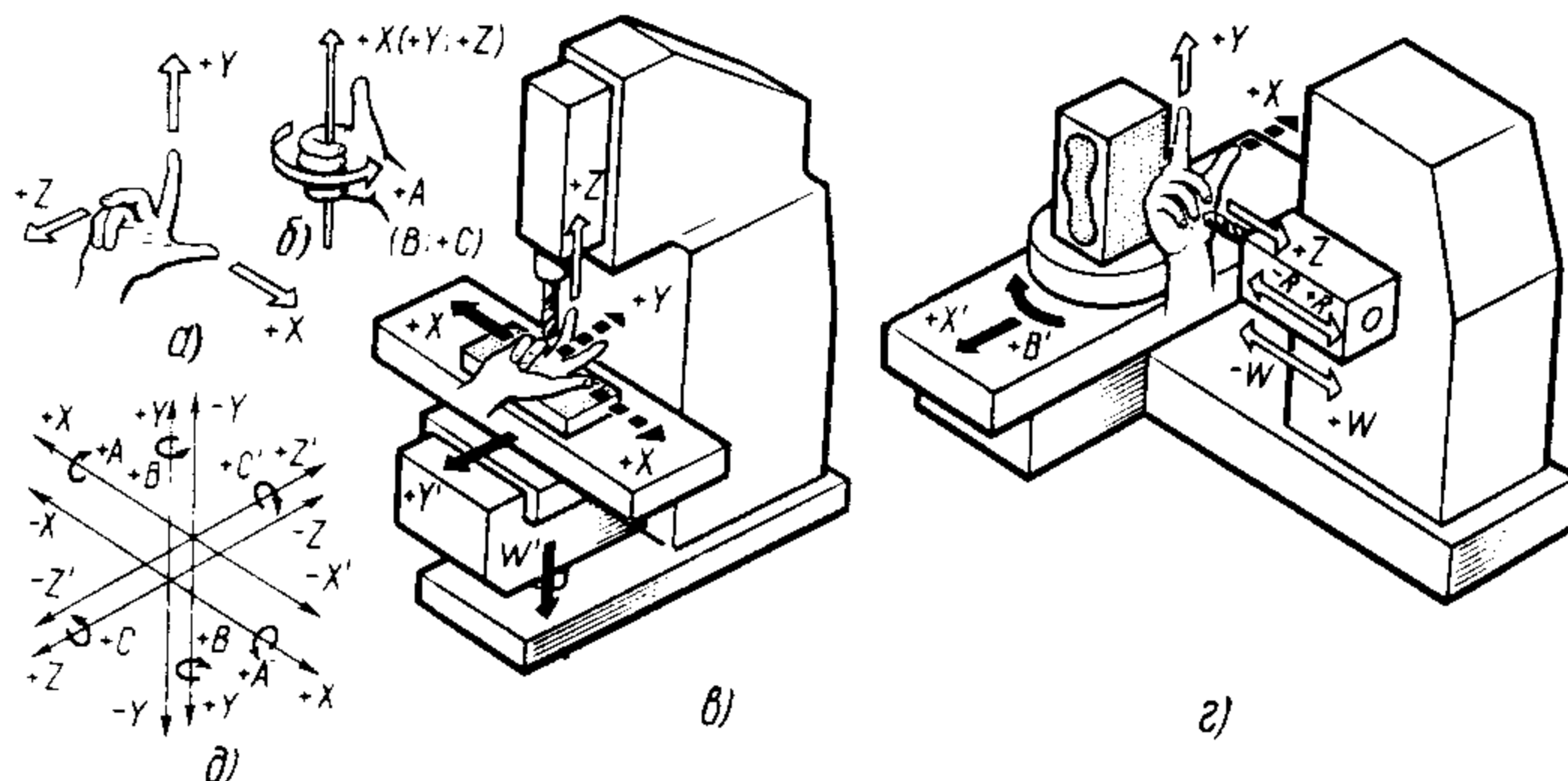


Рис. 2. Обозначение координат для станков с ЧПУ и многооперационных станков: а, б — правило правой руки; в — обозначение координат вертикального станка; г — обозначение координат горизонтального станка с ЧПУ; д — система координат инструмента и заготовки

криволинейного контура, обозначают A , поворот заготовки при обработке, например в поворотном приспособлении, A' . Соответственно для перемещений вокруг оси Y приняты обозначения B и B' вокруг оси Z — C и C' .

Для определения знака кругового перемещения мысленно охватывают правой рукой одну из координатных осей так, чтобы большой палец показывал ее положительное направление (рис. 2, б). Тогда остальные пальцы покажут положительное направление кругового перемещения.

Если обозначений A, B, C недостаточно, то стандарт предусматривает: D — круговое перемещение вокруг любой оси; E — то же, вокруг специальной оси.

В некоторых случаях на схемах, изображающих положение координатных осей станка, не указывают знак координаты.

На рис. 2, г показаны координатные оси для горизонтального многооперационного станка. Схема соответствует станку 2623ПМФ4, имеющему стойку, перемещающуюся по координате Z . Основной стол станка может двигаться по оси X , шпиндельная бабка — по оси Y .

У горизонтальных МС меньших размеров стойка станка может быть неподвижной, а стол может совершать подачу по координатам Z и X . Такой стол часто называют крестовым, имея в виду его взаимно перпендикулярные движения.

У наиболее крупных горизонтальных станков, предназначенных для тяжелого машиностроения, заготовку помещают на поворотный стол или неподвижную плиту, установленную на полу цеха. Стойка станка осуществляет перемещения по двум осям: Z и X (крестовая стойка).

Посмотрим теперь, как располагаются оси координат в многооперационных станках вертикальной компоновки (см. рис. 2, в). У всех вертикальных МС в соответствии с положением оси шпинделя ось Z вертикальна. Движение по этой оси совершает шпиндельная бабка, и только в некоторых МС — заготовка (вместе со столом, салазками и консолью). Движение по осям X и Y , расположенным здесь в горизонтальной плоскости, обычно имеет крестовый стол.

Вертикальный МС 2254ВМФ4, изготовленный Одесским заводом прецизионных станков им. XXV съезда КПСС, показан на рис. 3.

В соответствии с вертикальным расположением шпинделя этот МС предназначен главным образом для обработки заготовок плоскостных деталей, содержащих параллельно расположенные гладкие, ступенчатые и резьбовые отверстия различных размеров. На нем можно фрезеровать плоскости торцовыми и концевыми фрезами, пазы и криволинейные поверхности концевыми фрезами, обрабатывать отверстия мерными и регулируемые на размер инструментами, нарезать резьбы метчиками и резцами в заготовках из чугуна, стали, цветных металлов и пластмасс.

Установка заготовок на столе станка производится чаще всего по предварительно обработанной плоскости и двум отверстиям или по взаимно перпендикулярным плоскостям; реже — по черновым базам.

Обрабатывать корпусные заготовки на вертикальном МС менее удобно, чем на горизонтальном. Чтобы выполнить обработку корпуса с двух — четырех сторон с одного установа, необходимо иметь делительное приспособление с горизонтальной осью поворота. Его жесткость много меньше, чем жесткость поворотного стола горизонтального МС. Поэтому труднее получить высокую точность размеров и взаимного расположения поверхностей.

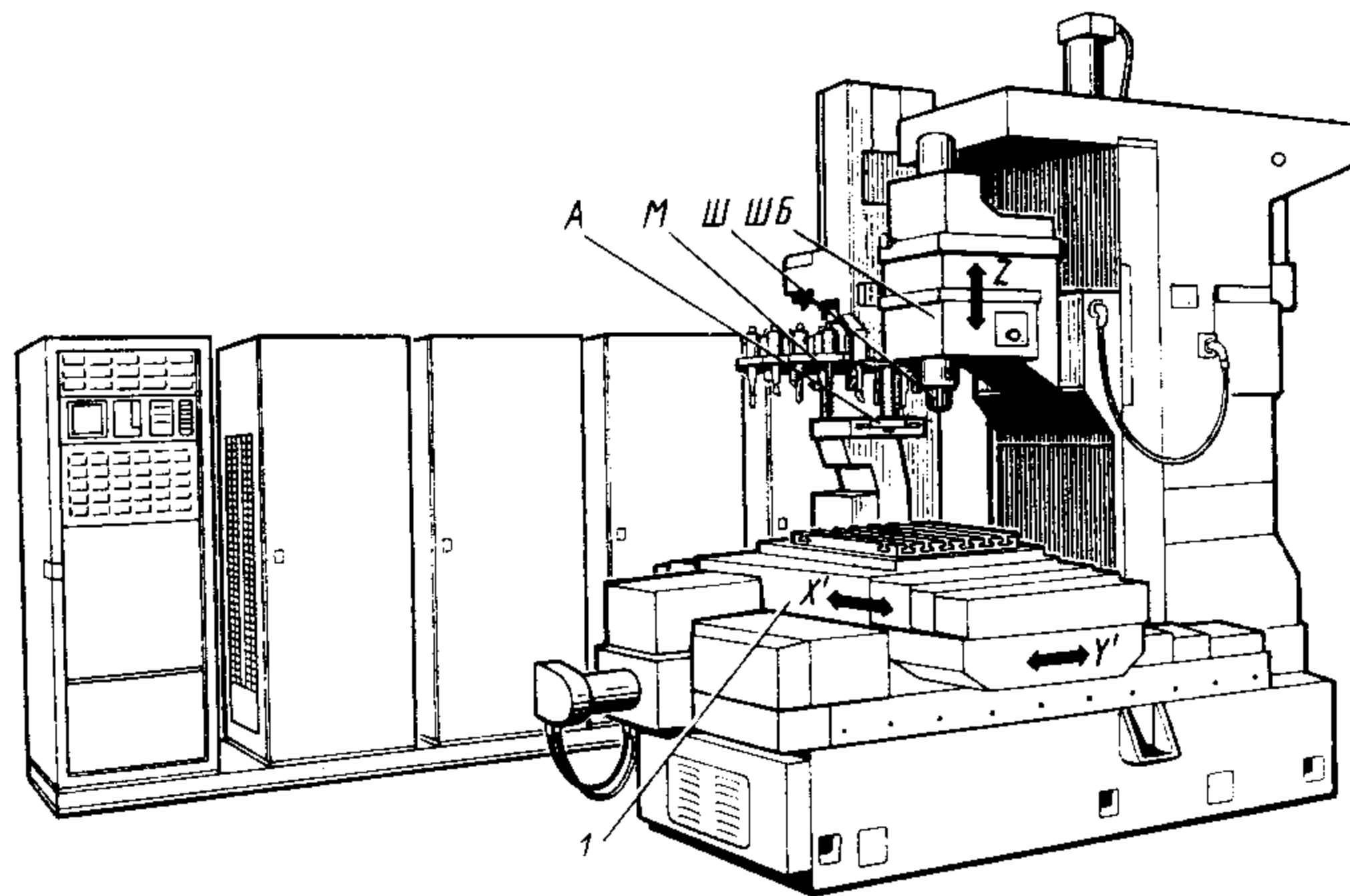


Рис. 3. Вертикальный многооперационный станок 2254BMФ4

Станок 2254BMФ4 оснащен инструментальным магазином М емкостью 30 инструментов, размещенным на отдельной стойке рядом со станком. Смена инструментов производится автоматически автооператором А. Шпиндельная бабка ШБ имеет вертикальную подачу (по оси Z), стол 1 — крестового типа с перемещением по осям X' и Y'. Размеры стола 630x400 мм; на нем можно устанавливать заготовки массой до 300 кг. Приводы главного движения и подач — постоянного тока, с широким диапазоном регулирования.

Частоту вращения шпинделя Ш можно изменить в диапазоне 32—2000 об/мин, продольные подачи 2,5—2500 мм/мин. Высокомоментные двигатели подач соединены с ходовыми винтами непосредственно, без промежуточных передач. Скорость ускоренных вспомогательных ходов 10 000 мм/мин.

Перемещение подвижных узлов на роликовых направляющих с помощью безззорных передач винт—гайка качения и наличие универсальной системы ЧПУ обеспечивают точность позиционирования (точность установки координат) с погрешностью не более 0,012 мм.

Для обработки длинномерных и крупногабаритных заготовок служат продольно-обрабатывающие МС. По внешнему виду они напоминают продольно-фрезерные станки и оснащены подвижным столом и неподвижным порталом, несущим поперечину — траверсу со шпиндельной бабкой. Имеются станки с неподвижными столами или плитами для установки особо крупных заготовок. В этом случае движение подач выполняют подвижный портал, поперечина и одна-две шпиндельные бабки.

Пример продольно-обрабатывающего МС с подвижным столом — станок 6М610МФ4, изготовленный Минским станкостроительным производственным объединением им. Октябрьской революции (рис.4). На нем можно обрабатывать корпусные и базовые детали машин массой до 500 кг и высотой до 800 мм, устанавливая их на стол 100x3150 мм. Мощность двигателя главного привода 70 кВт.

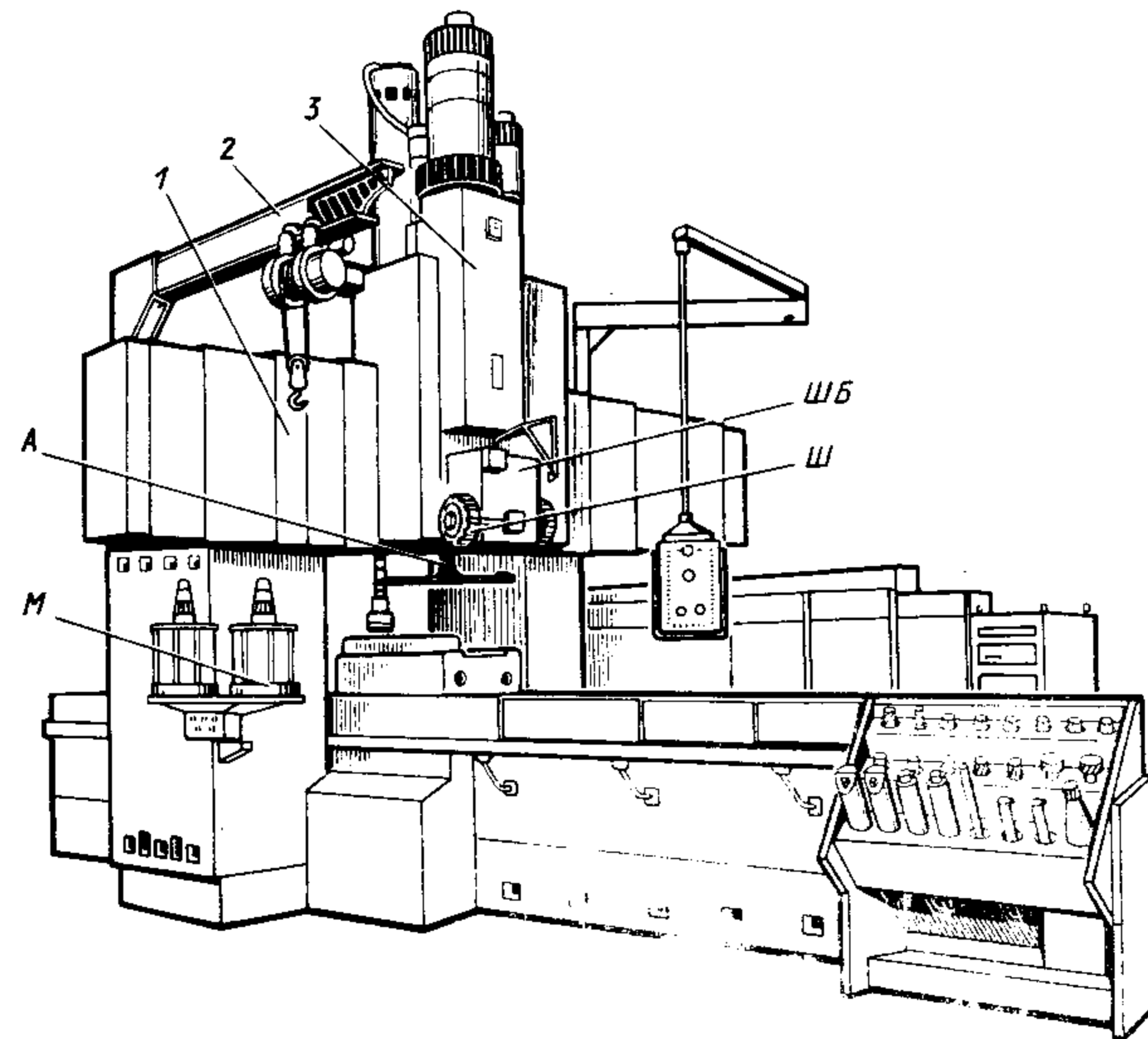


Рис. 4. Продольно-обрабатывающий многооперационный станок с подвижным столом 6М610МФ4

Для установки и снятия заготовок предусмотрен консольно-поворотный кран 2. Поперечина 1 сделана неподвижной, а вертикальная подача (по оси Z) обеспечивается перемещением шпиндельной бабки ШБ вместе с массивным ползуном 3. Режущий инструмент поступает из магазина М в вертикальный шпиндель станка с помощью автооператора А. Для повышения универсальности на ползуне можно закреплять фрезерно-расточную бабку с горизонтальным расположением оси шпинделя Ш. Режущие инструменты можно устанавливать на оба конца шпинделя. На рисунке показана наладка станка для обработки вертикально расположенных плоскостей заготовки двумя торцовыми фрезами.

Продольно-обрабатывающие МС отличаются от вертикальных значительно более высокой жесткостью.

Токарные многооперационные станки получили меньшее распространение, чем МС для обработки корпусных заготовок. Объясняется это несколькими причинами. При обработке деталей типа тел вращения наиболее трудоемкой обычно является обработка наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, которая успешно выполняется на токарных станках с ЧПУ и автоматической сменой инструментов. Такие станки не являются многооперационными, так как на них нельзя обрабатывать отверстия, параллельные или перпендикулярные по отношению к оси вращения заготовок, фрезеровать пазы и т.д. Но все эти поверхности можно эффективно обработать на многооперационном станке, предназначенном для корпусных деталей, используя в качестве баз точно обработанные на токарном станке поверхности вращения. Чтобы выполнить эти работы на токарном станке, превратить его в многооперационный, необходимо установить в дополнение к имеющимся револьверным головкам, пово-

ротным резцедержателям и т.п. устройствам инструментальные головки, имеющие самостоятельный привод вращения, а иногда и независимую подачу. Одна из головок должна обеспечивать возможность применения инструментов, вращающихся относительно оси, параллельной оси шпинделя, другая — относительно перпендикулярной оси. Шпиндель станка необходимо оснастить устройством для точного автоматического поворота вместе с заготовкой на любой нужный угол. Разместить все эти устройства на токарном станке традиционной компоновки затруднительно.

Рациональные компоновки токарных МС создают на базе токарных станков с ЧПУ и автоматической смены инструментов.

Первое направление характерно главным образом для заводов и фирм, специализирующихся на проектировании и изготовлении токарных станков с ЧПУ. В отличие от обычных токарных станков в большинстве токарных станков с ЧПУ и МС направляющие размещают почти вертикально. Сходящая стружка свободно падает в поддон станка и поступает на отходящий транспортер.

На суппорте размещают одну—две поворотные револьверные головки, инструментальный магазин, автооператор и т.п. устройства для смены инструментов. Иногда вместо одного применяют два—три суппорта. Станки такой компоновки изготовляют Московское станкостроительное объединение "Станкостроительный завод" им. С. Орджоникидзе, Gildemeister, Heyligenstadt (ФРГ) и др.

Второе направление развивается конструкторами для станков, предназначенных для обработки корпусных деталей.

Примером многооперационного станка может служить токарный МС 1П723Ф4 (базовая модель — 1Б732Ф3) Московского станкостроительного производственного объединения "Станкостроительный завод" им. С.Орджоникидзе. Станок предназначен для обработки заготовок в патроне. В отличие от базового станка токарный МС имеет дополнительный привод поворота шпинделя, шаговый двигатель с гидроусилителем, позволяющий поворачивать заготовку на нужный угол при обработке отверстий, параллельных оси вращения или расположенных радиально.

Металлорежущие инструменты предварительно (вне станка) закрепляют в резцедержателе, устанавливаемом в каретку цепного магазина. В рабочей позиции поданная каретка закрепляется гидроцилиндром. Кроме невращающихся инструментов, обычных для токарного станка, в том же магазине размещают инструментальные шпиндели, которые в рабочей позиции получают вращение от гидродвигателя через систему зубчатых передач. Продольный инструментальный шпиндель совершает перемещения, параллельные оси заготовки. В магазине станка можно установить 12 инструментальных державок и приводных шпинделей.

Другой пример токарного МС — станок LM70-AT фирмы Okuma (Япония).

Шпиндельная бабка 1 (рис.5) может перемещаться по вертикальным направляющим. Благодаря этому заготовка способна изменять свое положение по отношению к инструментальному шпинделю 4. В шпиндель 4 с помощью автооператора 3 передаются инструменты, закрепленные в оправках, находящихся в магазине 2. В позиции смены инструмента оправка опрокидывается вместе с гнездом магазина в горизонтальное положение. Автооператор, поворачиваясь относительно горизонтальной оси, захватывает одновременно оправки обоих инструментов, вынимает их из гнезда магазина и шпинделя и меняет местами. Магазин,

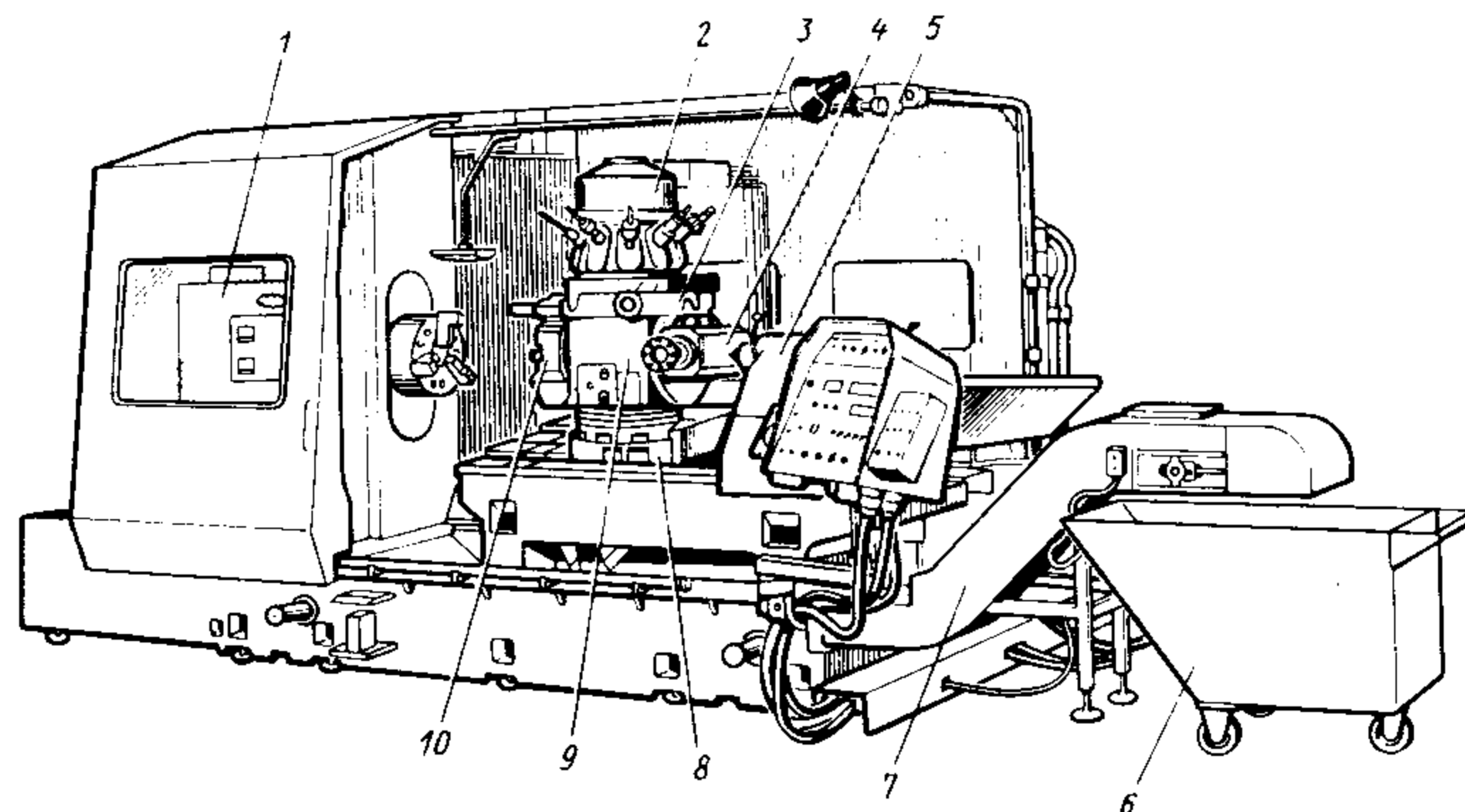


Рис. 5. Токарный многооперационный станок LM70-AT

автооператор и инструментальный шпиндель установлены на массивном корпусе 9, размещенном на суппорте 8 станка. Корпус может поворачиваться вокруг вертикальной оси, это нужно, например, для сверления инструментальным шпинделем центрального и параллельных ему отверстий в заготовке, а также для выполнения сверлильных, фрезерных и других переходов при различном положении инструментов по отношению к заготовке. Шпиндель станка, несущий заготовку, имеет, кроме основного привода вращательного движения, дополнительный привод для поворота на заданный угол.

Инструменты, предназначенные для выполнения типично токарных работ — обтачивания, растачивания и т.п., закрепляют в гнездах револьверной головки 10 с горизонтальной осью поворота, размещенной на корпусе 9 со стороны, противоположной инструментальному шпинделю.

На станке можно выполнять токарную обработку заготовок типа валов, устанавливаемых в патроне с опорой на задний центр 5 или в центрах. В этом случае с помощью инструментов, закрепляемых в шпинделе 4, возможно обрабатывать шпоночные канавки, пазы, отверстия и другие элементы, расположенные вдоль вала или на его образующей. Для удаления стружки служат скребковый конвейер 7 и тележка 6.

Токарный многооперационный станок 16A90МФ4 (рис.6) по компоновке близок к МС для корпусных заготовок. Заготовки типа тел вращения диаметром до 800 мм и длиной до 250 мм, массой до 600 кг. устанавливают в четырехкулачковый патрон 3, получающий вращение от шпинделя, смонтированного в бабке 2. Бабка установлена на салазках 1. Кроме непрерывного вращения, шпиндель заготовки может совершать медленную круговую подачу, нужную при обработке, например, криволинейных пазов.

Инструментальный шпиндель Ш, куда автоматически подаются инструменты из магазина емкостью 32 шт., смонтирован в корпусе шпиндельной бабки ШБ, перемещающемся вместе с салазками 5 вверх — вниз по стойке 4 (ось Y), горизонтально вместе со стойкой (ось Z) и дополнительно на салазках (ось W). Благодаря наличию еще одного инструментального шпинделя и достаточно широкому диапазону частоты вращения инструментальных (10 — 2000 об/мин) шпинделей и

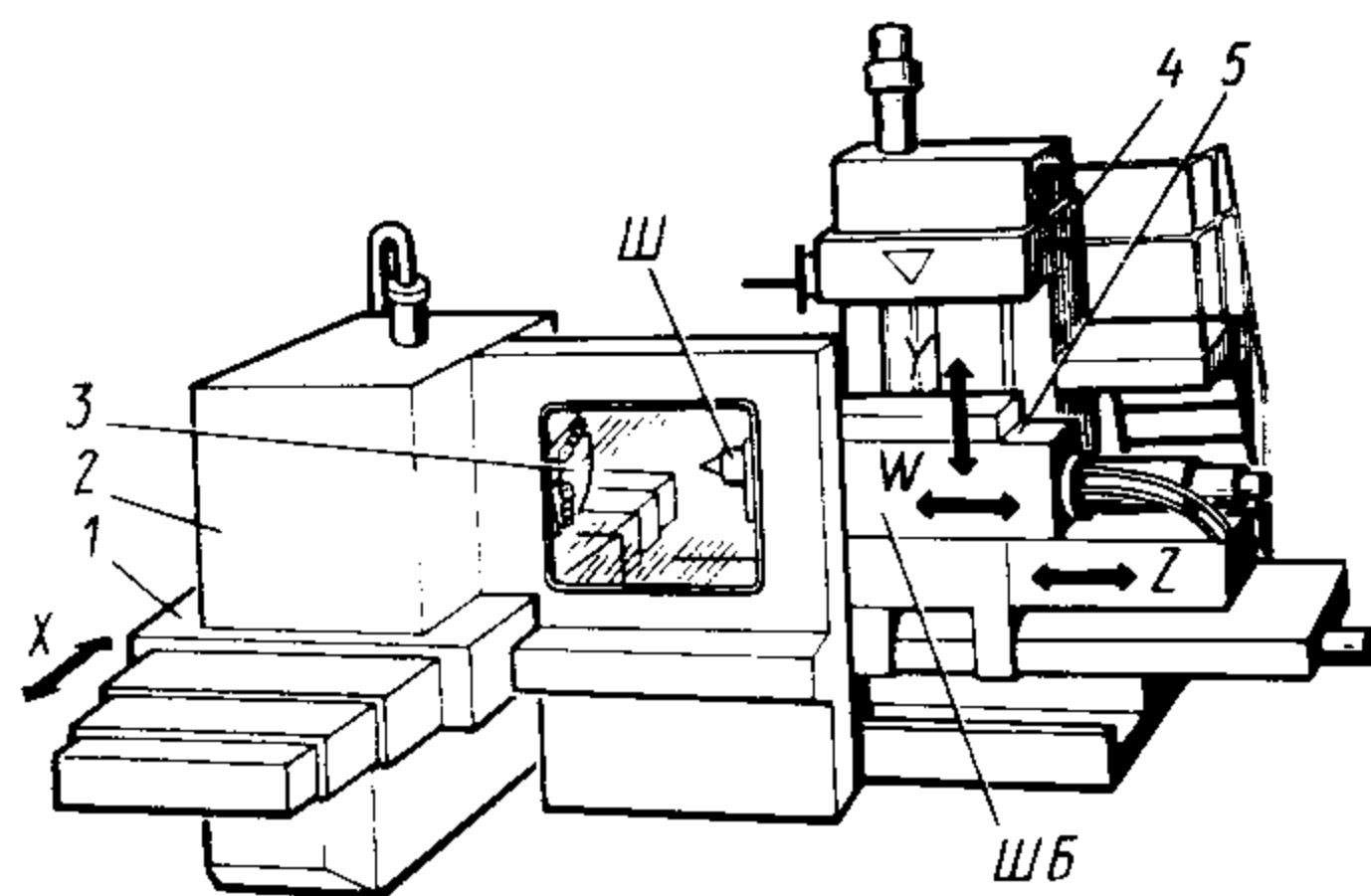


Рис. 6. Токарный многооперационный станок 16A90MФ4

шпинделя заготовки (6,3– 3800 об/мин) на станке можно выполнить все виды токарной обработки, включая резьбонарезание, сверлильные, фрезерные работы для поверхностей, соосных, параллельных и перпендикулярных оси заготовки.

Существуют многооперационные специализированные станки, предназначенные для обработки заготовок каких-либо типичных по конфигурации и размерам деталей в авиастроении, турбостроении и других отраслях производства.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И УСТРОЙСТВА

ПРИВОДЫ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

В многооперационных станках частота вращения шпинделя должна регулироваться автоматически. Для МС характерны широкий диапазон размеров обрабатываемых отверстий, материалов, предварительная и окончательная обработка, применение самых различных инструментов, в том числе таких, как метчики и протяжки. Это ведет к необходимости обеспечения широкого регулирования частот вращения шпинделя. Высокая стоимость многооперационных станков и интенсификация обработки требуют применения двигателей большой мощности.

Использование новейших инструментальных материалов и инструмента традиционных конструкций приводит к расширению диапазона частот вращения. Для назначения оптимальной скорости резания регулирование частот вращения должно быть бесступенчатым.

От динамических характеристик приводов главного движения МС при управлении разгоном — торможением и позиционированием зависит производительность, так как при обработке деталей с частой сменой инструмента и резьбонарезанием вспомогательное время может составлять до 10% полного времени обработки.

Таким образом, к приводам главного движения предъявляются следующие требования [1]: 1) диапазон регулирования должен охватывать скорости, требуемые как для высокопроизводительной чистовой обра-

ботки современными инструментами, так и для позиционирования шпинделя; 2) привод должен обеспечивать длительный режим работы при полном использовании номинальной мощности; 3) бесступенчатое регулирование частоты вращения и возможно меньшее количество механических диапазонов переключения частот вращения; 4) минимальное время разгона и торможения для обеспечения минимальных затрат времени при резьбонарезании и позиционировании шпинделя.

На многооперационных станках в качестве приводов главного движения используют асинхронные двух- и трехскоростные двигатели. В сочетании с коробкой скоростей, имеющей электромагнитные муфты, они обеспечивают необходимые частоты вращения шпинделя.

Недостатком таких приводов являются большие размеры коробки скоростей, ее сложность и невысокая надежность. Кроме того, число частот вращения не отвечает требованиям оптимальной скорости резания для многооперационных станков.

Из большого разнообразия способов осуществления главного движения для МС используют следующие: переключение передач с помощью передвижных зубчатых колес и их блоков; смешанная схема переключения с помощью передвижных и сменных колес; переключение с помощью электромагнитных муфт; изменение частоты вращения шпинделя с помощью многоскоростных двигателей и переключения электромагнитных муфт; бесступенчатое регулирование двигателей переменного тока изменением частоты питающего тока; бесступенчатое регулирование двигателей постоянного тока и переключения блоков зубчатых колес; комбинированная система, состоящая из двигателя постоянного тока, зубчатых переключаемых блоков и передачи вращения зубчатым ремнем.

Для обеспечения всех требований к приводам главного движения применяют метод тиристорного регулирования частот вращения с помощью двигателя постоянного тока и переключения зубчатых блоков коробки скоростей.

Такая комбинация позволяет расширить диапазон частот вращения шпинделя при постоянной мощности для высоких частот вращения и при постоянном крутящем моменте для низких.

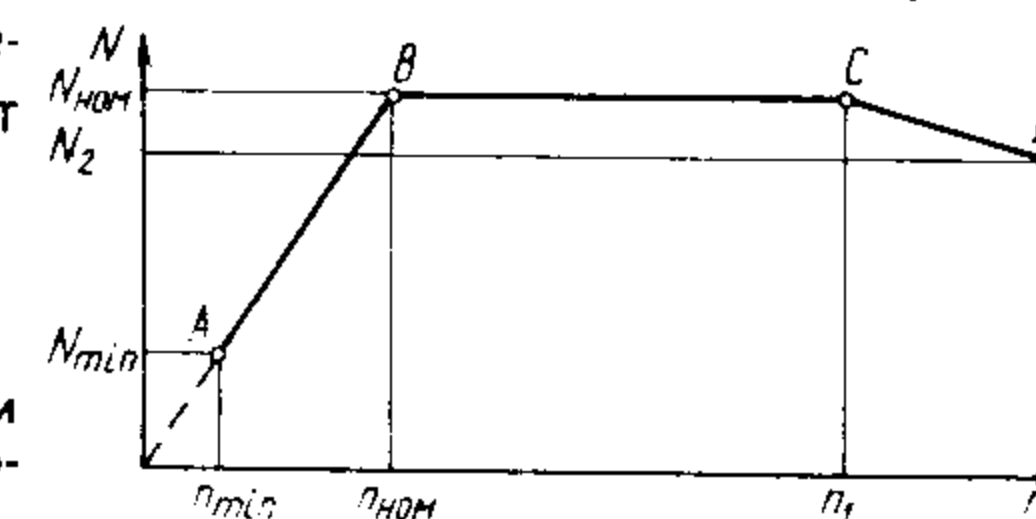
На рис. 7 представлена диаграмма частот вращения и мощности двигателя постоянного тока.

Рабочий диапазон регулирования начинается с минимальной частоты вращения n_{\min} в точке А, что соответствует N_{\min} . Участок до точки В соответствует диапазону частот вращения с постоянным крутящим моментом. Диапазон АВ больше всего удовлетворяет требованиям предварительной обработки благодаря постоянному моменту.

В точке В двигатель имеет номинальную частоту $n_{\text{ном}}$ и номинальную мощность $N_{\text{ном}}$. Дальнейшее регулирование оборотов увеличением тока якоря невозможно из-за увеличения реакции якоря, снижающей крутящий момент, и увеличения размеров якоря. Точка В диаграммы соответствует началу диапазона регулирования чисел оборотов за счет ослабления поля возбуждения.

Диапазон регулирования частот вращения от $n_{\text{ном}}$ до n_1 с помощью

Рис. 7. Диаграмма частоты вращения и мощности двигателя постоянного тока



ослабления магнитного поля возбуждения осуществляется при постоянной мощности. Ослабляя поле от точки С до точки D, получим уменьшение мощности.

Максимальная частота вращения n_2 соответствует максимальной мощности N_2 , допустимой при длительном режиме работы.

Регулирование частот вращения ослаблением поля осуществляют обычно в пределах 1 : 3 или 1 : 4. Для расширения диапазона частот вращения при постоянном моменте используют понижающую передачу.

Двигатели постоянного тока нашли широкое распространение для привода главного движения благодаря упрощению кинематики станка, хорошим механическим характеристикам и большим достижениям в производстве полупроводниковых приборов. Пример двигателя постоянного тока показан на рис. 8.

Корпус 2 двигателя имеет сверху клеммную коробку, закрываемую крышкой 3. В станине смонтирован статор, обеспечивающий большие скорости изменения тока. В корпусе установлены главные 7 и вспомогательные 1 полюсы с обмотками. Якорь 6 с обмотками 5 имеет большое число пазов. Паза скошены для предотвращения магнитных шумов. С правой стороны якоря расположен коллектор 11. Внутри подшипникового щита установлены щеткодержатели 4, на которых крепятся в зависимости от исполнения, щеткодержатели 9 или 10 (на одну или две щетки).

Щеткодержатели 9 или 10 выполнены со свертывающейся пружиной и изолирующим роликом. Щеткодержатели крепятся на щеточной шине 8.

Часто в двигатель встраивается тахогенератор для обеспечения обратной связи по скорости, а в главный и вспомогательный полюсы — температурные датчики. На крышке подшипника с выходной стороны двигателя укреплен катушка электромагнитного тормоза, а на шкиве или на насадном зубчатом колесе — диск тормоза. Между катушкой тормоза и диском имеется зазор 0,3 — 0,4 мм. Во время прохождения по обмоткам возбуждения двигателя постоянного тока он создает в полюсах и якоре магнитный поток Φ . Поток возбуждения является функцией тока возбуждения и зависит от индукции В и поперечного сечения сердечника F. При подключении обмоток ротора через коллектор к источнику постоянного напряжения по обмоткам течет ток, создающий магнитный поток, который стремится вытеснить находящиеся в нем проводники. Результатом взаимодействия потока возбуждения и потока, создаваемого током якоря, будет вращение ротора. При вращении ротора в нем индуцируется напряжение E. Двигатель начинает вращаться. Этому состоянию двигателя отвечает уравнение $U_a = E + I_a R_a$, откуда ток

якоря $I_a = \frac{U_a - E}{R_a}$, где U_a , I_a , R_a — соответственно ток, напряжение и сопротивление якоря.

Индуктированная ЭДС пропорциональна частоте вращения n ротора и магнитному потоку Φ возбуждения: $E = C_1 n \Phi$, откуда $n = E / (C_1 \Phi)$.

Вращающий момент пропорционален току якоря I_a и магнитному потоку Φ : $M = C_2 I_a \Phi$.

$$\text{Мощность двигателя } P = \frac{M}{9,56}.$$

При неизменном потоке возбуждения частоту вращения регулируют изменением тока якоря. При этом момент пропорционален току якоря. Обмотки якоря рассчитывают на максимальное значение тока якоря.

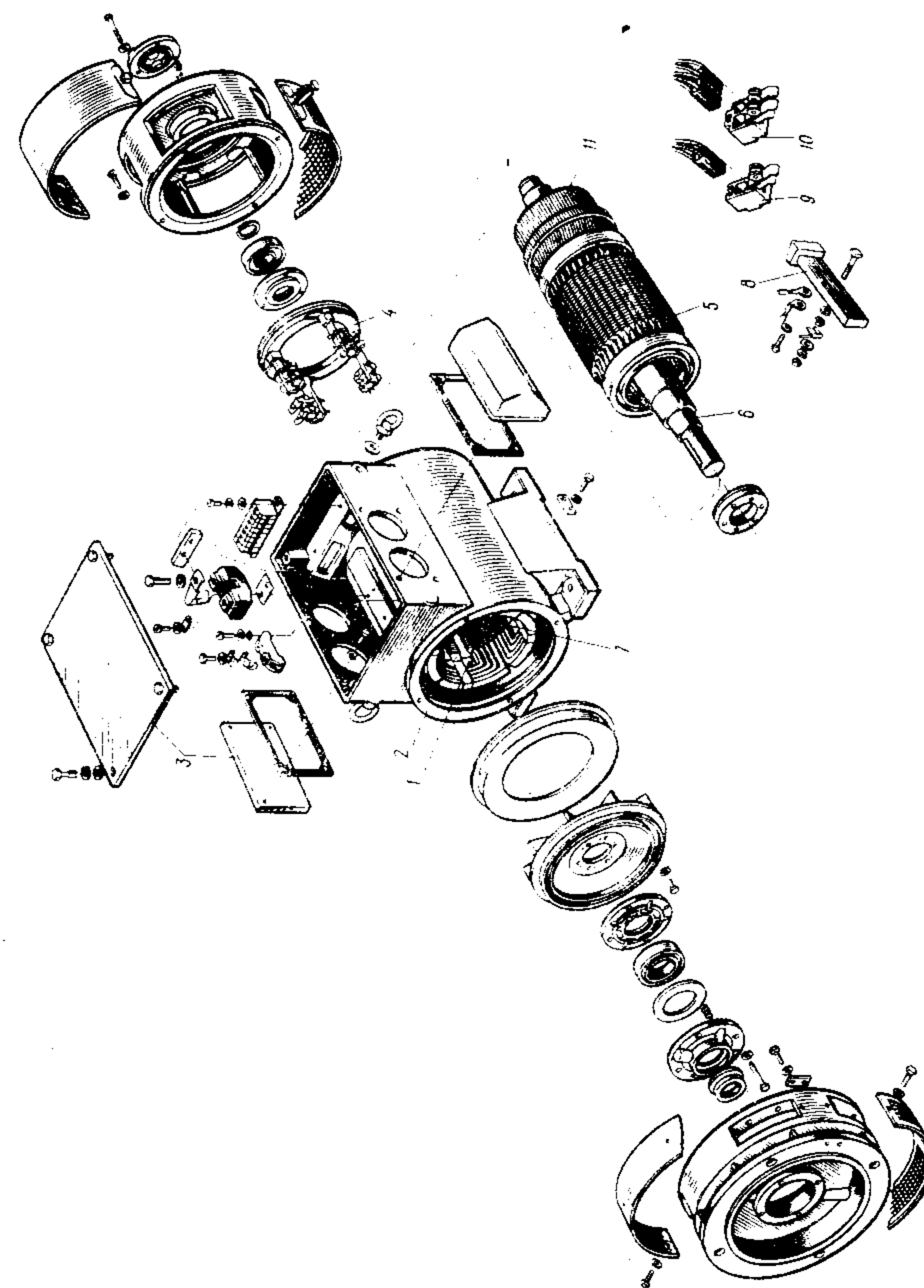


Рис. 8. Устройство двигателя постоянного тока для привода главного движения

Нагружать двигатель можно до минимального тока $I_{ном}$, которому соответствует номинальная частота вращения $n_{ном}$.

ТИРИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Тиристор является полупроводниковым прибором, который состоит из четырех различных по легированию слоев кремния с выводами анода, катода и управляющего электрода. На рис. 9 показаны слоистая структура и условное графическое изображение тиристора. Непрерывное управление тиристором невозможно. Тиристор можно сравнить с триггером из двух мощных транзисторов с противоположной проводимостью и с непосредственными связями [2]. Эти два транзистора, объединенные в одну четырехслойную структуру, образуют тиристор. На рис. 9 представлена эквивалентная схема тиристора. Тиристор заменен п-р-п и р-п-р транзисторами, базы Б и коллектор К, которых соединены крест-накрест друг с другом. Ток, протекающий по тиристор I_T , будет равен сумме коллекторных токов обоих транзисторов: $I_T = I_{K1} + I_{K2} + I_0$, где I_0 — ток утечки тиристора. Коллекторные токи $I_{K1} = a_1 I_{Э1}$; $I_{K2} = a_2 I_{Э2}$, где a_1 и a_2 — коэффициенты усиления транзисторов; $I_{Э1}$, $I_{Э2}$ — эмиттерные токи транзисторов. Учитывая примерное равенство тока тиристора и эмиттерных токов транзисторов: $I_T = I_{Э1} = I_{Э2}$, получим $I_T = \frac{I_0}{1 - (a_1 + a_2)}$. Из этого соотношения видно что ток, протекающий по тиристор, возрастает, когда $a_1 + a_2 \approx 1$.

Запирающие слои между базой и коллектором препятствуют протеканию тока. Коллектор транзистора п-р-п через базу второго транзистора находится под положительным напряжением и отпирается положительным управляющим током. В результате к базе р-п-р транзистора прикладывается отрицательный потенциал; транзистор отпирается. На поток носителей отрицательных зарядов из эмиттера транзистора Т1 накладывается поток носителей положительных зарядов из эмиттера транзистора Т2. Прерывание управляющего тока транзистора Т1 не погашает потока положительных зарядов. При подаче управляющего импульса на базу транзистора Т1 увеличивается его коллекторный ток, что ведет к увеличению базового и затем коллекторного тока транзистора Т2, а это вызывает увеличение базового тока транзистора Т1. Ток тиристора нарастает лавинообразно и уже не требует управляющего импульса, а может продолжаться без него и зависит от насыщения цепи, определяемого сопротивлением нагрузки R_H . Для прекращения процесса протекания тока через тиристор необходимо снять напряжение

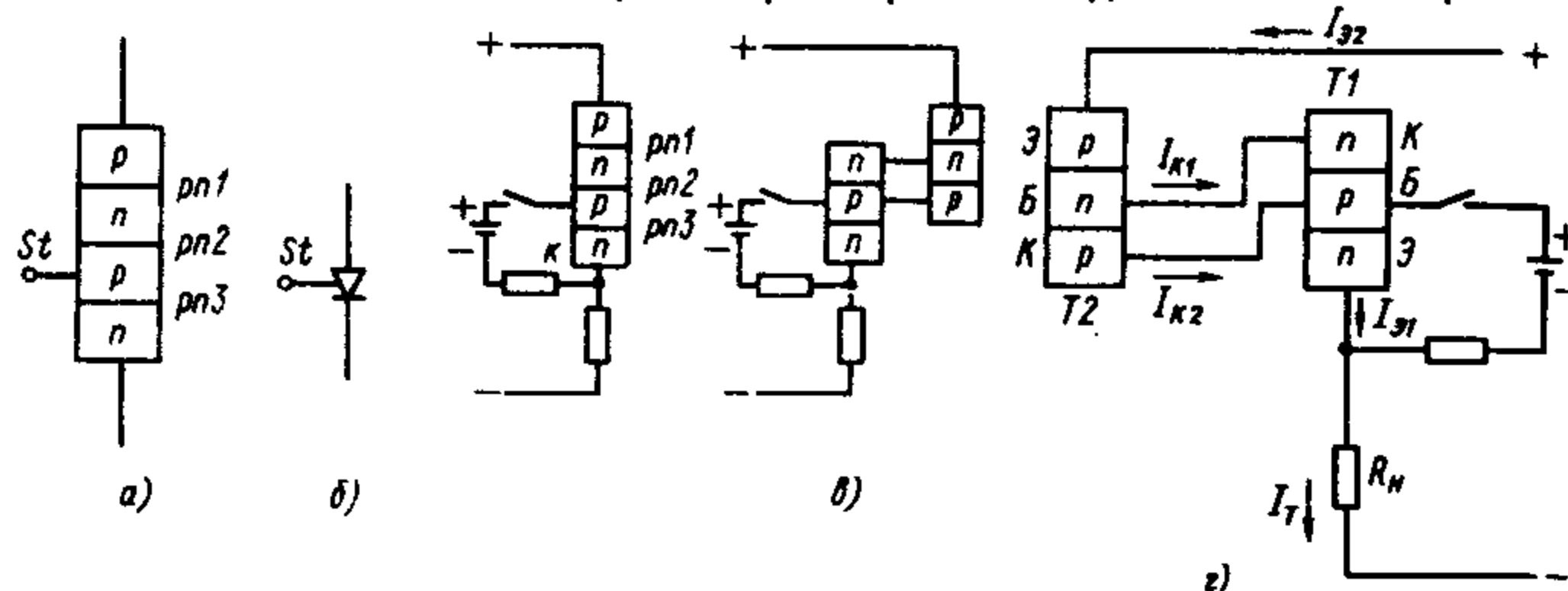


Рис. 9. Слоистая структура (а) тиристора, условное графическое изображение (б), эквивалентная схема (в) и схема протекания токов (г)

Рис. 10. Вольт-амперная характеристика тиристора

питания. На рис. 10 показана вольт-амперная характеристика тиристора. В вольт-амперной характеристике тиристора различают открытое и закрытое состояния.

При подаче на тиристор большого напряжения он открывается, и его сопротивление падает в сотни раз при токах в сотни ампер. Для каждого тиристора существует определенное напряжение $U_{вкл}$ включения. Тиристор, включаемый без управляющего импульса только при подаче напряжения, называется диностором. При включении за счет напряжения ветвь характеристики идет влево из точки А в точку В, и затем нарастание тока идет до точки С.

Однако чаще всего тиристором управляют, подавая на него управляющий импульс I_y тока. В этом случае тиристор открывается при значительно меньшем напряжении питания, при этом вольт-амперная характеристика без скачков переходит из точки О в точку В. Затем идет лавинообразный процесс нарастания тока тиристора от точки В к точке С.

Из конструкции тиристора и его вольт-амперной характеристики можно сделать следующие выводы: 1) тиристор является управляемым выпрямителем тока, пропускающим ток только в одном направлении; 2) тиристор открывается, когда анод становится положительнее катода и протекает ток зажигания; 3) тиристор открывается в случае приложения к нему напряжения включения; 4) при уменьшении тока тиристора до нуля в результате понижения питающего напряжения или изменения знака напряжения тиристор закрывается; 5) тиристор может запирается в обоих направлениях.

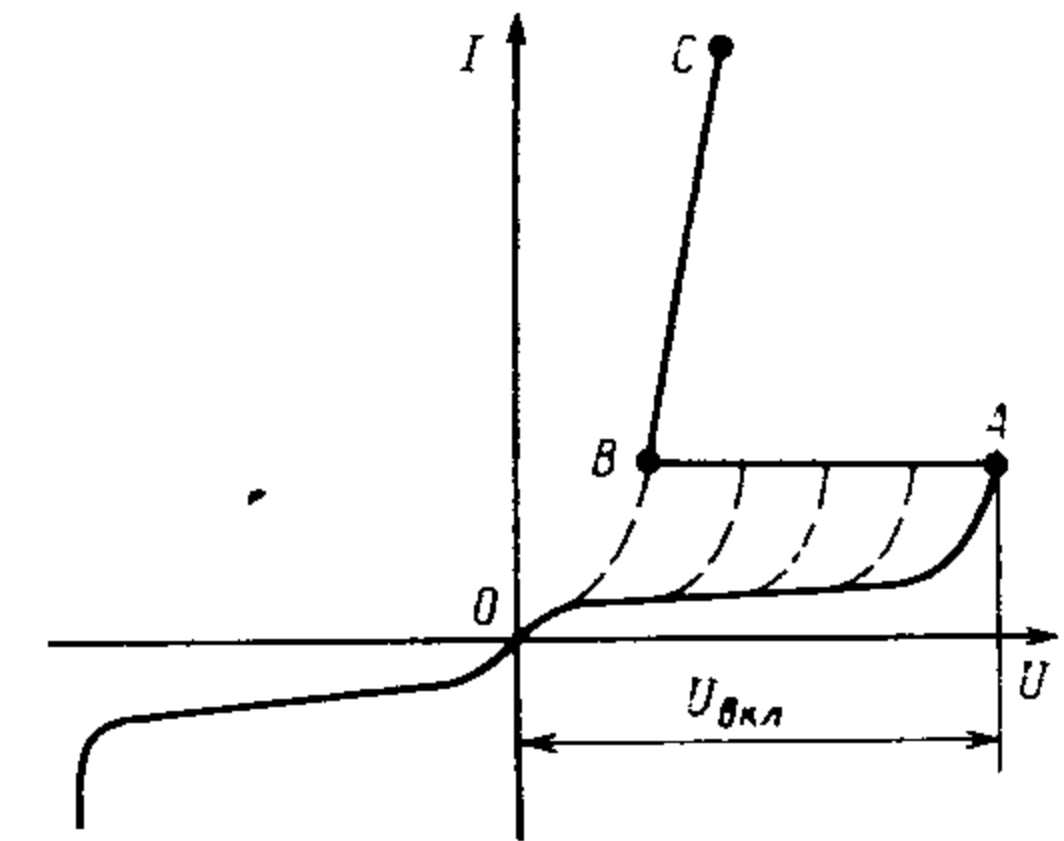
Принцип действия тиристора похож на принцип действия тиратрона, однако тиристор имеет более высокий КПД (99,5%) и значительно меньшие размеры. В результате этого газоразрядные приборы типа тиратронов и игнитронов с появлением тиристора полностью вытеснены из силовой электроники.

Управляющие тиристорные блоки — это электронные схемы с одним или несколькими тиристорами, которые соединяются для пропускания тока в одном направлении. Тиристорные, или, как их часто называют, вентильные, преобразователи могут быть одно-, двух-, трех- и шестимпульсными.

На рис. 11 изображены схемы одно- и трехимпульсных тиристорных преобразователей и диаграммы изменений напряжений во времени. Питание преобразователя осуществляется через фазы А и В.

Разность во времени T_d прохождения очередного импульса через нулевое значение напряжения составляет для одно-, двух-, трех- и шестиимпульсных преобразователей соответственно 20, 10, 6,6 и 3,3 мкс.

При использовании одно- и двухимпульсных тиристорных преобразователей из-за большой пульсации тока, которая определяется питающим напряжением, происходит сильный нагрев двигателя. Эти преобразователи можно применять для станков с невысокими требованиями к точности и небольшими крутящими моментами.



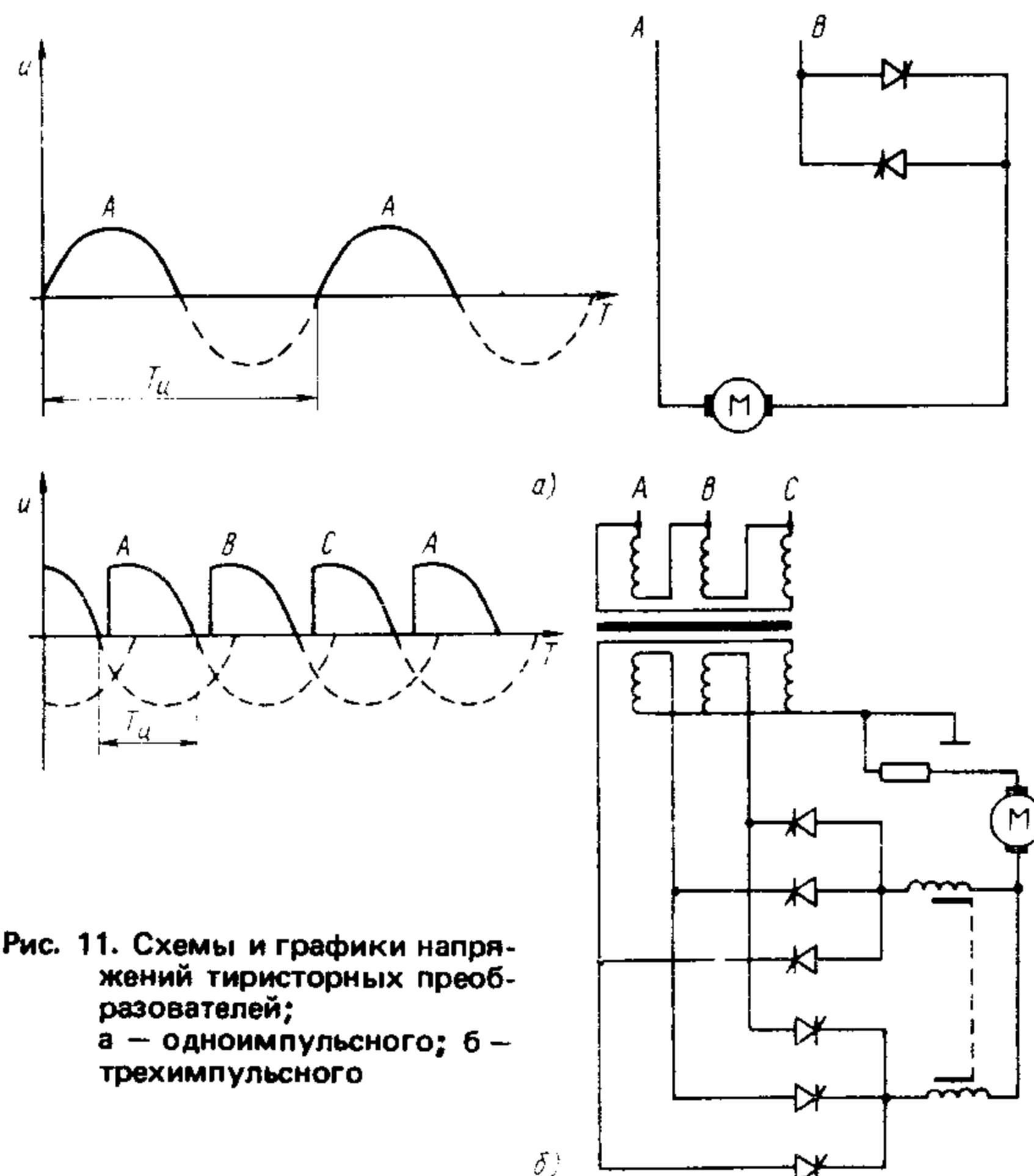


Рис. 11. Схемы и графики напряжений тиристорных преобразователей; а — одноимпульсного; б — трехимпульсного

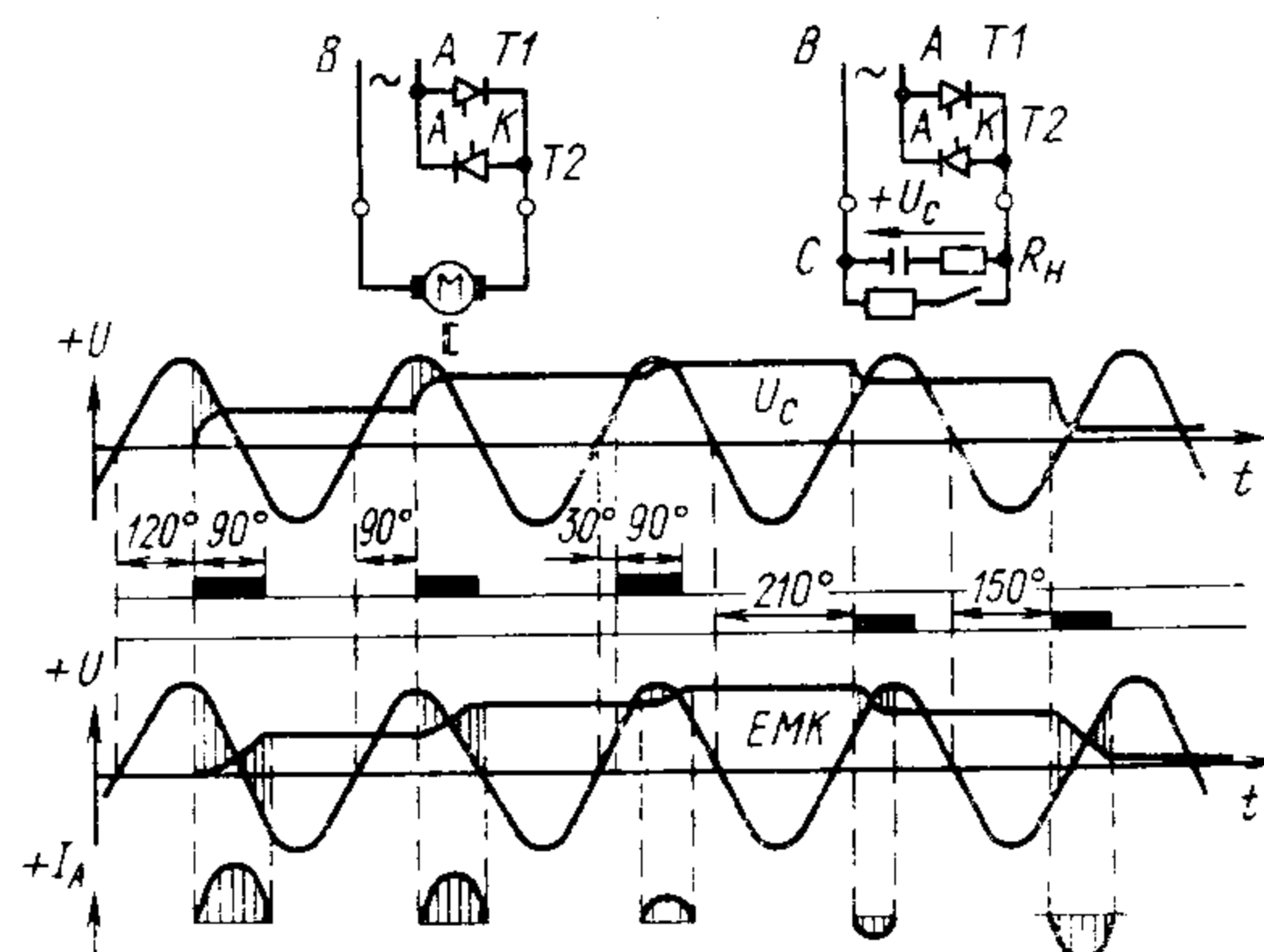


Рис. 12. Реверсивный одноимпульсный тиристорный преобразователь

Одноимпульсный тиристорный преобразователь (рис. 12) состоит из одного тиристора Т1 для пропуска тока в прямом направлении и тиристора Т2 для реверсирования тока и направления вращения управляемого двигателя. Тиристоры Т1 и Т2 включаются навстречу друг другу. Слева на рис. 12 изображена схема непосредственного присоединения тиристорного блока к сети переменного тока. Тиристоры поджигаются импульсами тока в соответствующие моменты времени от специальной схемы управления в том случае, если напряжение на аноде больше, чем на катоде.

Электродвижущую силу двигателя, пропорциональную выходному напряжению тиристорного блока, нагляднее всего сравнить с зарядом конденсатора в случае, если якорная цепь двигателя не имеет заметной индуктивности.

На рис. 12 справа изображена эквивалентная схема с конденсатором С и подключаемым нагрузочным сопротивлением R_H . При нагружении двигателя сопротивление R_H должно регулироваться таким образом, чтобы в цепи протекал постоянный ток, пропорциональный нагрузочному моменту двигателя. При нагружении двигателя напряжение конденсатора С должно меняться. В дальнейшем будем рассматривать заряд конденсатора с отключенным нагрузочным сопротивлением.

Нижний график показывает изменение напряжения сети, выходного напряжения тиристорного блока, а также поджигающие импульсы и импульсы тока I_A проходящего через двигатель. Анод тиристора Т1 соединен с фазой В, а катод через сопротивление и конденсатор подключен к фазе А. Тиристор Т1 можно зажечь только тогда, когда А станет положительнее В. Момент зажигания для тиристора Т1 определяется углом α , а для тиристора Т2 углом β . Угол α отсчитывается от ближайшего нуля синусоиды напряжения сети в направлении положительных значений выходных напряжений. При подаче на тиристор Т1 поджигающего импульса тиристор зажжется, и конденсатор будет заряжаться положительными зарядами, если мгновенное напряжение на аноде А положительнее, чем на катоде. Это может произойти, когда мгновенное напряжение сети выше напряжения U_C конденсатора.

В течение первых двух периодов разность между напряжением сети и U_C в момент прохождения тока зажигания велика, велик и емкостный ток при резком возрастании напряжения конденсатора U_C . При уменьшении разности напряжения убывает емкостный ток и уменьшается возрастание напряжения конденсатора.

Чтобы разрядить конденсатор, необходимо зажечь тиристор Т2 в момент времени, соответствующий углу β , который отсчитывается от точки прохождения сетевого напряжения через нуль в направлении отрицательных значений выходного напряжения тиристора.

Угол зажигания β тиристора Т2 смещен на 180° относительно угла зажигания α тиристора Т1. Анод тиристора Т2 через резистор соединен с конденсатором, а катод подключен к сети, поэтому напряжение конденсатора U_C должно быть положительнее мгновенного значения напряжения сети. Пока U_C положительно, конденсатор разряжается через тиристор Т1, и энергия отдается обратно в сеть. Такой режим возврата энергии в сеть через тиристор называется инверторным. Дальнейшая зарядка конденсатора возможна отрицательными зарядами при зажигании тиристора Т2. В этом случае углы зажигания должны быть меньше 180° . Разрядка отрицательно заряженного конденсатора будет происходить только через тиристор Т1.

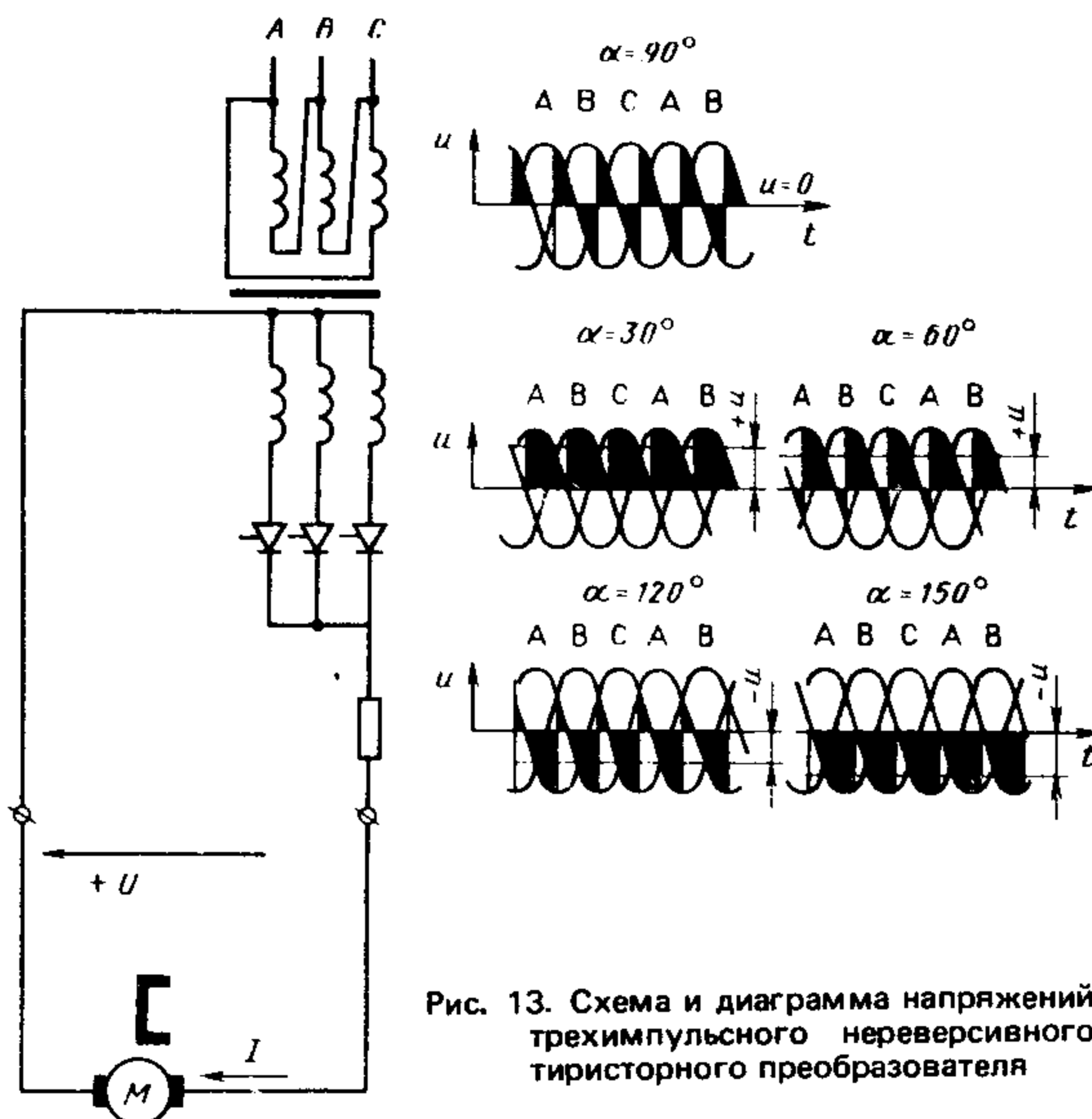


Рис. 13. Схема и диаграмма напряжений трехимпульсного нереверсивного тиристорного преобразователя

Вследствие индуктивности якорной цепи двигателя и накопления энергии в катушке индуктивности ток якоря в течение короткого времени продолжает течь даже тогда, когда мгновенное значение напряжения сети становится меньше ЭДС двигателя. Вращательный момент, ускоряющий двигатель, пропорционален току якоря, так что возрастают частота вращения двигателя и, следовательно его ЭДС. Так же обстоит дело при торможении и реверсировании двигателя с помощью тиристора Т2.

При использовании одноимпульсного тиристорного преобразователя ток всегда прерывист. Эта прерывистость может устраняться дополнительными индуктивностями.

Для пуска преобразователя зажигание теоретически должно начинаться при угле $\alpha = 0^\circ$. Практически чаще всего ограничиваются углом зажигания $\alpha = 15^\circ$. При торможении от максимальной частоты вращения угол зажигания должен быть меньше 270° . Для обеспечения плавного торможения с учетом потерь в кинематической цепи торможение можно начинать при $\alpha = 240^\circ$. Таким образом, диапазон зажигания для одноимпульсной схемы $15^\circ \leq \alpha \leq 240^\circ$.

На рис. 13 показаны схема и диаграмма напряжения трехимпульсного нереверсивного тиристорного преобразователя, выполненного по схеме звезды.

Преобразователь питается сетевым напряжением через трансформатор. Аноды соединены в одну точку, способную нести полную нагрузку.

При постоянном зажигании тиристоров на выходе преобразователя получаем напряжение $U_{\text{вых}}$ с характерной для него пульсацией. При подаче поджигающего импульса первый тиристор пропускает ток до тех

пор, пока мгновенное значение напряжения фазы В станет больше напряжения в фазе А. Затем зажигается тиристор фазы С. При увеличении угла зажигания $\alpha > 30^\circ$ возникают провалы напряжения. Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ определяется интегрированием напряжения во времени, т.е. площадью под кривой $U = f(t)$. При угле зажигания $\alpha = 90^\circ$ площади по обе стороны оси абсцисс равны и $U_{\text{вых}} = 0$. При угле зажигания $\alpha = 120^\circ$ преобладает отрицательное напряжение, при этом двигатель будет тормозиться, а тиристорный преобразователь работать в инверторном режиме, возвращая энергию в сеть. Таким образом, при $\alpha < 90^\circ$ преобразователь работает в выпрямительном режиме, при $\alpha > 90^\circ$ — в инверторном.

ПРИВОДЫ ПОДАЧ

Принципиальное отличие приводов подач станков с ЧПУ и МС от приводов обычных станков заключается в необходимости обеспечения точного положения заготовки по отношению к шпинделю, вращающему инструмент. Точные перемещения по отношению к инструменту должны обеспечиваться в каждый момент времени по программе, заданной технологом, в том числе для ряда поверхностей по криволинейным траекториям.

В соответствии с этим существуют два основных способа обеспечения заданных перемещений.

1. С помощью шагового двигателя ШД (рис. 14, а), обеспечивающего вращение ходового винта на заданное число импульсов. Заданное число импульсов задается системой числового программного управления, получающей эту информацию с перфоленты. Гидроусилитель ГУ служит для увеличения крутящего момента ШД. Исполнительный орган ИО осуществляет заданное перемещение. Число импульсов, отрабатываемое ГУ, не контролируется, поэтому системы такого типа получили название систем без обратной связи. Точность перемещений в системе без обратной связи зависит от точности отработки заданной программы, точности и жесткости кинематической цепи всех ее элементов.

2. С помощью датчика Д (рис. 14, б), который служит для измерения перемещений исполнительного органа ИО. Двигатель М служит для вращения винта. Величина рассогласования в виде сигнала обратной связи ОС подается на СЧПУ для управления приводным двигателем. Такая система управления называется системой с обратной связью.

Требования к приводам подач, так же как и к приводам вращения шпинделей, обусловлены необходимостью высокой производительности и точности обработки. Производительность и точность МС определяются быстродействием, скоростью, мощностью и точностью привода подач. Диапазон регулирования подач определяется для МС необходимостью обеспечения минимальных подач при высокоточной отделочной обработке и при окончании позиционирования в заданные координаты. Производительность будет зависеть от скорости холостого хода и быстродействия привода при изменении направления перемещения и величины

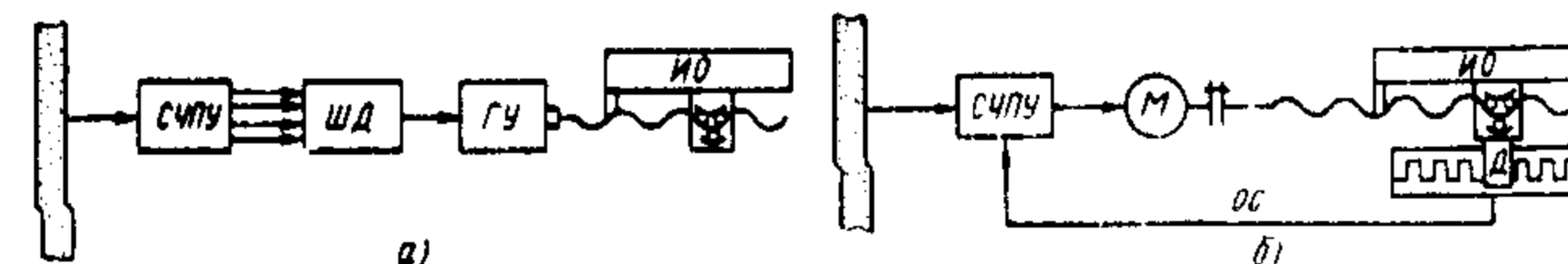


Рис. 14. Способы получения заданных перемещений в системе без обратной связи (а) и с обратной связью (б)

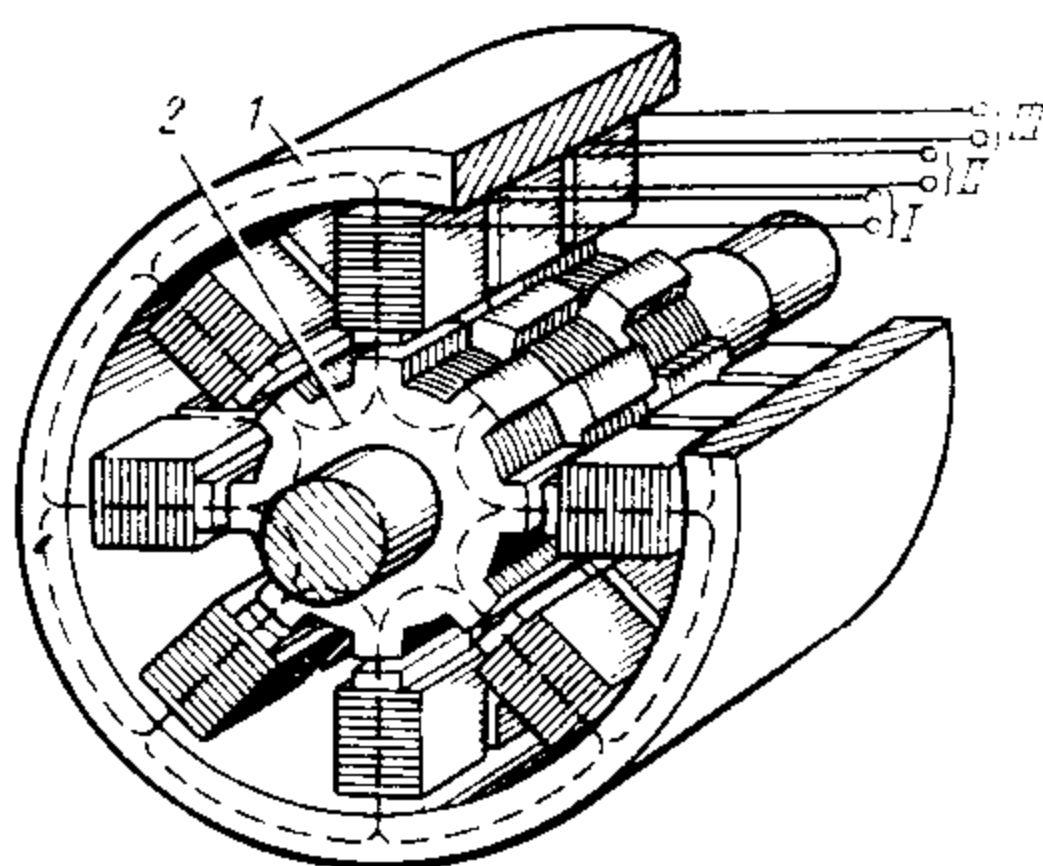


Рис. 15. Шаговый двигатель

подачи при обходе контура детали. Для большинства МС диапазон рабочих подач составляет 1—2000 мм/мин, а скорость холостого хода 8—12 м/мин. В МС используют следующие приводы подач: электрогидравлические с шаговым двигателем и усилителем крутящего момента; гидродвигатели с управлением от сервоклапана; гидроцилиндр и золотнико-

вое устройство с шаговым двигателем; двигатели постоянного тока с тиристорным управлением. Электрогидравлический привод подач получил распространение благодаря простоте, отсутствию обратной связи по положению. Привод состоит из шагового двигателя и гидросилителя крутящего момента.

Шаговый двигатель — это импульсная синхронная машина, преобразующая электрические управляющие сигналы в дискретные перемещения исполнительного органа станка. Статор 1 двигателя (рис. 15) имеет полюсные наконечники с обмотками, образующими три секции I — III. Обмотки выполнены таким образом, что каждая смежная пара полюсов секции имеет различную полярность. Ротор 2 также разделен на три секции, но каждая из них смещена по окружности относительно смежной секции на $1/3$ межполюсного расстояния. Предположим, что в положении, показанном на рис. 15, в электрическую цепь включены обмотки II секции статора. Образующиеся магнитные поля, взаимодействуя с полюсными наконечниками ротора, поворачивают его в положение, соответствующее наименьшему магнитному сопротивлению, когда зубцы ротора окажутся против полюсных наконечников II секции статора. Так как в исходном положении зубцы ротора сдвинуты на $1/3$ шага, то ротор повернется тоже на $1/3$ шага. Если теперь включить в цепь обмотки III секции статора, ротор повернется еще на $1/3$ шага. А после включения секции I ротор закончит поворот на шаг.

Для изменения направления вращения ротора порядок включения обмоток статора меняют на обратный. Для получения малых элементарных перемещений ротора, а следовательно, и связанного с ним исполнительного органа стремятся уменьшать шаг между зубьями статора. Для этого зубья делают мелкими. Шаговый двигатель непосредственно для перемещения исполнительного органа можно использовать только в приводах малой мощности. Поэтому шаговые двигатели обычно соединяют с ходовым винтом подачи не непосредственно, а через усилитель крутящих моментов — гидроусилитель.

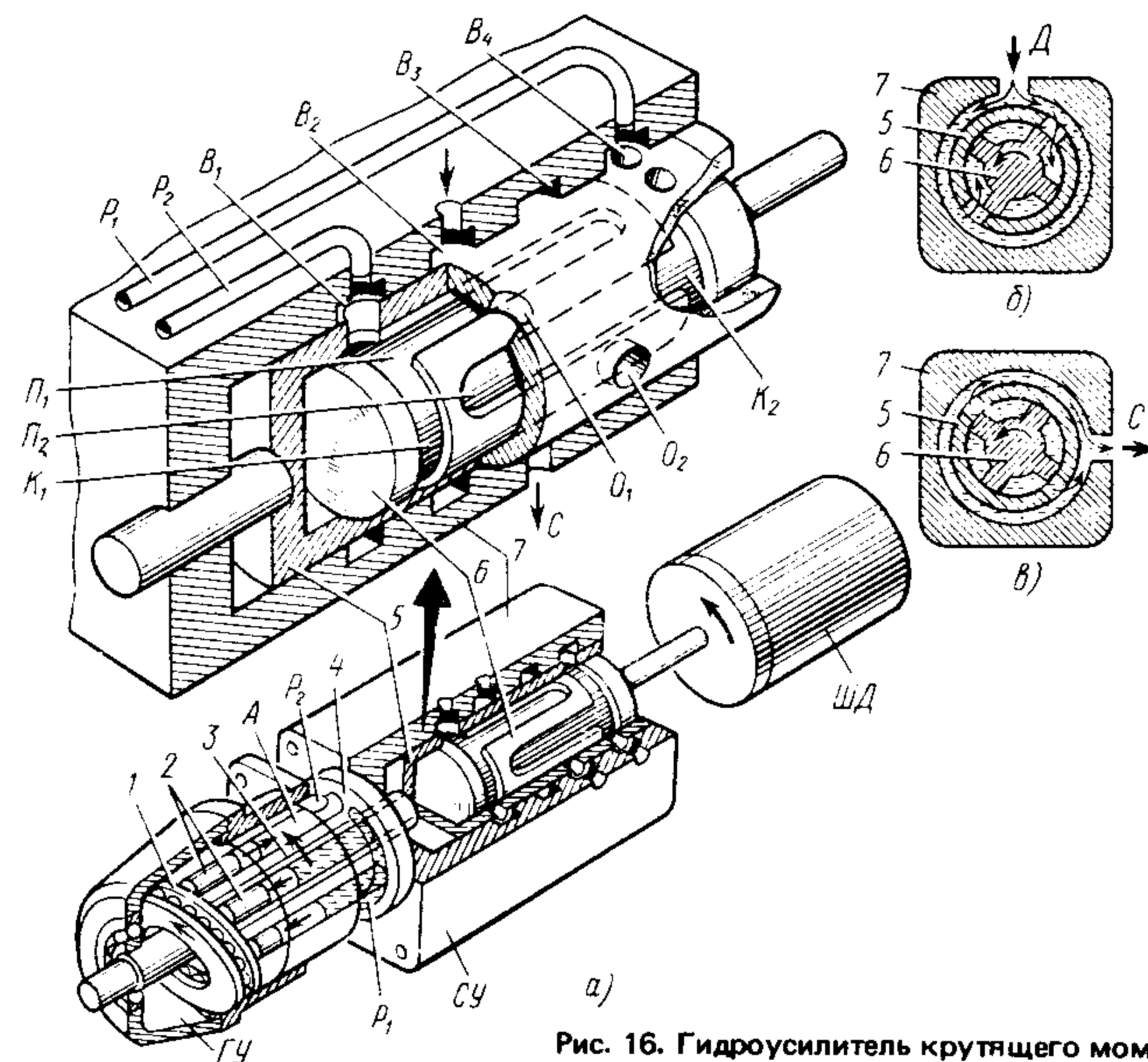


Рис. 16. Гидроусилитель крутящего момента

рисунке стрелкой. Когда поршень попадает в положение А, приток масла к нему прекращается, так как отверстие ротора попадает на перемычку распределителя. При дальнейшем повороте масло из-под поршня через полукольцевой паз P_2 распределителя поступает на слив. Таким образом, каждый поршень за половину оборота ротора совершает рабочий ход, а за следующие пол-оборота — обратный (холостой) ход.

Для изменения направления вращения ротора масло под давлением подают в паз P_2 , а из паза P_1 направляют на слив. Управление потоком масла обеспечивает следующее устройство СУ, управляемое шаговым двигателем. Вал шагового двигателя ШД соединен с плунжером 6 следующего устройства. На плунжере имеются кольцевые канавки K_1 и K_2 и продольные пазы Π_1 , Π_2 . Плунжер вставлен во втулку 5, соединенную с валом гидроусилителя. Втулка 5 находится в корпусе 7, имеющем кольцевые канавки $B_1 - B_4$. К кольцевой канавке B_2 подводится (канал Д) масло под давлением; канавки B_3 служат для отвода масла на слив (канал С); канавки B_1 и B_4 соединены каналами с полостями распределителя 4. В положении, показанном на рис. 16, а, плунжер 6 перекрывает доступ масла к гидроусилителю, и он не работает.

Но достаточно повернуть плунжер на очень небольшой угол (рис.16, б), чтобы масло от гидронасоса по каналу Д, кольцевой канавке корпуса следящего устройства и отверстию O_1 втулки 5 попало в паз Π_1 плунжера и далее через канавки K_1 , B_1 и распределитель 4 в ротор гидроусилителя, поворачивая его в том же направлении, что и плунжер. Масло на слив удаляется из гидроусилителя через кольцевую канавку B_4 и паз Π_2 плунжера и отверстие O_2 втулки 5, канавку B_3 и канал С (рис. 16, а, в).

Если вращать плунжер с помощью шагового двигателя непрерывно, то одновременно, "догоняя" его, будет вращаться и ротор гидроусилителя, а вместе с ним ходовой винт; исполнительный орган станка получит движение подачи. При остановке плунжера он перекроет отверстия втулки, движение потоков масла прекратится, и ротор гидроусилителя немедленно остановится. Для реверсирования гидроусилителя достаточно переключить направление вращения вала шагового двигателя. Направление потоков масла в следящем устройстве изменится на противоположное.

Один шаговый двигатель с гидроусилителем обеспечивает перемещение обрабатываемой заготовки по одной оси координат. Для двухкоординатной системы ЧПУ устанавливается два, а для трехкоординатной — три шаговых двигателя с гидроусилителями.

Наряду с достоинствами, которые заключаются в простоте системы ЧПУ в связи с отсутствием датчика обратной связи, такой привод имеет и недостатки. В электрогидравлическом приводе подач возможна потеря информации о перемещении, ее трудно быстро найти и локализовать.

В МС используют серводвигатели с возбуждением от постоянных магнитов (рис.17). Ротор 2 двигателя установлен в подшипниках качения, расположенных в крышках 1 и 10. Якорная обмотка 3 питается током через коллектор 5 и щеточный аппарат 6. В корпусе двигателя, выполненного в виде трубы, по всему периметру наклеены постоянные магниты 4. Якорь 8 тахогенератора посажен на ротор двигателя. Статор 7 тахогенератора может быть оснащен постоянными магнитами или обмоткой возбуждения. Редуктор 11 револьвера соединен с ротором двигателя гибкой муфтой 9.

Высокомоментные двигатели подач постоянного тока позволяют получать большие крутящие моменты при непосредственном соединении с ходовым винтом без промежуточных передач. Основное отличие высокомоментных двигателей от других двигателей постоянного тока заключается в том, что вместо электромагнитного возбуждения используется возбуждение от постоянных магнитов. Благодаря этому двигатель выдерживает значительные перегрузки, отличается высоким быстродействием, так как способен кратковременно развивать большой (50—20-кратный) крутящий момент при малых частотах вращения. Отсутствие

обмотки возбуждения, нагревающейся при работе двигателя с электромагнитным возбуждением, обуславливает меньший нагрев двигателя с постоянными магнитами. Благодаря этому стало возможным увеличить ток якоря и развиваемый крутящий момент без увеличения габаритных размеров двигателя.

Для увеличения равномерности вращения ротора двигателя и связанного с ним винта подачи при малых скоростях двигатель имеет большое число полюсов и коллекторных пластин малой ширины. Коллекторы двигателя и тахогенератора имеют специальное покрытие; щетки изготовляют из специально подобранных материалов. Для повышения теплостойкости двигателя при пропускании через обмотку больших токов изоляцию обмоток выполняют из материалов с высокой теплостойкостью. Расширение диапазона регулирования электродвигателей постоянного тока потребовало увеличения габаритных размеров двигателя. Но это оправдано тем, что вместо многоступенчатых коробок передач стало возможным использовать двухступенчатые. Бесступенчатое регулирование позволяет выбирать оптимальные режимы резания для каждого технологического перехода и использовать системы адаптивного управления станками. Кроме того, сокращается вспомогательное время на изменение частоты вращения ходового винта. Постоянные магниты для отечественных двигателей серий ПБСТ и 2П изготовляют из феррита бария. Фирма Gettys (США) изготовляет постоянные магниты Inladv из спеченных сплавов, а фирма Inland (США) — из сплавов типа "Альнико".

Высокомоментные двигатели постоянного тока изготовляют со встроенными тормозами, термической защитой и встречным револьвером. При этом образуется единый силовой узел следящего типа. Данные по промышленной эксплуатации таких двигателей показывают, что может происходить частичное размагничивание постоянных магнитов и, как результат этого, изменение рабочих характеристик двигателя.

В связи с этим ведутся экспериментальные работы по созданию приводов подач с широким диапазоном регулирования на базе короткозамкнутых асинхронных и синхронных двигателей с частотным регулированием. Оба типа двигателей обеспечивают диапазон регулирования порядка 10 000.

Механические передачи. В большинстве МС с контурными системами управления ходовые винты подач получают вращение непосредственно от высокомоментных электродвигателей. Для увеличения жесткости соединения вал двигателя — ходовой винт применяют специальные муфты, обеспечивающие высокую точность поворота. Так, в станке ИР 500 МФ4 на вал двигателя и на конец ходового винта насажены полумуфты, состоящие из корпуса 3 и конического кольца 2 (рис.18).

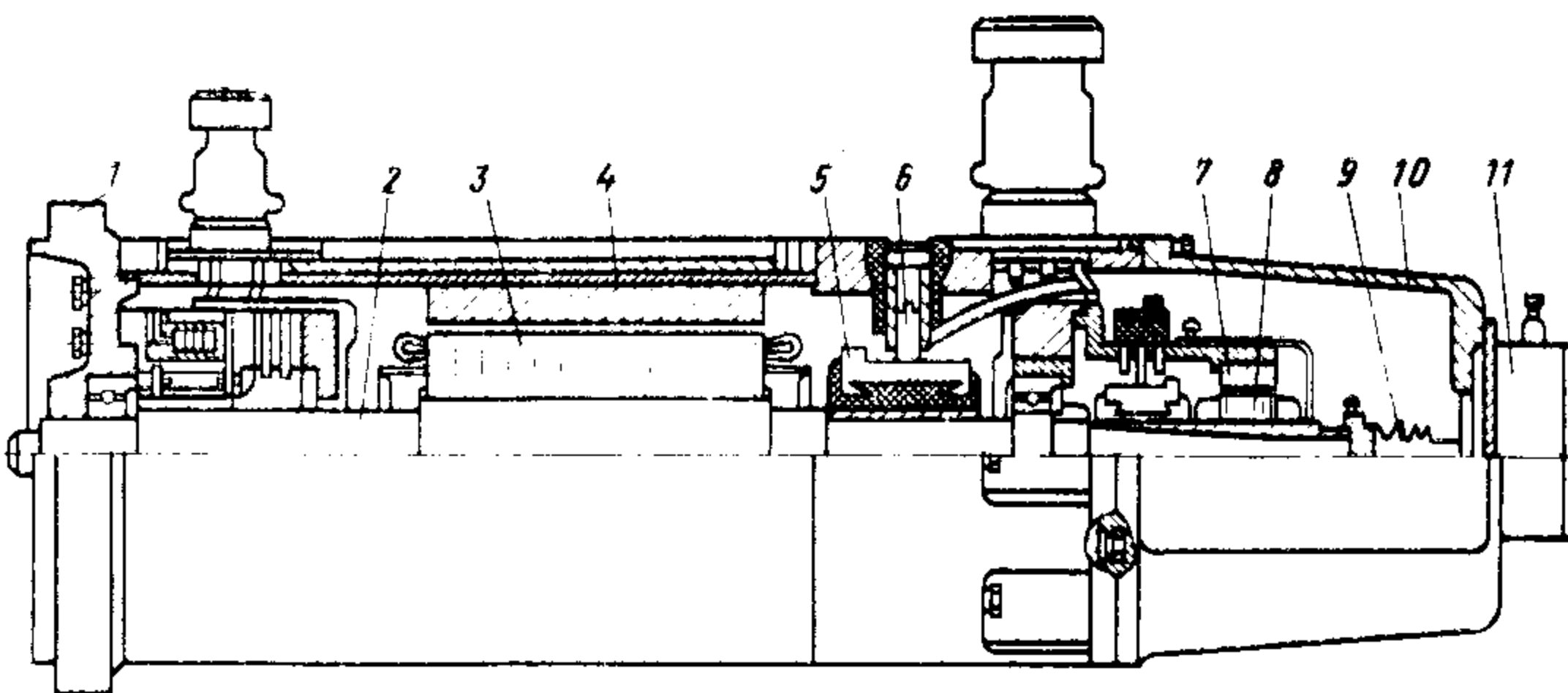


Рис. 17. Конструкция серводвигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов

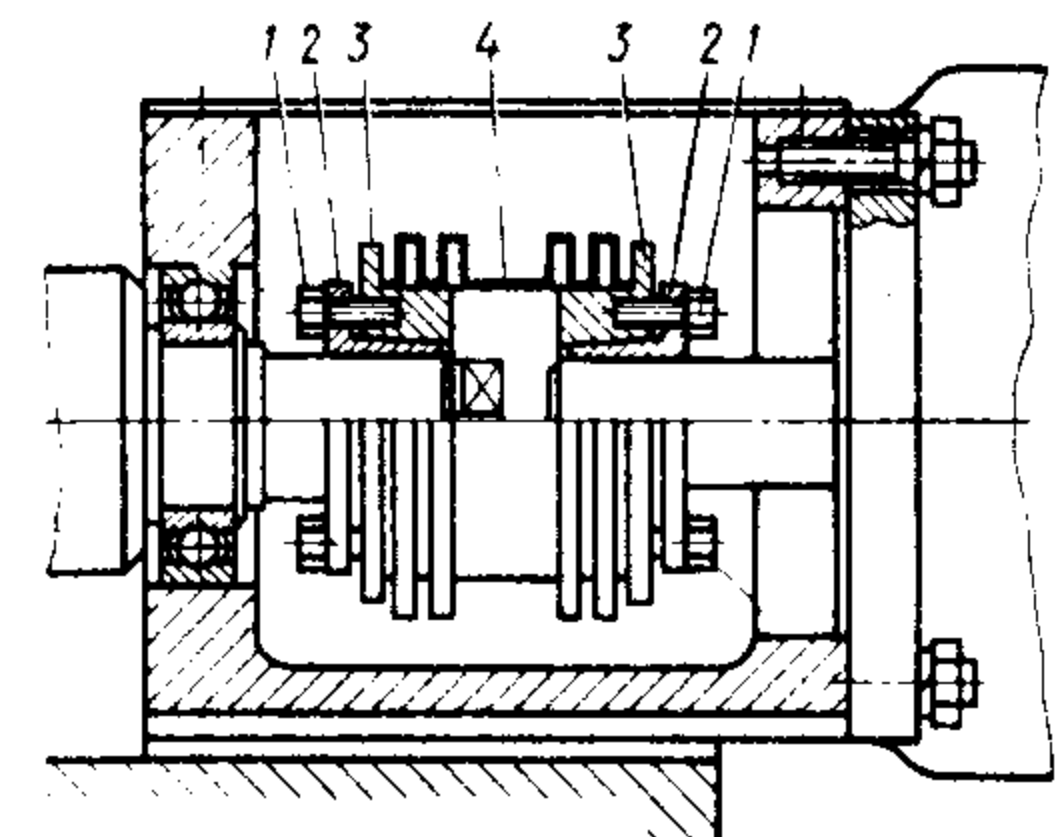


Рис. 18. Соединительная муфта

Для закрепления корпуса на валу заворачивают болты 1, вдавливающие коническое кольцо в отверстие корпуса. Деформируясь равномерно по всей окружности, кольцо заклинивается в зазоре между корпусом полумуфты и валом. Полумуфты соединены между собой стальным сильфоном — гофрированным кольцом 4. Сильфон, подобно мехам аккордеона, может несколько растягиваться и сжиматься. Благодаря этому компенсируется отклонение от соосности вала двигателя и ходового винта. Вместе с тем такая муфта исключает возможность даже небольшого относительного поворота соединяемых валов, так как они работают как одно целое. Для всех подач применяют шариковые пары ходовой винт — гайка. Благодаря этому значительно облегчается перемещение подвижных частей, повышаются точность позиционирования и долговечность механизмов. Для устранения влияния на точность перемещения подвижных элементов станка зазоров в сопряжении ходовой винт — гайка и в подшипниках опор ходового винта предусматривают выборку зазоров. На ходовом винте станка устанавливают две шариковые гайки. Натяг в сопряжении обеспечивают, поворачивая на некоторый угол одну гайку по отношению к другой, изменяя тем самым расстояние между их канавками. После этого обе гайки закрепляют в корпусе.

Шариковая пара винт — гайка не является самотормозящейся. Поэтому, чтобы удержать подвижные части станка от перемещения под действием сил резания и сил тяжести, применяют электрические тормоза в двигателях подач. Шпиндельную бабку необходимо уравнивать. Во многих станках используют для этой цели гидроцилиндр, установленный сверху на стойке станка.

Для привода подач в тяжелых МС часто используют червячно-реечные передачи. Червяк получает вращение от электродвигателя постоянного тока через коробку подач. Для уменьшения трения в паре червяк — рейка между ними поддерживается тонкий слой масла, подаваемого под давлением.

Устройство гидростатической передачи винт — гайка МС 6620МФ4 Ульяновского завода тяжелых и уникальных станков схематически показано на рис. 19. С помощью гидрораспределителя 2 в каналы червяка 1 от насосов 4 под давлением подается масло. Оно создает масляный слой между зубьями червяка и рейкой, зубья 3 которой армированы пластмассой. В осевые зазоры соединения масло нагнетается насосами 5. Все насосы имеют общий привод от двигателя М.

Компоновку кинематической схемы приводов подач многооперационного станка рассмотрим на примере станка 2623ПМФ4 (рис. 20).

Связь электродвигателя М1 с коробкой скоростей обеспечивает муфта и зубчатые колеса $z = 37$ и $z = 86$. В коробке скоростей имеются

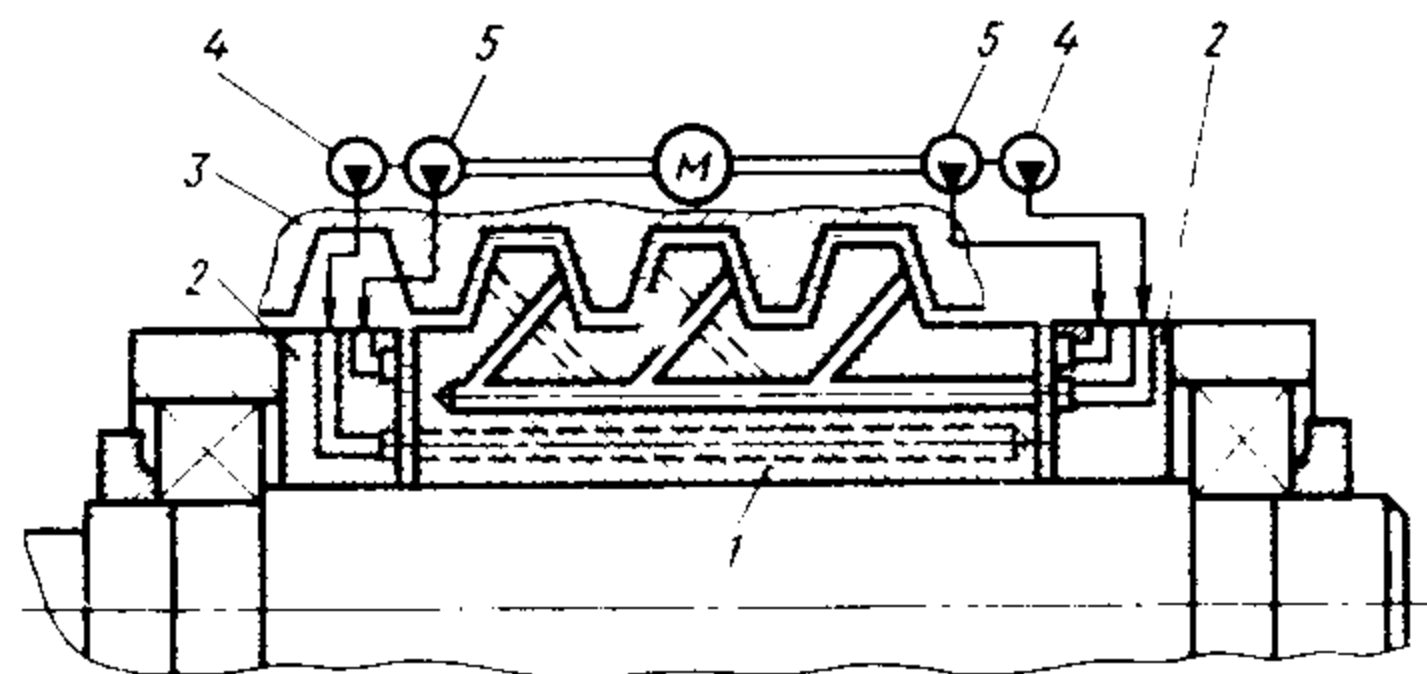


Рис. 19. Гидростатическая передача винт — гайка

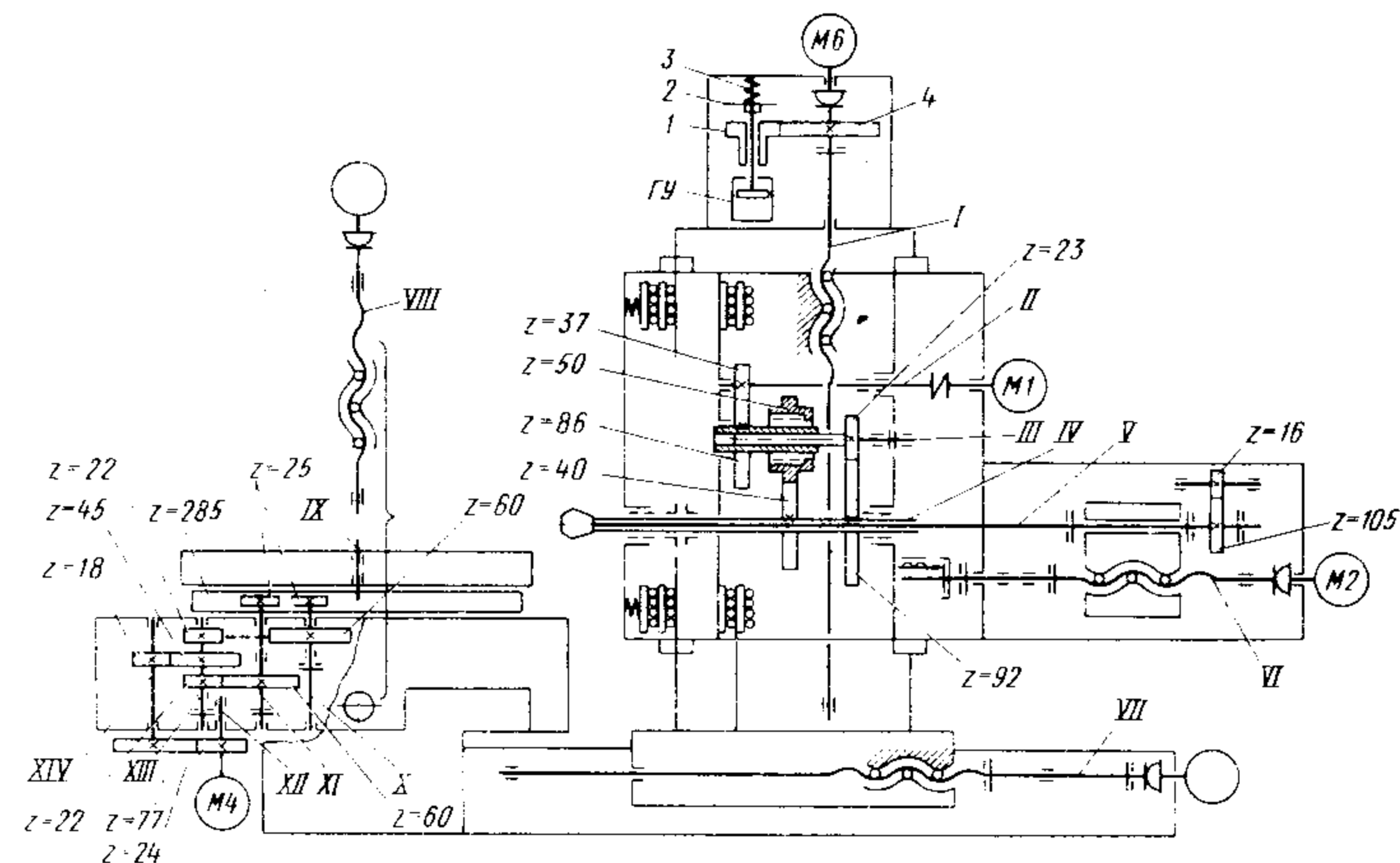


Рис. 20. Кинематическая схема станка 2623ПМФ4

зубчатое колесо $z = 50$, посаженное на шариковых подшипниках на полый вал, вал-шестерня $z = 23$ и зубчатые колеса $z = 92$ и $z = 40$, закрепленные шпонками на полой шпинделе. Вращение от электродвигателя передается зубчатой парой и шпонками валу-шестерне и далее полой шпинделю. Это — первый механический диапазон, в котором регулированием частоты вращения электродвигателя можно изменять частоту вращения шпинделя в пределах 47,5 — 750 об/мин при постоянном крутящем моменте.

Если сдвинуть вал-шестерню влево, то она выйдет из зацепления с зубчатым колесом и войдет в зацепление с внутренними зубьями полумуфты (шестерни). Вращение шпинделя будет передаваться двумя шестернями, первая из которых для уменьшения шума при работе изготовлена из текстолита. Это — второй механический диапазон, в котором возможно изменение частоты вращения шпинделя от 750 до 2350 об/мин при постоянной мощности.

Для переключения диапазонов вал-шестерня перемещается с помощью вилки (на рисунке не показана), входящей в паз вала, и гидроцилиндра.

Цикл переключения построен таким образом, что при перемещении вилки и вала-шестерни для облегчения зацепления зубьев вначале автоматически включается качательное движение вала электродвигателя. Тем самым исключается опасность взаимного "утыкания" зубьев зубчатых колес. Когда сопрягаемые зубья полностью войдут в зацепление, электродвигатель по команде микропереключателя переключается на режим нормального вращения.

Полный шпиндель станка установлен в переднем и заднем цилиндрических подшипниках. Осевые нагрузки воспринимаются упорными шарикоподшипниками. Для увеличения жесткости шпиндельной группы, устранения радиальных зазоров в опорах подшипники установлены с предварительным натягом. Регулирование натяга в подшипниках шпинделей многооперационных станков имеет важное значение для обеспечения высокой точности обработки.

Внутренние кольца подшипников имеют конические отверстия. Если кольца перемещать в направлении в переднем конце шпинделя, то за счет деформации колец диаметры их беговых дорожек будут увеличиваться, и зазор между кольцами и роликами будет выбран. А если сдвигать кольца еще дальше, в сопряжении колец и роликов появится натяг. Величина диаметрального натяга должна быть очень небольшой (0 — 0,005 мм), иначе подшипники быстро изнашиваются. Регулирование натяга — сложная и ответственная задача. Эту операцию тщательно выполняют на заводе при сборке станка. При эксплуатации станка потребность в регулировке натяга возникает, как правило, только после длительной работы станка.

Для восстановления нужного натяга поступают следующим образом. Прежде всего освобождают крепление подшипников. Для переднего подшипника это делается так. Снимают фланец и ослабляют гайку. В собранном виде гайка удерживается от проворачивания гребенкой с замком и винтом. Поэтому перед поворотом гайки нужно отвернуть винт и снять стопорную гребенку. Затем отвинчивают винты и снимают находящиеся под ними замки, удерживающие компенсаторы.

Компенсаторы обеспечивают заданное расстояние между внутренним кольцом подшипника и торцом шпинделя (размер А). После этого ослабляют посадку внутреннего кольца подшипника. В отверстия резьбовых втулок ввертывают винты М16 до упора в пальцы. Равномерно затягивая каждый из шести винтов, "заставляют" пальцы надавить на компенсаторы, а через них на кольцо подшипника. Делают это очень осторожно, так, чтобы посадка кольца ослабла, но полностью не нарушалась — поворот кольца на шейке не допускается. Очень небольшое осевое смещение кольца позволяет вынуть компенсаторы и обеспечить возможность смещения кольца влево для восстановления нужного натяга в подшипнике. Смещение кольца производят винтами М16, ввертывая их в резьбовые отверстия гайки до получения нужного натяга в подшипнике.

Чтобы зафиксировать новое положение кольца подшипника на шпинделе, подгоняют компенсаторы по изменившемуся размеру А. Для этого определяют размер А и шлифуют в этот размер все компенсаторы совместно. Устанавливают компенсаторы на свои места и закрепляют их винтами через замки. Остается теперь затянуть до отказа гайку и законтролировать ее с помощью гребенки, замка и винта.

Движение подач по трем координатам обеспечивают высокомоментные электродвигатели постоянного тока с широким диапазоном регулирования М6 (перемещение по оси Y шпиндельной бабки), М5 (перемещение стола по оси X) и М3 (перемещение стойки по оси Z). Валы двигателей соединены с шариковыми ходовыми винтами с помощью муфт, обладающих высокой крутильной жесткостью, без промежуточных зубчатых передач.

Для уравнивания шпиндельной бабки служит гидроцилиндр ГУ, кроме того, имеется устройство, исключающее аварийное опускание шпиндельной бабки в случае падения давления масла в гидросистеме. При исправной гидросистеме шток ГУ не только уравнивает шпиндельную бабку, но и сжимает пакет тарельчатых пружин 3 тормозной муфты 2. При падении давления масла давление штока на пружины ослабевает и муфта затормаживает зубчатое колесо 1, сцепленную с зубчатым колесом 4, закрепленным на ходовом винте вертикальной подачи.

В результате винт не сможет повернуться под действием веса шпиндельной бабки и бабка не сможет самопроизвольно опуститься.

Станок имеет пятикоординатную комбинированную контурно-позиционную систему ЧПУ.

Система обеспечивает перемещение стола с заготовкой по оси X, стойки по оси Z, шпиндельной бабки по оси Y, расточного шпинделя по оси W, поворот стола относительно вертикальной оси (координата B). В режиме программного управления возможно выполнять контурное фрезерование сложением подач по осям X и Y, по осям X и Z или Y и Z, а также фрезерование с непрерывной круговой подачей стола (координата B).

Станок оснащен системой направляющих, обеспечивающих высокую жесткость технологической системы и плавное перемещение подвижных частей.

Направляющие шпиндельной бабки — комбинированные: передние имеют накладки из антифрикционного сплава, боковые — роликовые опоры. Для выборки зазора в направляющих качения установлены тарельчатые пружины. Все подвижные узлы станка после выполнения заданного перемещения автоматически закрепляются с помощью гидравлических быстродействующих зажимов трубчатого типа.

ДАТЧИКИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

В измерительных системах с обратной связью можно использовать датчики непосредственного и косвенного измерения перемещений. К датчикам для косвенных измерений относятся вращающиеся трансформаторы и импульсные фотоэлектрические вращающиеся датчики. Датчиками непосредственного измерения являются датчики с оптическими стеклянными линейными шкалами.

Вращающийся трансформатор, или резольвер, — это микромашинная переменного тока, служащая для преобразования угла поворота ротора в синусоидальное напряжение.

Статор вращающегося трансформатора (рис. 21) имеет две однофазные обмотки C_1-C_3 и C_2-C_4 , сдвинутые на 90° относительно диффузора. Ротор имеет также две обмотки, включенные последовательно (на рисунке для упрощения изображения показана одна обмотка P_1-P_2).

Магнитопровод изготавливают из листов электрической стали или пермаллоя. На роторе и статоре имеются равномерно расположенные пазы, в которых размещаются взаимно перпендикулярные обмотки. Первичными обмотками вращающегося трансформатора ВТ чаще всего являются обмотки статора, а вторичными — обмотки ротора, с которых снимается синусоидальное напряжение.

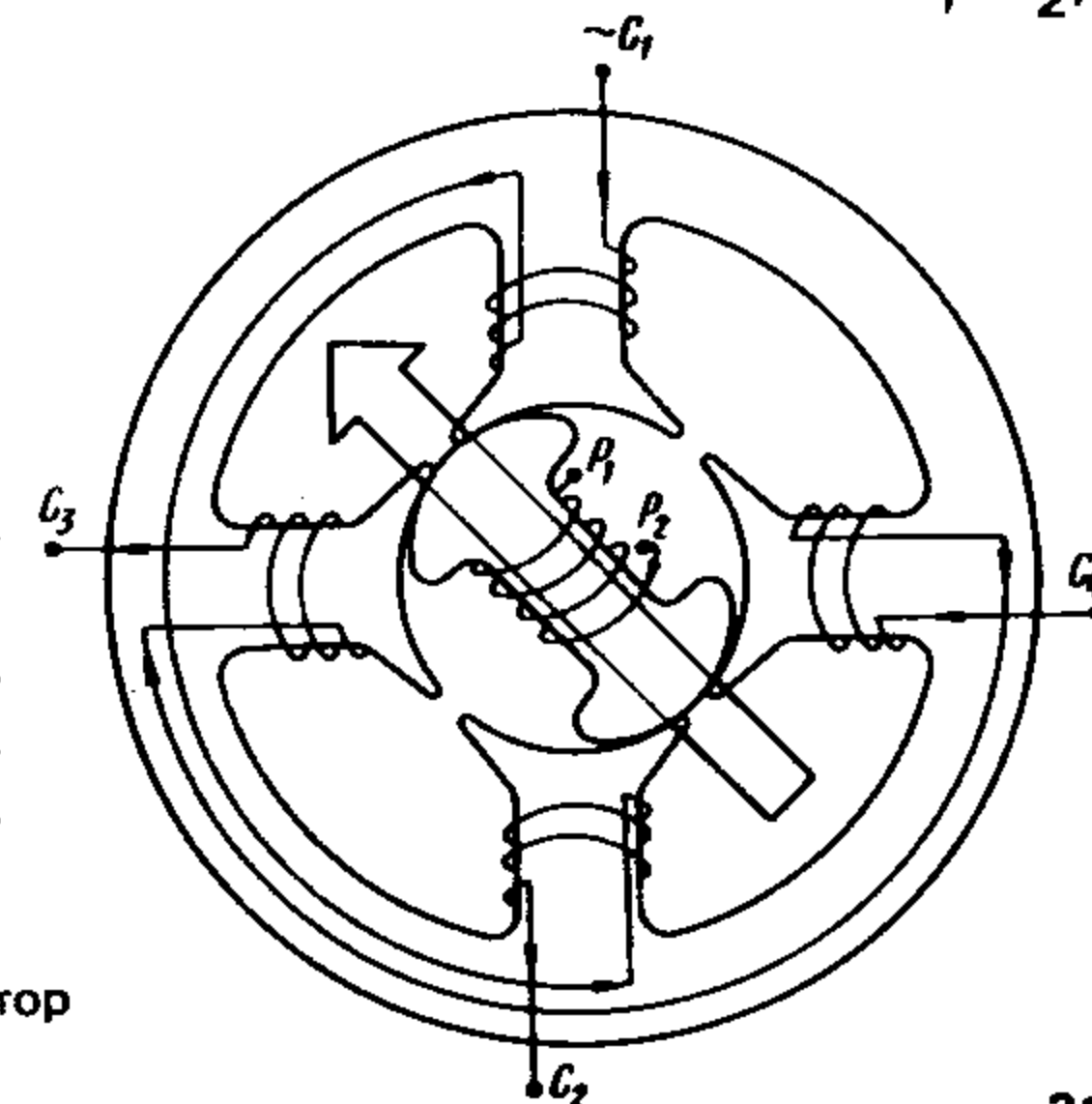


Рис. 21. Вращающийся трансформатор

Током с обмоток ротора происходит с помощью контактных колец и щеток. Статорные обмотки ВТ питаются переменным напряжением с частотой 400, 1000, 2000 или 4000 Гц. Напряжение питания может быть синусоидальной или прямоугольной формы. При подключении обмоток статора к сети переменного тока образуется вращающееся магнитное поле. Стрелка на рис. 21 показывает результирующий магнитный поток, проходящий через ротор в данный момент времени. Магнитное поле вращается со скоростью, соответствующей частоте питания обмоток статора.

Вращающееся магнитное поле индуцирует в обмотке ротора переменное напряжение, амплитуда которого почти постоянная.

Индуктированное в обмотке ротора напряжение является сдвигом фазы выходного сигнала по отношению к синусоидальному входному сигналу. Этот сдвиг фазы зависит от положения ротора. Если ротор смонтирован в синусной обмотке статора, т.е. расположен вертикально, то в роторе будет индуцироваться положительное максимальное напряжение, тогда и синусоидальная обмотка будет иметь положительное максимальное возбуждение. В этом случае фазы выходного и входного — эталонного сигналов совпадают. При повороте механический угол вращения преобразуется в электрический, или иначе, в сдвиг фаз.

Широкое применение находят многополюсные ВТ. Принцип действия десятиполюсного ВТ такой же, как и двухполюсного. Различие этих двух ВТ состоит в преобразовании электрического сдвига фазы относительно механического угла вращения.

Линейный индуктосин состоит из линейки, жестко закрепляемой на неподвижной части станка, и движка (слайдера), перемещаемого вместе с подвижной частью станка.

Линейка / индуктосина (рис.22) состоит из несущей детали 1, изготовляемой из алюминия или изоляционного материала. Несущую деталь 1 покрывают слоем 2 изоляционного материала, на который наносят медную обмотку 3 (меандр с шагом 2 мм). Сверху медную обмотку покрывают слоем 4 лака. Слайдер II оснащен экраном 5, представляющим собой медную полосу. На слайдере II выполняют две печатные обмотки $C_1 - C_3$ и $C_2 - C_4$, сдвинутые относительно друг друга на 1/4 шага или на 90° по фазе.

Аналогично ВТ слайдер является статором, и его обмотки питаются переменным напряжением с частотой 4000 Гц. Линейка индуктосина является ротором, и с ее обмоток снимается сигнал U_a в виде синусоидального напряжения. Магнитное поле слайдера перемещается с начала до конца и возвращается к началу, чтобы снова идти до конца.

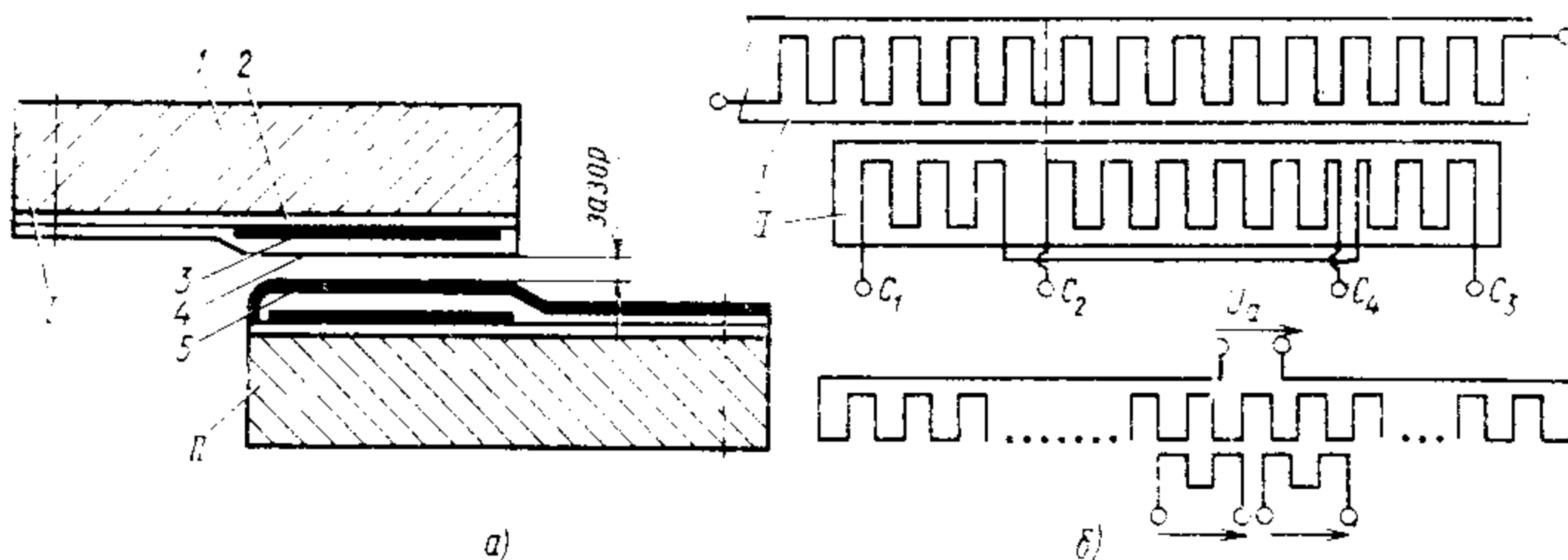


Рис. 22. Линейный индуктосин:
а — конструкция; б — схема расположения и питания обмоток

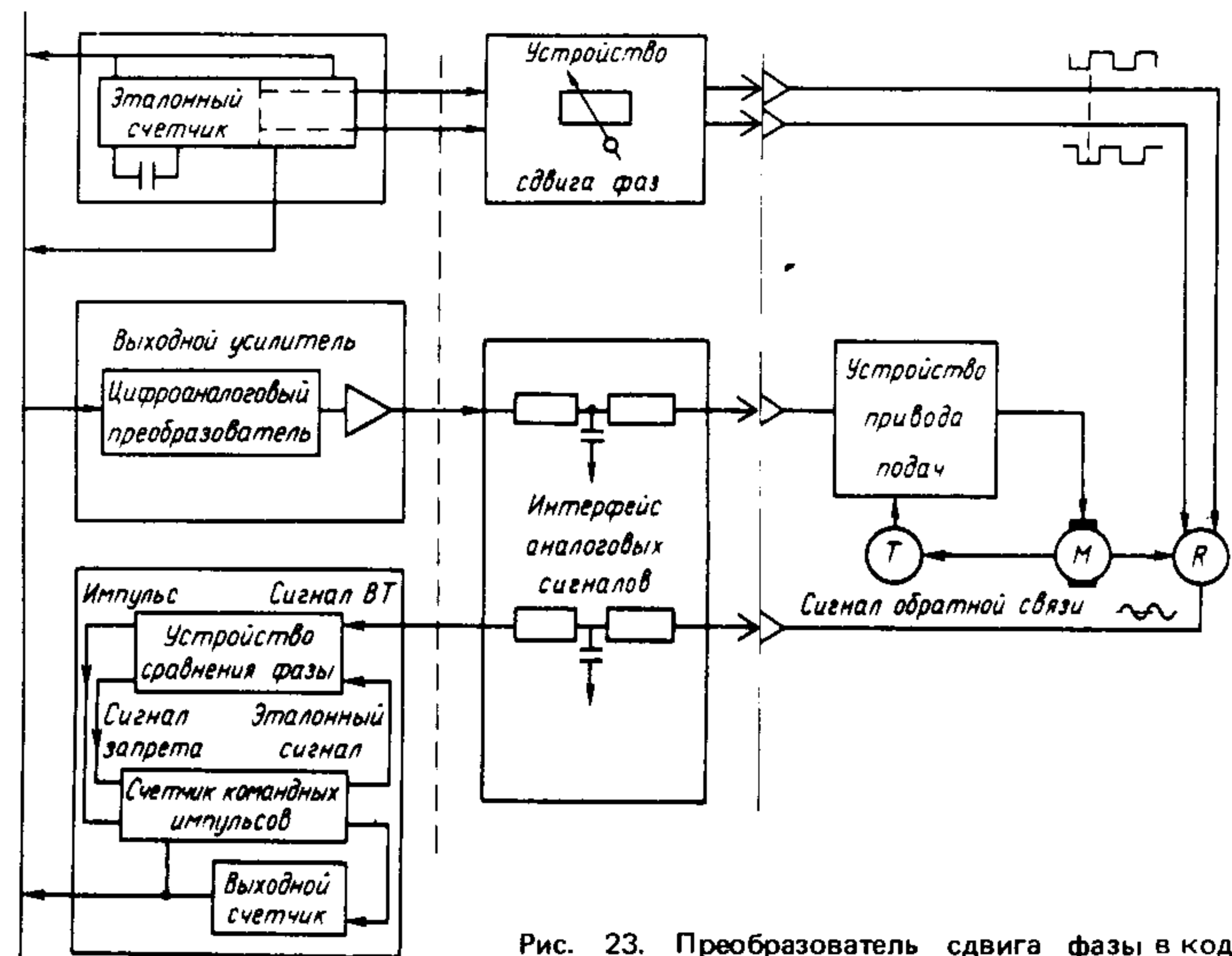


Рис. 23. Преобразователь сдвига фазы в код

Сдвиг по фазе напряжения, индуцированного на линейках, зависит от положения обмоток линеек по отношению к обмоткам слайдера.

Преобразователь сдвига фазы в код. На рис. 23 показана сервосистема электрическим приводом и преобразователем сдвига фазы в цифровую форму для ЧПУ — ЭВМ "Система 5".

Эталонный счетчик выдает два прямоугольных сигнала частотой 4000 Гц. В устройстве сдвига фазы один сигнал сдвигается на 90° относительно другого. Эти сигналы питают две статорные обмотки ВТ. Сигнал обратной связи, снимаемый с обмоток ротора ВТ, проходит через низкочастотный фильтр, и на выходе фильтра получается основная синусоидальная волна. В устройстве сопряжения аналогового сигнала с цифровой частью логики синусоидальный сигнал преобразуется в прямоугольный импульс. Прямоугольные импульсы (волна ротора) вместе с эталонным сигналом (командная волна) поступают в устройство сравнения фазы. Информация с этого устройства управляет счетчиком команд, который задерживает или добавляет необходимое число импульсов в зависимости от направления сдвига фазы таким образом, чтобы волна ротора и командная волна точно совпадали по фазе. Выходной счетчик подсчитывает число импульсов, которые понадобились для совмещения волны ротора и командной эталонной волны. Таким образом осуществляется преобразование сдвига фаз в код для вычислительной машины. Сумма импульсов, подсчитанных счетчиком, за любой промежуток времени дает перемещение исполнительного органа станка.

Линейная оптическая измерительная система имеет существенное преимущество перед индуктосинами. Эти системы нечувствительны к загрязнению и требуют менее точного регулирования расстояния между головкой считывания и линейкой. Линейная измерительная система

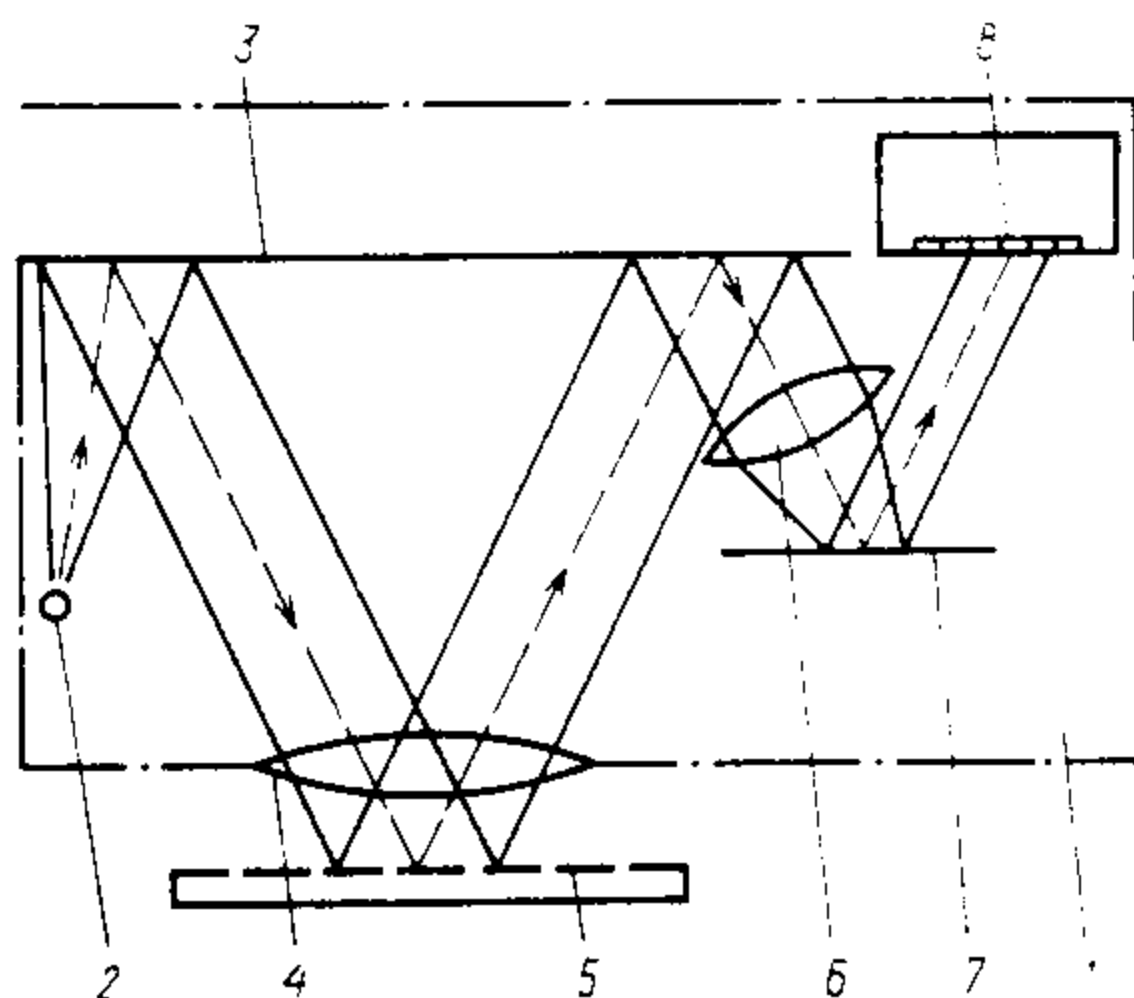


Рис. 24. Линейная оптическая измерительная система

(рис. 24) состоит из измерительной головки 1, закрепляемой на движущихся частях станка, и последовательно устанавливаемых на неподвижной части станка линеек.

Измерительный растр линейки находится на стороне, обращенной к стальному основанию. Деление растра составляет 635 мкм. Для повышения надежности измерения опрашивается од-

новременно 22 деления растра. При загрязнении большей части линейки система продолжает работать. Считывание растра осуществляется фотоэлектрическим способом. Идущий от светоида 2 луч света отражается от зеркала 3 и через линзу 4 попадает на растр 5, отражается от него и, попадая второй раз на зеркало, отражается от него и проходит через объектив 6 на второе зеркало 7, а оттуда на фотодиодный считыватель 8. Свет, который поступает на фотодиодный считыватель, является изображением деления 635 мкм линейки. Это изображение уменьшается объективом 6 в 3,175 раза. На каждый растр приходится десять фотодиодов считывателя. Сигнал с фотодиода является синусоидальным, затем он преобразуется в прямоугольный сигнал.

Круговые оптические импульсные датчики имеют похожий принцип работы. Их применяют в случаях, когда достаточно точности косвенного метода измерения. Круговые импульсные датчики имеют прямоугольный выходной сигнал и не требуют сложных электронных преобразователей.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКОВ

Направляющие многооперационных станков могут быть различными по конструкции. Требования, предъявляемые к направляющим, определяются общей тенденцией повышения скоростей перемещения, увеличением точности позиционирования и повышением жесткости. Различают направляющие скольжения, качения и комбинированные. Направляющие скольжения могут быть выполнены из различных материалов.

Пары чугун — чугун в МС почти не применяют из-за высокого коэффициента трения покоя, который составляет при использовании обычных масел 0,25 и при использовании специальных антискачковых масел 0,075 — 0,09. При применении полимерных материалов на основе фторопласта коэффициент трения покоя снижается до 0,04 — 0,06. Направляющие качения обеспечивают коэффициент трения покоя 0,002 — 0,003. Самый низкий коэффициент трения покоя у гидравлических и аэростатических направляющих.

На рис. 25 показана конструкция танкеток для вспомогательных поверхностей направляющих и элементов для выверки. Танкетка 1 закреплена на клине 2, который может перемещаться в продольном направлении с помощью двух винтов 3, а вторая танкетка, расположенная с

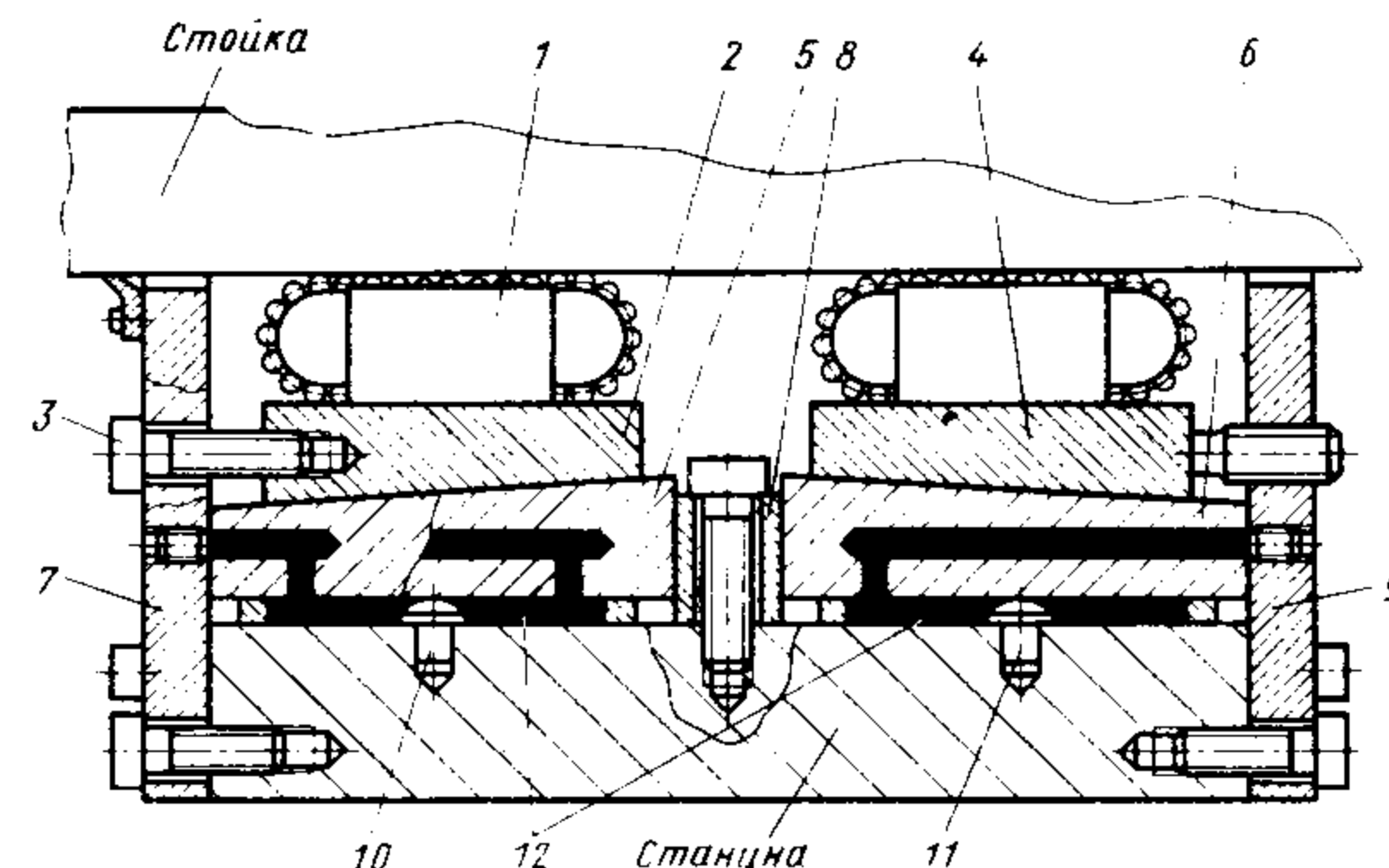


Рис. 25. Роликовые направляющие и способы их регулирования

другой стороны выступа саней крестовой стойки, может перемещаться с помощью гайки, наворачиваемой на резьбовую часть клиновидной опоры 4. Клинья 2 и 4 опираются на клиновидные опоры 5 и 6, которые с боковых сторон ограничены планками 7 — 9 и опираются на штифты 10, 11 со сферической головкой.

После окончательной выверки узла в сборе регулированием расположения всех танкеток производится заливка полостей 12 жидкой быстротвердеющей пластмассой. После заливки и затвердевания с помощью перемещения клиньев обеспечивается предварительный натяг, обеспечивающий жесткость узла. Для основных поверхностей используются роликовые цепи с обкатом роликов. Ролики смазываются маслом от централизованной системы смазки.

Комбинированные направляющие применяют почти во всех многооперационных станках.

Использование комбинированных направляющих позволяет обеспечивать низкий коэффициент трения и высокую жесткость за счет обеспечения предварительного натяга в элементах качения. Комбинированные направляющие обладают более высокой демпфирующей способностью при скоростях перемещения 100—150 мм/мин, характерных для рабочих подач, по сравнению с направляющими качения.

Для станков с тяжелыми столами и стойками применяют роликовые опоры для основных горизонтальных граней.

Предварительный натяг можно регулировать клином, винтом с пружиной и рычагом с пружиной. Применение роликовых опор на вспомогательных гранях уменьшает влияние зазоров на положение узлов и увеличивает точность обработки.

Гидростатические направляющие применяют в тяжелых и уникальных станках. Для них необходимы тщательная фильтрация масла, установка для поддержания температуры масла в узких пределах.

В продольно-обрабатывающих многооперационных станках с подвижным порталом масло под давлением подается в специальные карманы 1, выполненные в левой 2 и правой 3 стойках (рис. 26). Эти поверхности покрыты дополнительно полимерным износостойким материалом с низким коэффициентом трения.

Все карманы одной поверхности должны питаться маслом от отдельного подвода с напорным клапаном.

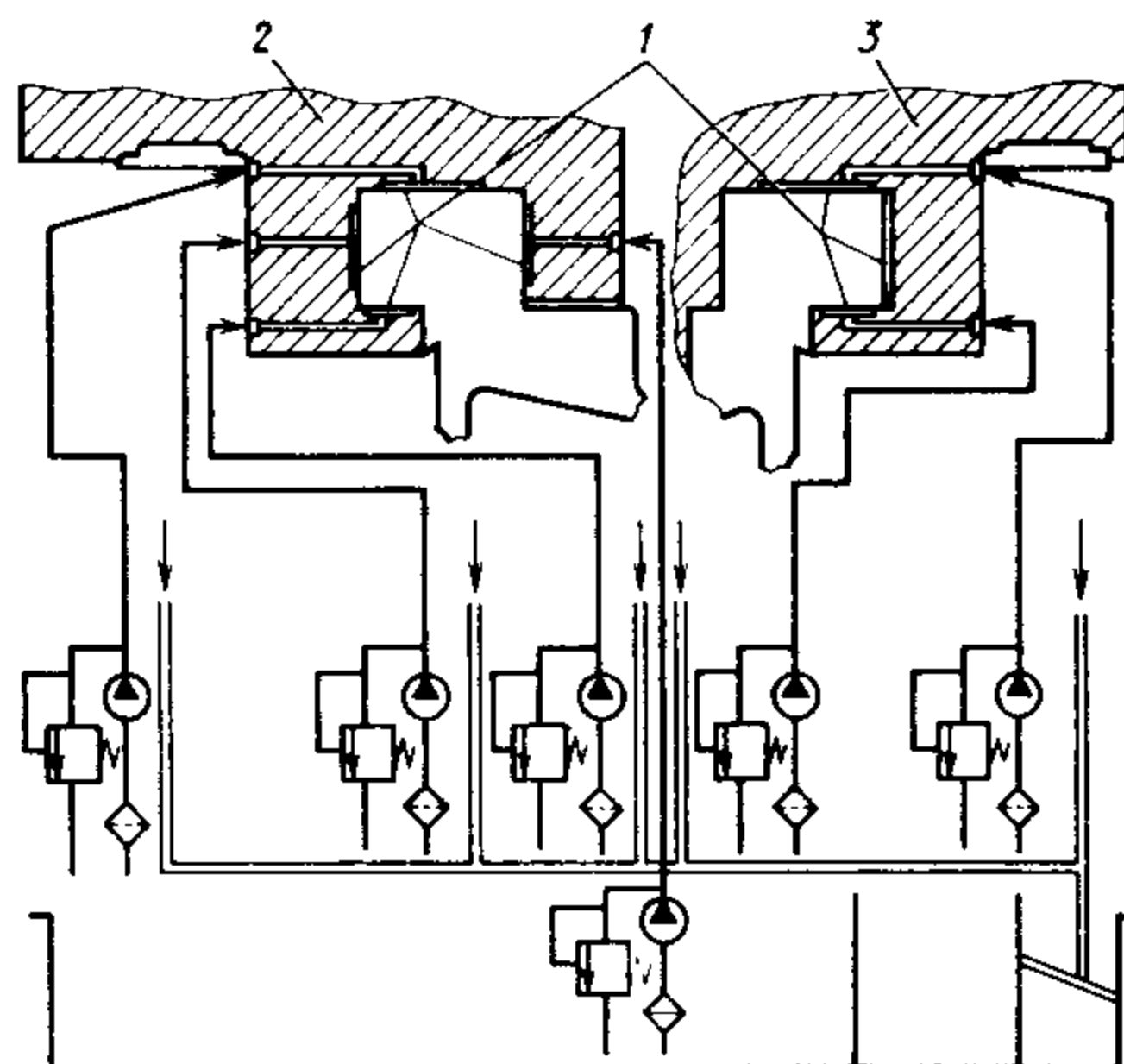
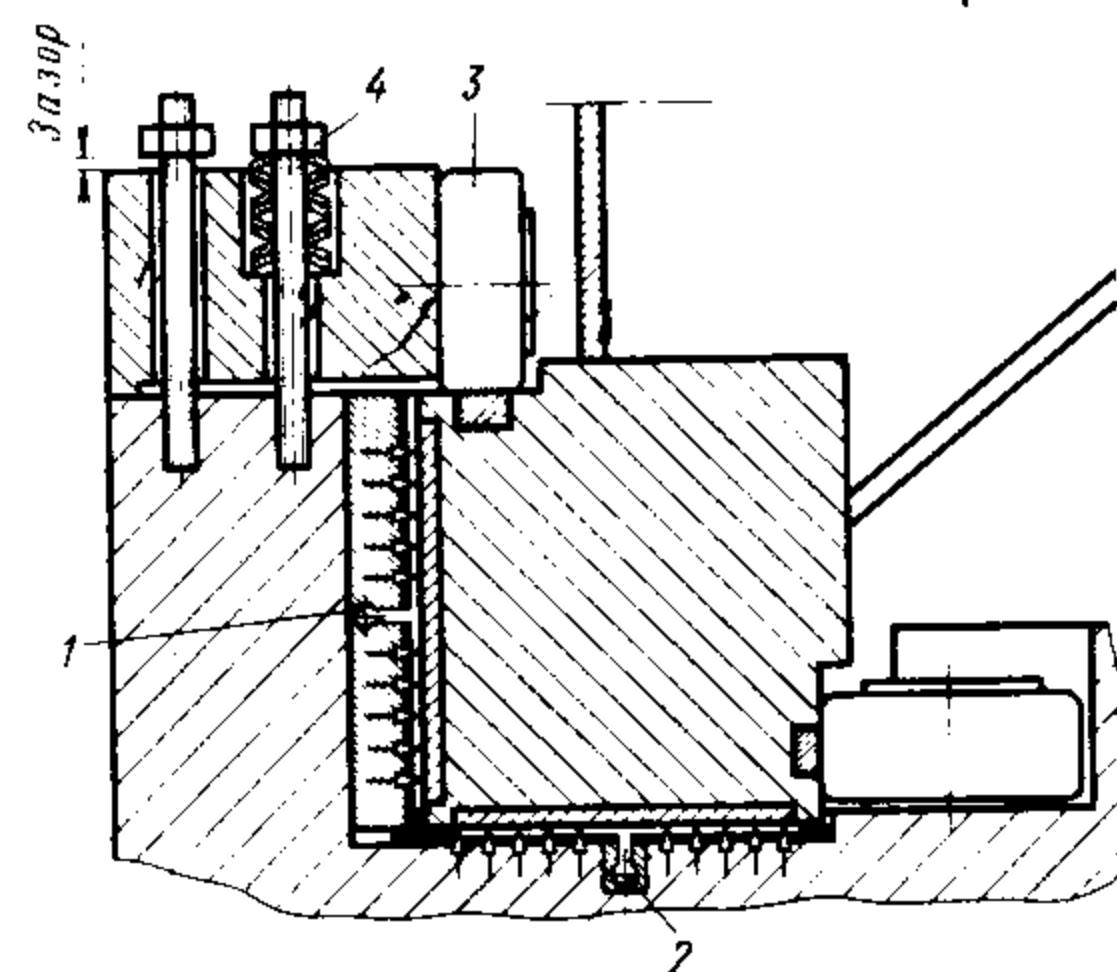


Рис. 26. Схема питания маслом гидростатических направляющих портала продольно-обрабатывающего МС

Слив масла осуществляется в бак, из которого оно насосом подается через фильтр и холодильник во второй бак для нагнетания в гидростатические карманы.

Аэростатические направляющие являются разновидностью гидростатических направляющих и имеют некоторые особенности, которые должны обеспечить им в будущем более широкое применение. Использование воздуха в качестве среды, обеспечивающей подъемную силу направляющих, ведет к экономии трубопроводов, фильтров и масла, которое расходуется в конструкциях с гидростатическими направляющими.

Упрощается конструкция направляющих. На рис. 27 показано устройство аэростатической направляющей МС фирмы Wotan (ФРГ). Воздух под давлением подается одновременно через продольное отверстие 1 и отверстия 2, перпендикулярные к направляющей. Со стороны противоположной действует подпружиненный ролик 3. Предварительный натяг обеспечивается пакетом тарельчатых пружин и гайкой 4.

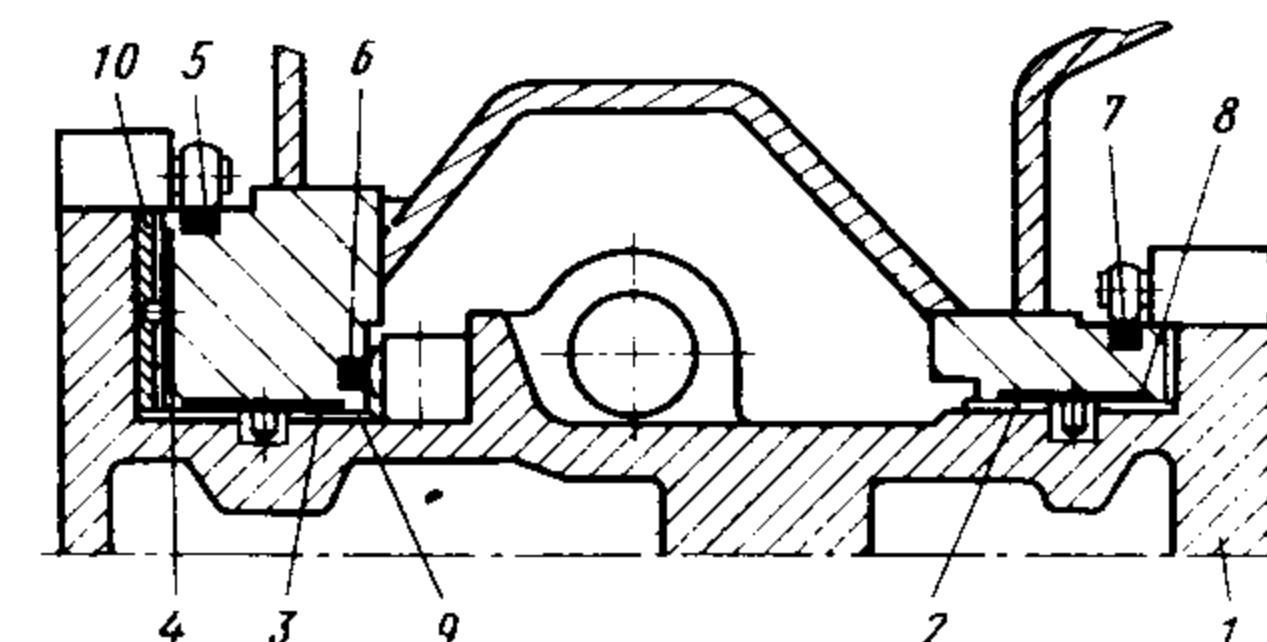


На рис. 28 приведена конструкция аэростатических направляющих шпиндельной бабки МС фирмы Wotan.

На станине 1 окончательно фрезеруют плоскости основных направляющих и боковой узкой направляющей на передней стороне стойки. На эти плоскости наклеиваются стальные закален-

Рис. 27. Устройство аэростатической направляющей МС фирмы Wotan (ФРГ)

Рис. 28. Аэростатические направляющие шпиндельной бабки МС фирмы Wotan (ФРГ)



ные планки 2—4, которые окончательно шлифуются. Со стороны противоположных и с противоположной стороны узкой передней направляющей вклеиваются закаленные планки 5—7, по которым "катаются" ролики для обеспечения предварительного натяга. На трущиеся поверхности передней бабки наклеивается полимерная лента 8—10, которую потом окончательно фрезеруют или шлифуют.

Воздух подается через продольные каналы, предусмотренные в полимерной ленте подвижной части станка, и через отверстия в зону воздушного зазора. Для питания воздухом аэростатических направляющих используются специальные компрессорные установки. Объем всасываемого воздуха регулируется сервоклапаном по давлению на выходе.

Сжатый воздух "подсушивается" холодным, при охлаждении конденсируемая вода удаляется сепаратором. Содержание влаги в воздухе поддерживается на низком уровне для того, чтобы направляющие не ржавели. С этой же целью в сжатый сухой воздух впрыскивается в виде мельчайших капелек масло (для образования на направляющих тонкого слоя масляной пленки).

Аэростатические направляющие обеспечивают длительное время высокую точность, обладают хорошей демпфирующей способностью и антизадириными свойствами и надежно работают в широком диапазоне нагрузок, действующих на них.

УСТРОЙСТВА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Устройство ЧПУ обеспечивает управление движениями подач исполнительных органов станка и такими действиями, как изменение частоты вращения шпинделя, смена режущих инструментов, коррекция положения и размера инструмента, закрепление подвижных узлов, перемещение приспособлений-спутников с заготовками, включение подачи СОЖ и др. Эти действия необходимы для выполнения основных движений обработки резанием, выполнения всего технологического цикла. Сигналы, поступающие к исполнительным органам для управления движениями подач, называют основными командами, а сигналы управления технологическим циклом — технологическими командами.

Комплекс устройств ЧПУ и исполнительных устройств, обеспечивающих выполнение заданной программы обработки, принято называть системой числового управления (СЧУ). Многооперационные станки могут иметь позиционную (координатную), контурную (непрерывную) или универсальную (позиционно-контурную) СЧУ. В большинстве новых МС применяют контурные или универсальные СЧУ. Несмотря на то, что такие СЧУ много сложнее и дороже позиционной, их применение значительно расширяет технологические возможности станка.

Устройство ЧПУ представляет собой сложный комплекс электронных систем, производящих переработку информации, поступающей от программносителя и исполнительных органов станка (последнее

— в системах с обратной связью), вырабатывающих основные и технологические команды. Настройка и обслуживание такого комплекса требуют специальных знаний и выполняются персоналом соответствующей квалификации. Поэтому рассмотрим только общие принципы построения управляющего устройства.

Различие модификации устройств ЧПУ принято в СССР обозначать условным сочетанием букв и цифр, имеющих следующее значение. Первый знак — тип СЧУ: П — позиционная; Н — контурная; У — универсальная. Второй знак — число координат, управляемых по программе. Третий знак — число одновременно управляемых координат. Четвертый знак — тип привода подачи: 1 — шаговый; 2 — следящий (для систем управления с обратной связью).

Таким образом, устройство У521 предназначено для станков с контурно-позиционной СЧУ, позволяет совершать перемещения по пяти координатам (например, вдоль трех осей прямоугольной системы координат и вокруг двух из этих осей) с одновременным управлением двумя перемещениями, оснащено шаговыми двигателями.

В конце обозначения устройства ЧПУ может быть еще одна буква. Так, в обозначении НЗЗ-2М буква М означает "модернизированное". Применяют и другие обозначения управляющих устройств, например: "Размер 2". Так называли позиционную СЧУ типа П422.

Существуют и комплектные СЧУ, например, система "Размер 2М-1300" включает устройство ЧПУ "Размер 4", станцию управления "Сигнал", комплект электроприводов типа "Кедр". Устройство "Размер 4" позволяет вводить программу с перфоленты или непосредственно от ЭВМ, обеспечивает одновременное управление движениями исполнительных органов по пяти координатам, т.е. относится к группе устройств У552.

Рассмотрим состав и назначение элементов контурного устройства ЧПУ, характерного для МС.

Перфоленту с записанной на ней программой помещают в фотосчитывающее устройство. Здесь каждый кадр программы преобразуется в совокупность электрических сигналов, поступающих в устройство ввода программы, а оттуда в блок оперативной памяти. В этом блоке информация последовательно (по кадрам программы) накапливается для того, чтобы по соответствующей команде поступить к исполнительному органу во все время его движения. Блок коррекции предназначен для внесения поправок в траекторию движения. Поправки нужны для того, чтобы компенсировать изменение размера режущего инструмента, вызванного его изнашиванием, или заменой износившегося инструмента новым; учесть отжатие инструмента и др.

Важнейший элемент устройства ЧПУ — интерполятор. Числа, соответствующие заданным перемещениям, поступают в интерполятор, который преобразует их в соответствующие количества командных импульсов, подаваемых исполнительным органам станка. Каждый импульс соответствует определенному перемещению (например, 0,01 мм), а частота подачи импульсов задает скорость движения исполнительного органа. Если с помощью интерполятора управлять движением исполнительного органа по двум координатам одновременно, можно получать разные, в том числе криволинейные, траектории перемещения. Интерполяторы контурных СЧУ обеспечивают линейно-круговую интерполяцию, т.е. возможность обработки криволинейных поверхностей, образованных дугами разных радиусов. Скорость работы интерполятора, а следовательно, и скорость подачи изменяются с помощью блока

задания скорости. Специальный блок служит для преобразования поступающих от программы технологических команд.

Через устройства связи со станком преобразованные команды управления исполнительными органами и технологические команды распределяются по исполнительным органам.

Работа СЧУ — движения по координатам, положения режущих инструментов, порядок работы и др. — фиксируется на табло или специальном экране с помощью блока цифровой индикации, что облегчает наладку и обслуживание станка.

Устройства ЧПУ многооперационными станками обычно обеспечивают возможность выбора двух основных режимов работы:

автоматического — по программе и с преднабором — при наладке станка, когда все команды подаются (набираются) наладчиком или оператором с пульта ЧПУ.

На рис. 29 показан пульт управления устройства Н55-2. Программный носитель — перфолента протягивается через фотосчитывающее устройство 1. Имеющийся в нем осветитель засвечивает через пробитые в перфоленте отверстия фотодиоды, формирующие сигналы, следующие затем в устройство ввода программы. Для включения в работу всего устройства ЧПУ служит панель 5. Пульт оператора 9 имеет переключатель режимов работы 8: основных — автоматического и с преднабором и дополнительных — "поиск кадра" (для контроля заданных перемещений на ускоренных ходах), "выход в исходное положение" и др. В режиме преднабора работой станка управляют кнопки 2 и 7. Переключатель 3 управляет коррекцией скорости подачи. Кнопки 4 и 10 используются для выбора адреса, направления и величины перемещения по осям координат. Кнопки служат для включения технологических команд, значение которых набирают с помощью декадного переключателя 2. На панели 6 индикации фиксируются светящимися цифрами величины перемещений, номер работающего инструмента, номер кадра.

Панель пульта коррекции 11 имеет комплекты семи- и шестидекадных переключателей и кнопки включения. С помощью пульта вводится коррекция на размер инструмента, частоту вращения шпинделя, длину вылета и положение режущих инструментов и др.

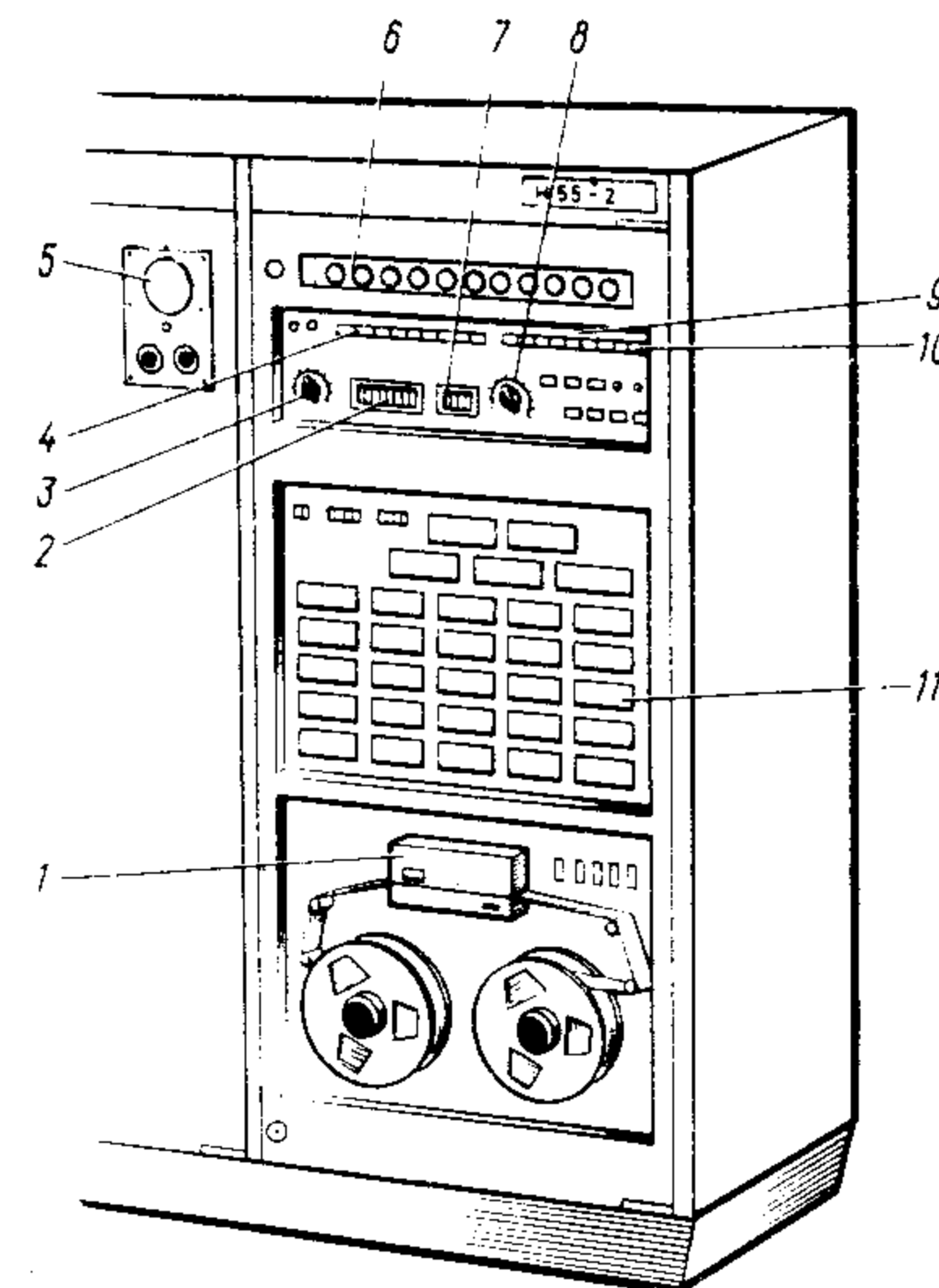


Рис. 29. Органы управления устройства Н55-2

Основные понятия и требования к инструментальным магазинам. Автоматическая смена режущих инструментов — одна из главных особенностей МС, определяющих его производительность и надежность. Для автоматизации смены инструментов используют систему устройств и механизмов, состоящую из двух основных элементов: магазина — для создания запаса инструментов, достаточного для обработки одной или нескольких заготовок; устройства автоматической смены инструментов (АСИ), передающего инструмент из магазина в шпиндель станка и обратно.

В многооперационных станках используют инструментальные магазины и устройства АСИ различных типов и конструкций. Чтобы судить об их возможностях, необходимо представить, какие требования к ним предъявляются.

Рассмотрим основные требования к инструментальным магазинам.

Емкость инструментального магазина должна быть такой, чтобы одного комплекта заложенных в него инструментов хватило на обработку наиболее типичной для данного станка заготовки с тем, чтобы наладчику не нужно было заменять инструменты в магазине на протяжении одной операции. Но чем больше емкость магазина, тем он сложнее и дороже в изготовлении, больше места требуется для его размещения на станке или рабочем месте. Отсюда следует второе требование: магазин должен быть, по возможности, простым и компактным.

Магазин и выступающие из него инструменты не должны мешать подходу работающего инструмента к заготовке, линейным и круговым перемещениям заготовок, установке и снятию заготовок, наладке станка. Магазин и находящиеся в нем инструменты нужно предохранять от загрязнения. Отсюда вытекает третье требование: магазин желательно расположить вне рабочей зоны станка.

Для того чтобы было удобнее загружать инструменты в магазин и вынимать их для замены, нужно по возможности выполнить четвертое требование: обеспечить легкий, удобный и безопасный доступ к магазину наладчику и оператору. Это особенно важно для станков, где используют инструменты весом в десятки и сотни ньютонов.

Подготовка к смене инструмента — поворот барабана или движение цепи магазина для поиска нужного инструмента, подъем или опускание магазина вместе с шпиндельной бабкой (если это предусмотрено конструкцией станка), работа механизмов кантователя, перемещения каретки автооператора — должны выполняться во время работы станка. Это необходимо, чтобы до минимума сократить время, непосредственно затрачиваемое на смену инструмента (пятое требование). Работа механизмов магазина и устройств для смены инструмента не должна вызывать вибраций самого станка (шестое требование).

Выбор емкости и типа инструментального магазина. Для создания запаса инструментов, необходимых для обработки различных заготовок, применяют магазины различной емкости — в зависимости от назначения станка. Для обработки деталей с малым числом плоскостей и отверстий достаточно нескольких инструментов, а для обработки сложных корпусов, обрабатываемых с нескольких сторон, с множеством точных отверстий, требуется несколько десятков инструментов.

В современных МС нашли применение инструментальные магазины

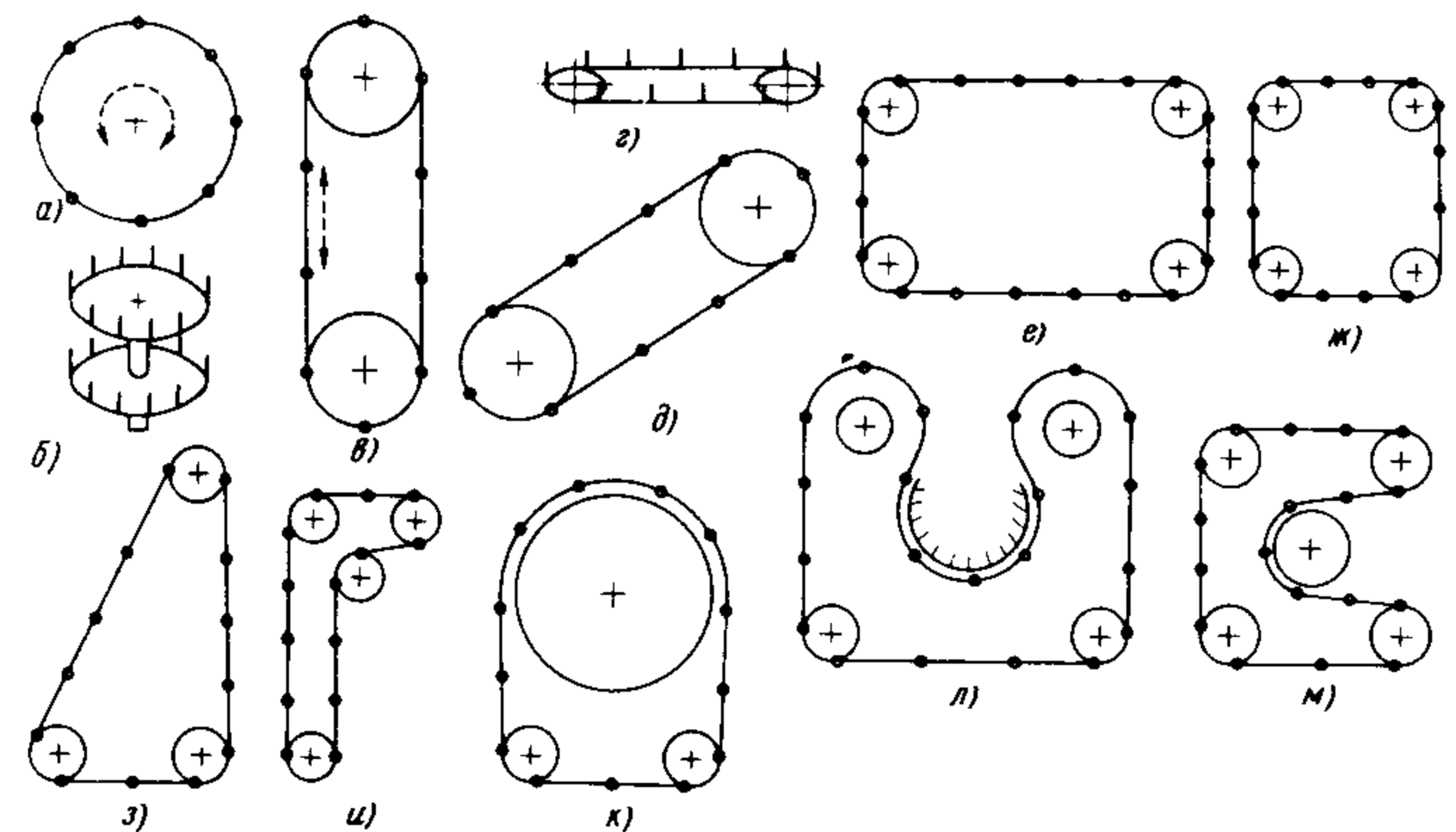


Рис. 30. Инструментальные магазины многоинструментальных станков:
а, б, — дисковые и барабанные; в—м — цепные

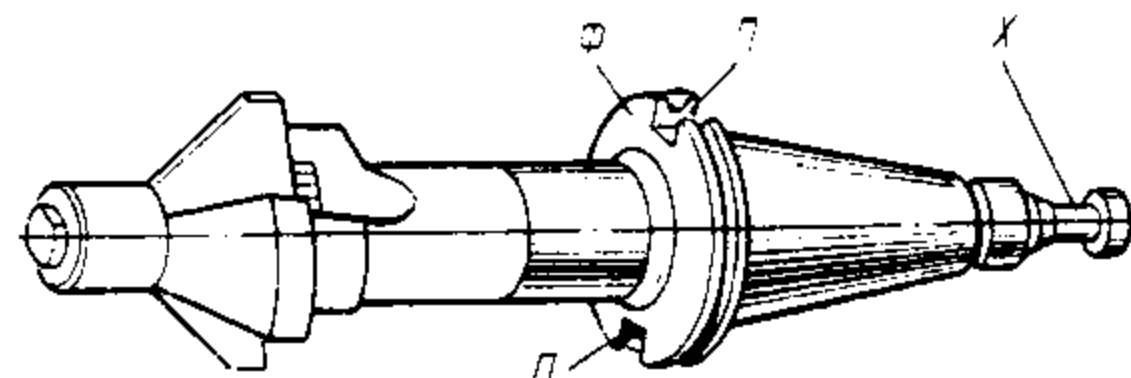
следующих основных типов: дисковые, барабанные и цепные (рис.30). Дисковые магазины (рис. 30, а) служат для накопления сравнительно небольшого числа инструментов (обычно до 30 шт.). Барабанные магазины отличаются от дисковых только конструкцией, способом размещения инструментов. Магазины увеличенной емкости удобнее делать цепными. Изменяя конфигурацию цепи с гнездами для инструментов, магазин можно расположить вертикально (рис. 30, в), наклонно (рис. 30, д), горизонтально (рис. 30, г), придавать ему прямоугольную (рис. 30, е), квадратную (рис. 30, ж), треугольную (рис. 30, з) и более сложную (рис. 30, и—м) форму. Благодаря этому даже при большой емкости (до 60 — 100 инструментов и более) магазин получается компактным. Один из участков цепи можно разместить недалеко от шпинделя с тем, чтобы упростить смену инструментов, а участок, где магазин загружают инструментами, расположить так, чтобы это было наиболее удобно оператору и наладчику станка.

Значительно реже применяют многоярусные дисковые или барабанные магазины большой емкости (рис. 30, б). Оси инструментов в них располагают параллельно оси поворота магазина или радиально. Главные недостатки таких магазинов — значительные габариты и усложнение автоматической загрузки — разгрузки.

Выбор типа магазина зависит от назначения, типа и компоновки МС.

Исследования, проведенные под руководством А. А. Маталина [4], показали, что из всего многообразия корпусных деталей средних размеров, которые целесообразно обрабатывать на МС, в среднем примерно 18 % требуют применения не более 10 инструментов, 50 % — до 20, 17 % — до 30, 10% — 40 и 5% — до 50 инструментов. Только для особо сложных МС может потребоваться до 100 инструментов и более. Вот почему наибольшее распространение получили магазины емкостью до 30 инструментов, преимущественно дисковые и барабанные. Цепные магазины чаще всего имеют емкость порядка 40 — 60 инструментов. Значительно реже, в основном на крупных МС, используют магазины емкостью 100 — 120 инструментов и более.

Рис. 31. Инструментальная оправка с коническим хвостовиком



Независимо от типа магазина и устройства АСИ режущие инструменты устанавливают в шпиндель станка или в гнездо магазина непосредственно, а с помощью стандартных инструментальных оправок, в которых инструменты закрепляют, а если требуется, то и настраивают на заданный размер вне станка.

На большинстве МС станков используют оправки с коническим хвостовиком конусностью 7:24 (рис. 31) для того, чтобы он не был самотормозящим и позволял легко извлечь оправку из шпинделя с помощью автоматизированного устройства — автооператора. В шпинделе оправка удерживается с помощью тяги и тарельчатых пружин или затягивается винтом. На конце тяги монтируют захват, который сцепляется с хвостовиком Х, ввернутым в оправку.

Еще одна важная особенность инструментальной оправки — наличие фланца Ф с канавкой треугольной или прямоугольной формы. Этим фланцем оправка удерживается в захвате автооператора. Для передачи крутящего момента во фланце имеется один или два расположенных радиально паза П, которыми оправка сцепляется с торцевой шпонкой (шпонками) шпинделя станка. В связи с этим оправка вводится в отверстие шпинделя обязательно в определенном угловом положении. В этом же положении должен автоматически останавливаться шпиндель станка. При загрузке магазина оправка с закрепленным в ней инструментом также должна быть строго ориентирована в гнезде магазина. Она удерживается в гнезде с помощью подпружиненного фиксатора.

Чтобы программировать автоматическую смену инструментов, кодируют гнезда инструментального магазина или инструментальные оправки. В первом случае каждому гнезду присваивается номер, который вводится в нужном месте в программу работы станка. Поэтому инструмент (вместе с оправкой), взятой из определенного гнезда магазина, должен после использования возвращаться обязательно в то же самое гнездо.

При втором методе кодирования инструментальная оправка имеет сменные кольца, штифты или другие элементы, различным сочетанием которых можно задать код, присвоенный данному инструменту (подобно тому, как для разных дверных замков делают ключи с различным сочетанием выступов и впадин). При кодировании инструментальных оправок смена инструментов упрощается, так как при возврате отработавшего инструмента из шпинделя в магазин не нужно ждать, когда в позицию смены придет свое гнездо, — можно установить его в только что освободившееся. Однако из-за необходимости установки кодирующих элементов существенно усложняются конструкция оправки, ее изготовление и эксплуатация. Кроме того, в магазин невозможно установить инструмент с большими диаметральными размерами в случае, когда соседние гнезда заняты другими инструментами.

При кодировании гнезд магазина усложняется цикл смены инструментов, так как при каждой смене необходимо дважды выполнять поиск нужного гнезда — один раз для сменяющего инструмента, второй — для сменяемого. Но упрощаются инструментальные оправки, и появ-

ляется возможность оставлять пустыми гнезда, расположенные рядом с теми, где находится крупногабаритный инструмент, — расширяются технологические возможности станка. Поэтому в МС более широкое распространение получил метод кодирования гнезд магазина.

Требования к устройствам АСИ. Устройство АСИ должно обеспечивать передачу инструмента (вместе с инструментальной оправкой) из магазина в шпиндель станка и обратно и замену отработавшего инструмента другим по ходу выполнения технологической операции. На тех многооперационных станках, где используют наряду с одиночными инструментами инструментальные одно- и многошпиндельные головки, должно быть предусмотрено устройство для автоматизации смены таких головок.

Первое требование к устройству АСИ — быстроедействие. Чтобы сократить простои МС при смене инструментов, стремятся разделить цикл работы устройства АСИ таким образом, чтобы подготовительные действия — поиск нужного инструмента в магазине, перенос его к шпинделю, ориентация, а также возврат сменяемого инструмента в магазин — выполнялись во время работы станка. В этом случае для остановки шпинделя и отвода его от заготовки требуется всего несколько секунд для того, чтобы извлечь отработавший инструмент из шпинделя и установить следующий.

Второе требование — высокая надежность. Длительный отказ устройства АСИ вызывает необходимость ручной смены инструмента, из-за чего эффективность применения МС резко снижается.

Для упрощения кинематики и конструкции механизмов смены инструментов, облегчения конструктивных и технологических решений, повышения надежности и улучшения условий обслуживания важно, чтобы общее число движений в цикле автоматической смены инструмента было минимальным, — это третье требование. В числе этих движений нежелательно включать перемещение шпиндельной бабки в позицию смены инструмента, так как при этом нарушается достигнутое при позиционировании положение шпинделя по отношению к заготовке, — после смены инструмента шпиндель не может вернуться абсолютно точно в исходное положение. Поэтому каждое точное отверстие стремятся обработать полностью несколькими инструментами, не смещая шпиндель относительно оси отверстия. Отсюда — четвертое требование: смену инструментов желательно выполнять при любом положении шпиндельной бабки.

В станкостроении все шире внедряется принцип агрегатирования. Применительно к магазинам и механизмам автоматической смены инструментов это означает разработку конструкций, позволяющих один и тот же тип магазина, устройства АСИ использовать на разных станках, или в зависимости от условий производства, где работает станок, оснащать его магазинами разных типов (пятое требование).

Очень важными требованиями к любой системе смены инструмента являются простота и безопасность обслуживания, доступность механизмов и устройств, удобство наладки и переналадки, ремонтпригодность. Обеспечить выполнение всех этих требований удастся далеко не всегда. Создание совершенных систем автоматической смены инструмента представляет сложную конструкторско-технологическую проблему.

Классификация устройств АСИ. Для удобства рассмотрения устройств АСИ дадим их классификацию. По числу и видам сменяемых

инструментов: для одиночных инструментов; для одно-и многошпиндельных инструментальных головок и планшуппортов. По составу устройства АСИ делят на устройства: без автооператора; с автооператором; с позицией ожидания; с промежуточным носителем и автооператором; с револьверными головками. По относительному расположению инструментов в магазине и шпинделе станка устройства АСИ делят на устройства АСИ для МС с соосным, параллельным и угловым относительным расположением инструментов. По типам МС выделить устройства АСИ для МС с горизонтальным, вертикальным расположением шпинделя и для продольно-обрабатывающих МС.

Принципы действия и особенности основных типов устройств АСИ рассмотрим в соответствии с этой классификацией. Основное внимание обратим на устройства для смены одиночных инструментов как наиболее распространенные.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТОВ

УСТРОЙСТВА АСИ БЕЗ АВТООПЕРАТОРА

Устройства АСИ для МС с соосным расположением инструментов. При соосном расположении инструментов в гнезде магазина и шпинделе МС при смене инструментов достаточно повернуть магазин до совмещения гнезда магазина с осью шпинделя, а затем, перемещая шпиндель вдоль оси, вытолкнуть инструмент из магазина и закрепить в шпинделе. Возврат отработавшего инструмента в шпиндель выполняется в обратном порядке. Способ привлекает своей простотой, так как не требует транспортирующих механизмов. Схемы действия таких устройств показаны на рис. 32. В СССР широко известно устройство, показанное на рис. 32, а. Магазин на 12 инструментов выполнен в виде массивного барабана с наклонной осью поворота. Ось инструментального гнезда, находящегося в момент смены инструмента в нижнем положении, совмещается с осью шпинделя. При движении вниз шпиндель захватывает инструмент за оправку и перемещает его к заготовке. Зажатие оправки в шпинделе производится автоматически.

При ходе пиноли шпинделя в верхнее положение инструментальная оправка с инструментом автоматически отсоединяется от шпинделя и остается в гнезде магазина. При крайнем верхнем положении шпинделя магазин поворачивается — происходит поиск следующего заданного программой инструмента. Угол поворота определяется номером гнезда, в котором находится нужный инструмент. После использования инструмента возвращается в то же гнездо. Поиск инструмента происходит при остановленном шпинделе (в его верхнем положении). Время на поворот магазина не совмещается с машинным временем.

В станке горизонтальной компоновки фирмы Wyssbrod (Швейцария) ось магазина емкостью 20 инструментов расположена горизонтально (рис. 32,б). Выдача инструмента из магазина происходит при ходе вперед пиноли шпинделя — так же, как в схеме 32, а. Станок предназначен для обработки мелких точных заготовок. Аналогичный способ

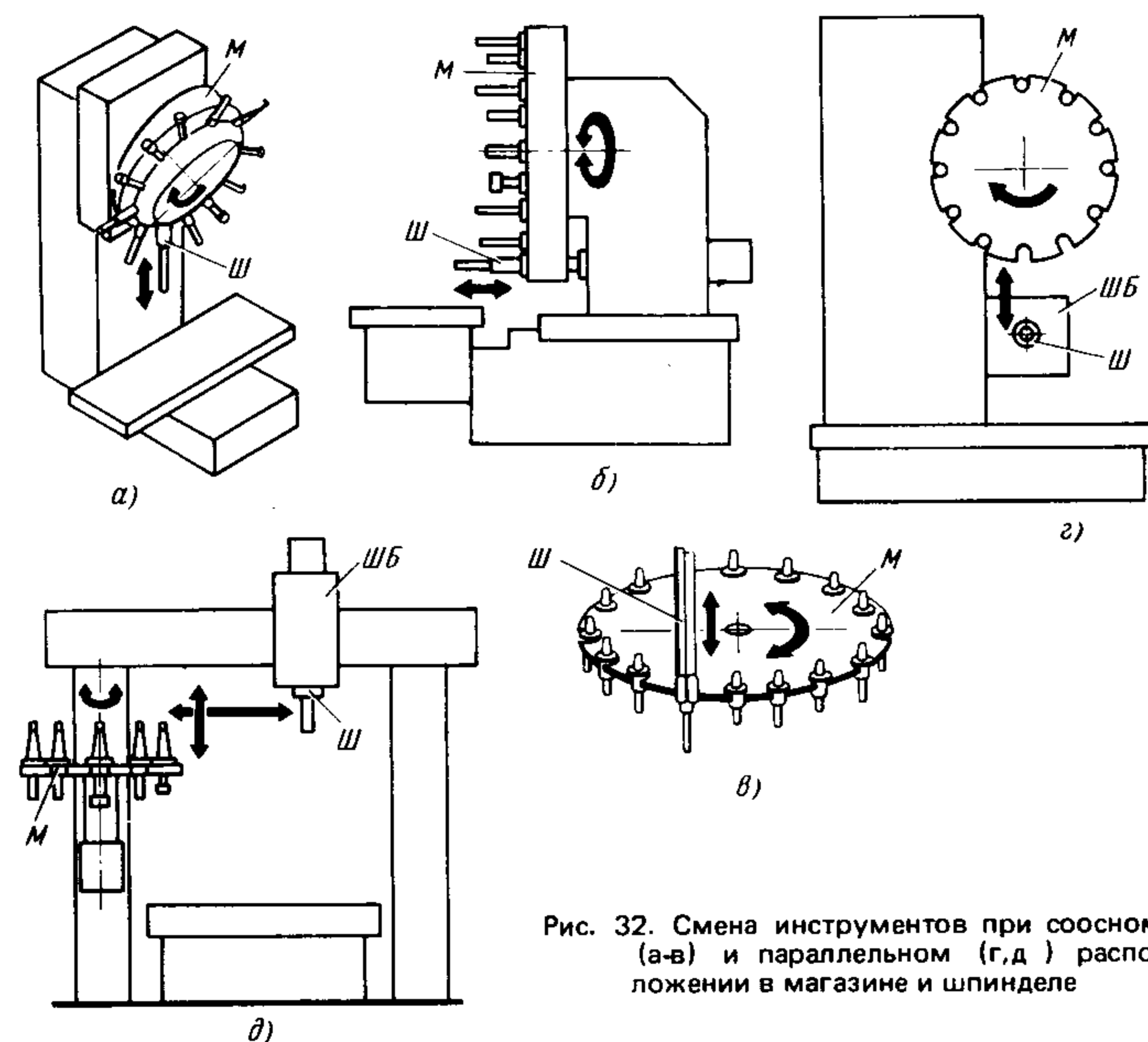


Рис. 32. Смена инструментов при соосном (а-в) и параллельном (г,д) расположении в магазине и шпинделе

смены инструментов использован на вертикальном МС фирмы Brown и Sharpe (США) (рис. 32,в).

Рассмотренный способ смены инструмента имеет существенные недостатки: 1) пиноль шпинделя совершает длительные вспомогательные ходы, необходимые для подачи инструмента в рабочую зону; из-за увеличенного вылета жесткость шпиндельного узла недостаточна для точной обработки чугунных и стальных заготовок; 2) максимальная емкость магазина при допустимых габаритных размерах ограничена необходимостью размещения гнезд для инструментальных оправок на значительном расстоянии друг от друга, иначе выступающие из них неработающие инструменты будут мешать инструменту в рабочей позиции; 3) для поиска инструмента магазин должен отводиться от заготовки на значительное расстояние; 4) инструментальный магазин находится в рабочей зоне станка или в непосредственной близости от нее. Режущий и вспомогательный инструмент и механизмы магазина легко загрязняются металлической пылью, разбрызгиваемой СОЖ, мелкой стружкой.

Устройства АСИ для МС с параллельным расположением инструментов. Чтобы разместить инструментальный магазин вне рабочей зоны МС, его поднимают над шпиндельной бабкой или выносят в сторону от нее, а иногда устанавливают на отдельную стойку. Во всех этих случаях оси инструментов в магазине и шпинделе МС не совпадают, но могут быть параллельными между собой.

В горизонтальном МС 6305Ф4 (рис. 32,г) дисковый магазин раз-

мещен на вертикальных направляющих стойки над шпиндельной бабкой. По сравнению с рассмотренными способами смены инструментов здесь добавляется движение, необходимое для совмещения осей сменяемого инструмента и шпинделя. Дисковый магазин опускается и свободным гнездом — вырезом захватывает оправку сменяемого инструмента (перед этим происходит автоматическое раскрепление оправки в шпинделе). Вслед за этим ползунковая бабка перемещается вдоль оси шпинделя, и оправка с инструментом остается в гнезде магазина. Магазин поворачивается для поиска следующего инструмента по его месту в магазине (в программе кодируется номер гнезда). После совмещения сменяющего инструмента со шпинделем следует ход вперед ползунковой бабки, и инструментальная оправка закрепляется в отверстии шпинделя. Магазин поднимается за пределы рабочей зоны, шпиндель быстро подводится к заготовке.

Подобный способ смены инструмента приведен и для продольно-обрабатывающих МС. На МС Sass vertimatic (Италия) дисковый магазин расположен на боковой стойке и может совершать два движения: поворот для поиска сменяемого инструмента и перемещение вдоль своей оси для смены инструмента (рис. 32, д). После выполнения очередного перехода шпиндельная бабка совершает быстрый ход влево до совмещения оси отработавшего инструмента со свободным гнездом магазина. Магазин поднимается, забирает оправку с инструментом из шпинделя (к этому моменту оправка автоматически раскрепляется), опускается, поворачивается для поиска следующего инструмента и вновь поднимается, заталкивая его в шпиндель. Сейчас же следует закрепление в шпинделе. Магазин опускается в нижнее положение, а шпиндельная бабка совершает быстрый ход вправо для обработки очередной поверхности заготовки.

Общий недостаток двух приведенных схем — значительные потери времени на вспомогательные ходы магазина или шпиндельной бабки в связи с их большой массой.

УСТРОЙСТВА АСИ С АВТООПЕРАТОРОМ

Устройства АСИ для МС с параллельным расположением инструментов. Ускорить перенос и смену инструментов при размещении магазина вне рабочей зоны можно с помощью автооператора.

На МС с горизонтальным шпинделем ИР-500МФ4, ИР-800МФ4 и многих зарубежных станках устанавливают инструментальный магазин М на стойку станка (рис. 33, а). Для связи магазина с шпинделем Ш станка используют автооператор А с двумя захватами. Существуют две принципиальные схемы работы автооператора.

В первой схеме (рис. 33, б) при смене инструментов автооператор совершает ход снизу вверх, захватывает оправку инструмента, находящегося в гнезде, и вытаскивает ее в направлении оси. Инструмент, находящийся в шпинделе, запирается нужным захватом при перемещении корпуса (каретки) автооператора вниз. Затем автооператор ходом вдоль оси шпинделя вытаскивает отработавший инструмент. Следует поворот автооператора вокруг своей оси на 180° — к шпинделю подводится сменяемый инструмент; ходом вдоль оси инструмент «заталкивается» в шпиндель, где автоматически закрепляется. После этого каретка автооператора передвигается вверх для переноса отработавшего инструмента в магазин.

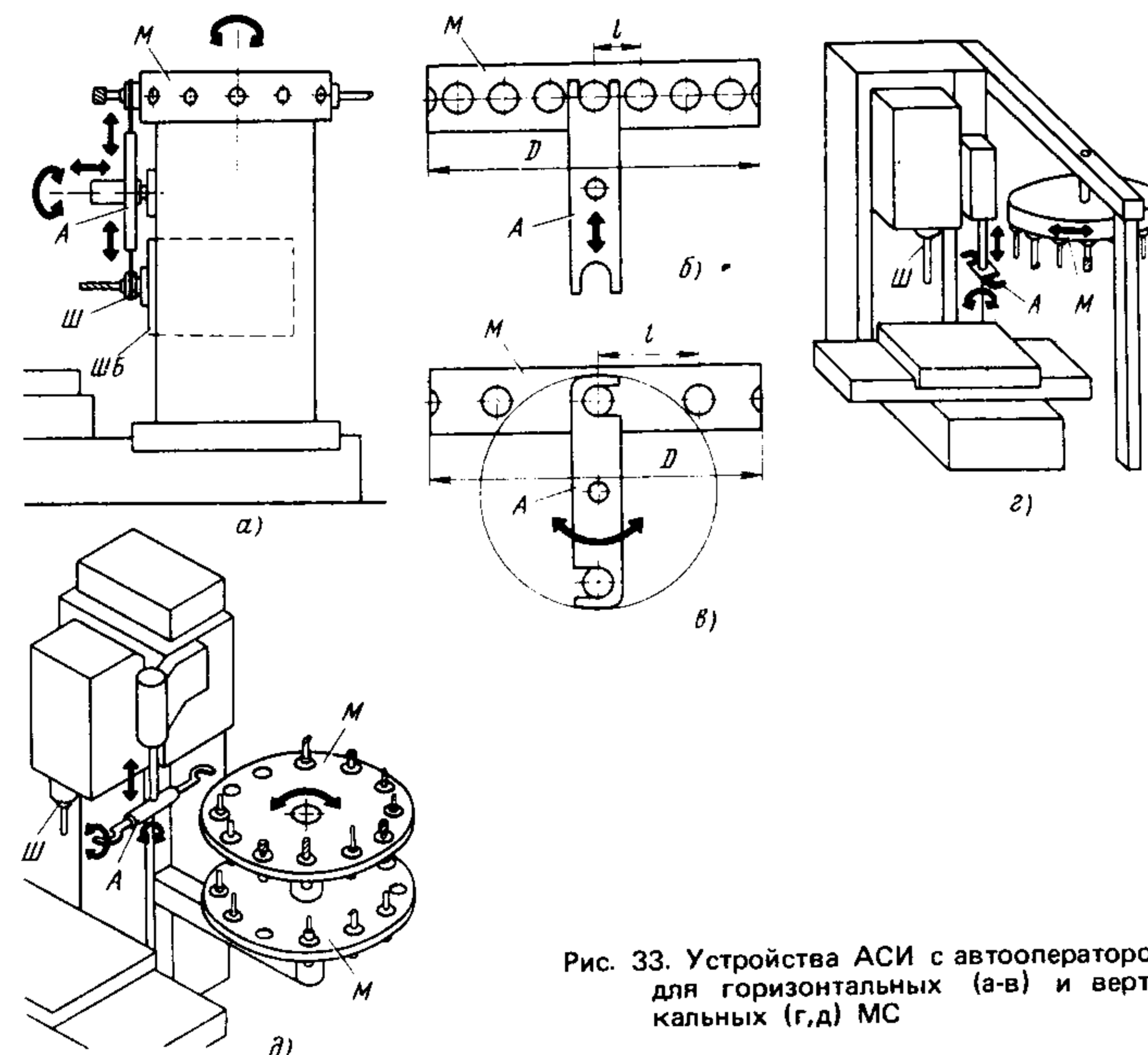


Рис. 33. Устройства АСИ с автооператором для горизонтальных (а-в) и вертикальных (г, д) МС

В другой схеме (рис. 33, в) автооператор не имеет вертикального перемещения. При смене инструментов он, поворачиваясь вокруг горизонтальной оси, одновременно захватывает инструменты из магазина и шпинделя, а затем ходом вдоль оси вытаскивает их, поворотом на 180° меняет местами и вставляет в магазин и шпиндель. Цикл смены заканчивается поворотом автооператора в горизонтальное — нейтральное положение, при котором он не мешает повороту магазина и вертикальному перемещению шпиндельной бабки.

Как видно, вторая схема отличается более простым циклом работы автооператора. Однако в ней есть и существенный недостаток: при повороте автооператор может задевать инструменты, расположенные в соседних гнездах магазина. Поэтому расстояние l между гнездами, а следовательно, максимальное число инструментов в магазине одинакового диаметра D будет меньше, чем в схеме на рис. 33, б.

В станке СМ 213 между шпиндельным Ш станка и магазином М емкостью 30 инструментов расположен автооператор А, который при повороте забирает оправку с отработавшим инструментом из шпинделя (перед этим оправка раскрепляется) и сменяющий инструмент из гнезда (рис. 33, г). При ходе вниз автооператор вытаскивает оправки с инструментами из шпинделя и магазина, быстро поворачиваясь на 180° вокруг оси, меняет их местами и поднимает инструменты вверх в шпиндель и магазин. Затем автооператор поворачивается в среднее нейтральное положение, не мешающее вертикальным перемещениям

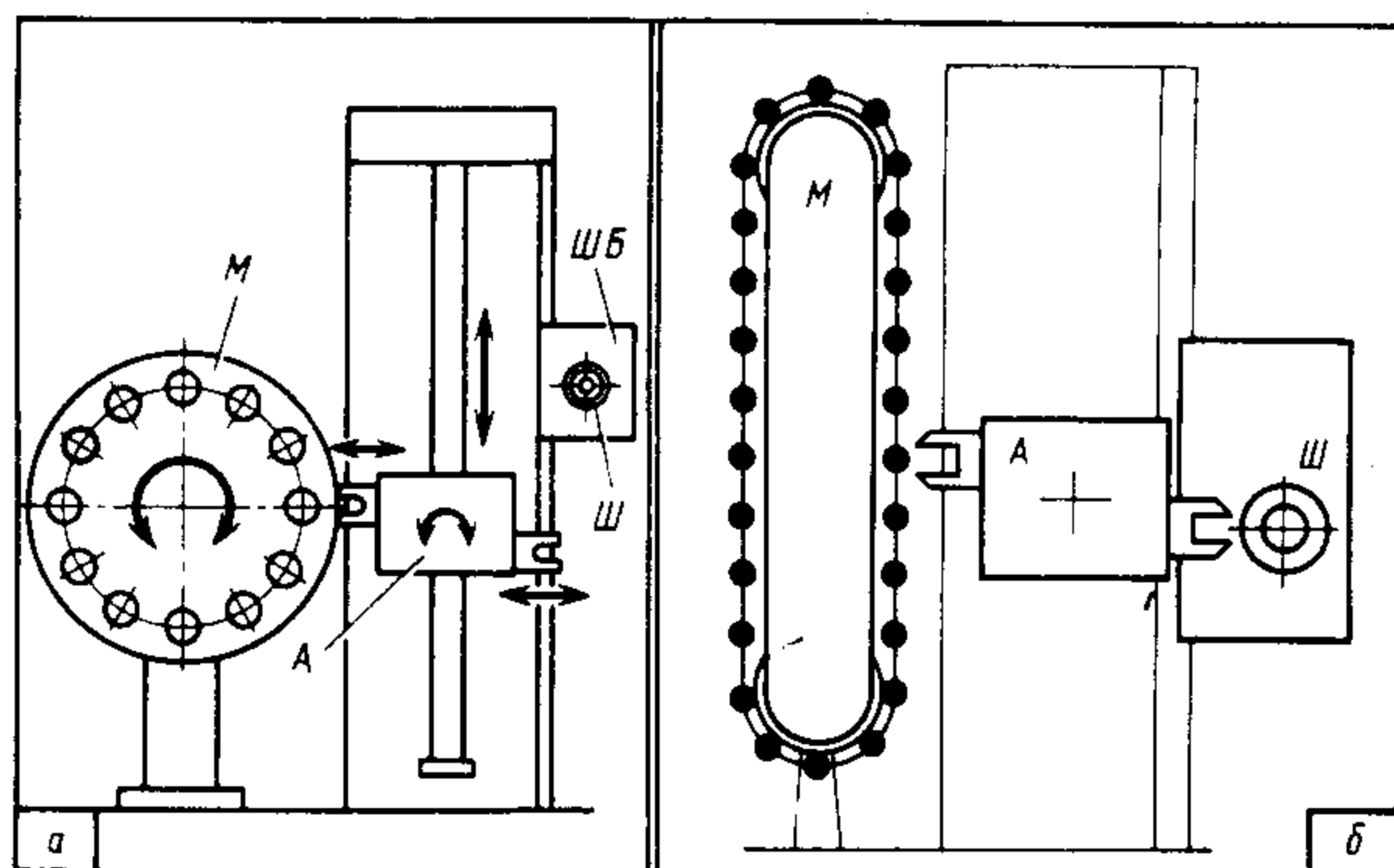


Рис. 34. Устройства АСИ с автооператором и магазином: а — дисковым; б — цепным

шпинделя. Подобные устройства АСИ используют в вертикальном МС 2254.

Для увеличения емкости магазина без увеличения его диаметра используют двух- и многодисковые магазины. Так, например, в двух-дисковом магазине станка фирмы Droop Rein (ФРГ) размещается 40 инструментов (рис. 33, д). Недосток компоновки — значительные размеры магазина по высоте и необходимость усложнения системы управления.

У большинства станков с рассмотренными устройствами АСИ смена инструментов может выполняться только при одном положении шпиндельной бабки. Этого недостатка не имеет устройство АСИ для крупных МС с горизонтальным шпинделем и дисковым (рис. 34, а) или цепным (рис. 34, б) магазином. Захваты автооператора А могут выдвигаться из корпуса каретки, а вся каретка — перемещаться вверх и вниз на стойке станка и в направлении, параллельном осям магазина М и шпинделя Ш. В нижнем положении каретки, показанном на схеме, левый захват автооператора, выдвигаясь, захватывает инструмент из магазина. При ходе каретки вдоль оси инструмента он вынимается из магазина, и каретка передвигается по стойке в положение напротив шпиндельной бабки ШБ. Совершая аналогичный цикл движений, правый захват автооператора вытаскивает сменяемый инструмент из шпинделя, после чего происходит поворот автооператора и смена инструментов. Недостаток данной компоновки — размещение дискового или цепного магазина в непосредственной близости от рабочей зоны в месте, неудобном для загрузки и разгрузки магазина. Недостаток устройства АСИ — сложность конструкции автооператора из-за необходимости получения раздельного движения захватов.

Устройства АСИ для МС с угловым расположением инструментов. В этом случае приходится поворачивать инструмент в процессе смены в положения, параллельные осям шпинделя и магазина (рис. 35, а). Инструменты, закрепленные в оправках, вставляют при наладке станка в гнездо барабанного магазина, размещенного наверху стойки горизонтального МС. Попадая в позицию смены инструмента, гнездо поворачивается в горизонтальное положение, и ось инструмента становится

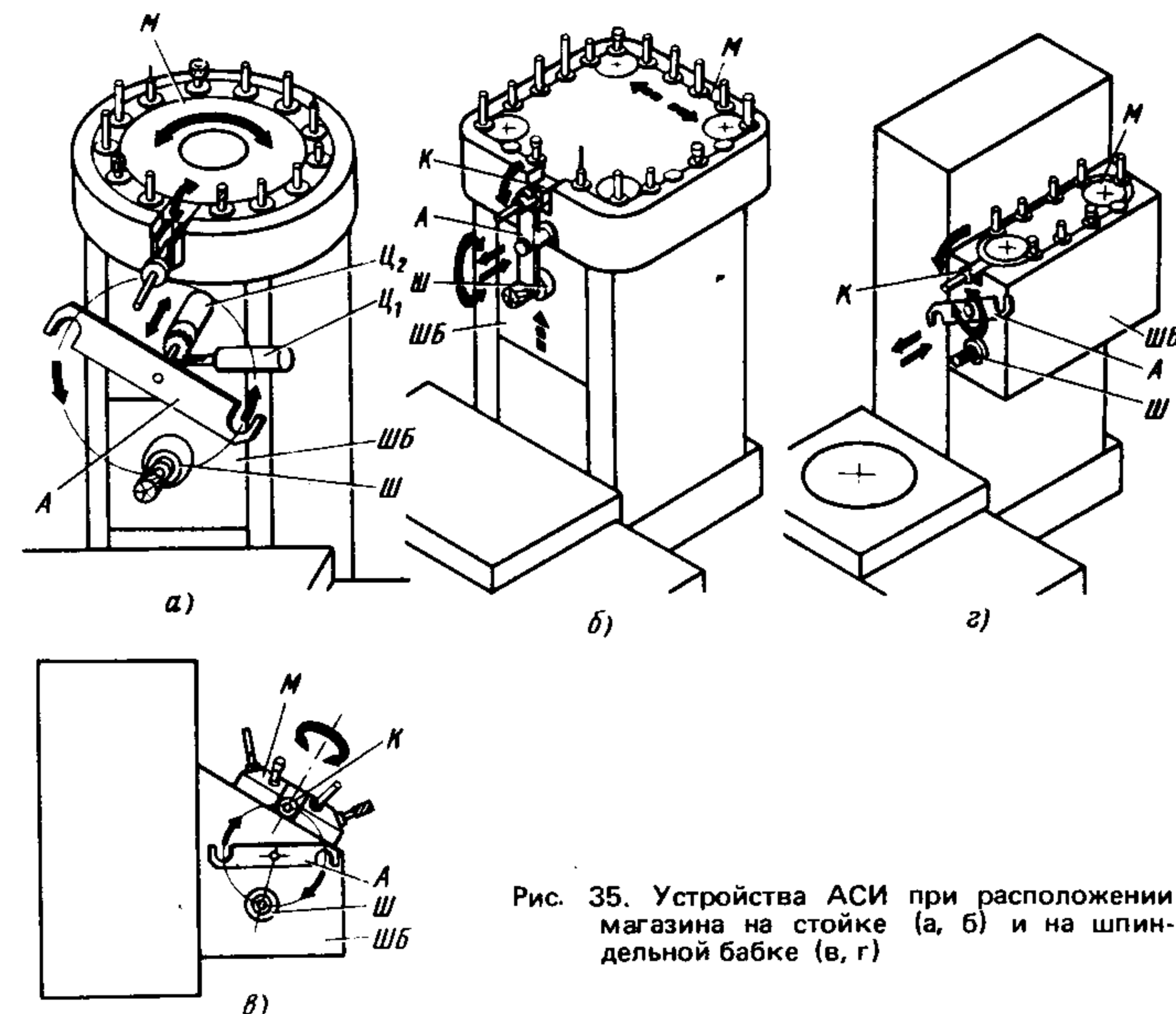


Рис. 35. Устройства АСИ при расположении магазина на стойке (а, б) и на шпиндельной бабке (в, г)

параллельной оси шпинделя. Цикл смены инструмента простой: из нейтрального положения автооператора А с помощью гидроцилиндра Ц_1 и реечно-зубчатой передачи поворачивается относительно своей оси, захватывая одновременно оправки инструментов, находящихся в гнезде магазина и шпинделя. Затем с помощью гидроцилиндра Ц_2 автооператор ходом вдоль своей оси вытаскивает инструменты из магазина и шпинделя, поворачивается вместе с ними на 180° и меняет инструменты местами. После возврата автооператора в нейтральное положение шпиндель начинает выполнение очередного перехода.

Отработавший инструмент подается в освободившееся гнездо, на место вынутого оттуда. Если кодируются гнезда магазина, то перед подачей отработавшего инструмента в свое гнездо потребуется повернуть освободившееся гнездо на 90° (вверх), магазин — в положение поиска гнезда отработавшего инструмента, а затем установить гнездо в горизонтальное положение. Все это время шпиндель не работает, и время на смену инструмента существенно возрастает. Смена инструмента возможна только при одном — верхнем положении шпиндельной бабки ШБ. Такая схема устройства АСИ использована на станках МА260Ф4.

Вместо барабанного магазина может быть установлен цепной (рис. 35, б).

Вертикальное (или наклонное) положение инструмента в магазине взамен горизонтального имеет некоторые преимущества: магазин с инструментами имеет меньшие размеры в плане, упрощается удержание инструментальной оправки в гнезде магазина (этому помогает сила тяжести), меньше опасность травмирования наладчика, обслуживаю-

щего станок, в случае, если магазин начнет поворачиваться для поиска инструмента.

В некоторых МС инструментальный магазин размещают на корпусе шпиндельной бабки. Такую компоновку имеют, например, станки с горизонтальным шпинделем и барабанным (рис. 35, в) или цепным (рис. 35, г) магазином FQH 50A (ЧССР), 6305Ф4С2 (СССР) и др. Емкость магазина небольшая — обычно 16 — 24 инструмента. Достоинство компоновки — шпиндельную бабку или каретку автооператора не нужно перемещать при смене инструментов. Но боковое по отношению к стойке расположение шпиндельной бабки вызывает неравномерную жесткость шпинделя при изменении направления силы резания в процессе растачивания отверстий в корпусных заготовках. В сочетании со значительной и переменной массой магазина, возможностью передачи вибраций механизмов шпинделя при поиске инструмента это существенно затрудняет достижение высокой точности обработки.

Во многих МС применяют компоновки с боковым размещением инструментального магазина. Такая компоновка обусловлена удобством доступа к гнездам магазина для загрузки и разгрузки инструментов при переналадке станка или замены изношенного инструмента.

В станках FSP 50H/70H (Япония) автооператор поворачивается относительно двух осей (рис. 36, а). В положении A_1 он поворачивается вокруг вертикальной оси и захватывает оправку инструмента, находящегося в магазине М. Затем следуют повороты автооператора к шпиндельной бабке ШБ относительно горизонтальной оси в положение A_2 . Для смены инструментов шпиндельная бабка поднимается каждый раз в верхнее крайнее положение.

В станке 6A76ПМФ2 (рис. 36, б) автооператор А захватывает и движением вдоль своей оси извлекает оправку из гнезда цепного магазина емкостью 30 инструментов, поворачивается вокруг вертикальной оси, после чего вторым свободным захватом извлекает оправку с инструментом из шпинделя Ш (при этом автооператор поворачивается относительно своей горизонтальной оси). Следует поворот автооператора А с инструментами на 180° , и нужный инструмент подается в отверстие шпинделя. Далее, уже во время работы шпинделя, автооператор переносит отработавший инструмент в гнездо магазина. Шпиндельная бабка ШБ этого

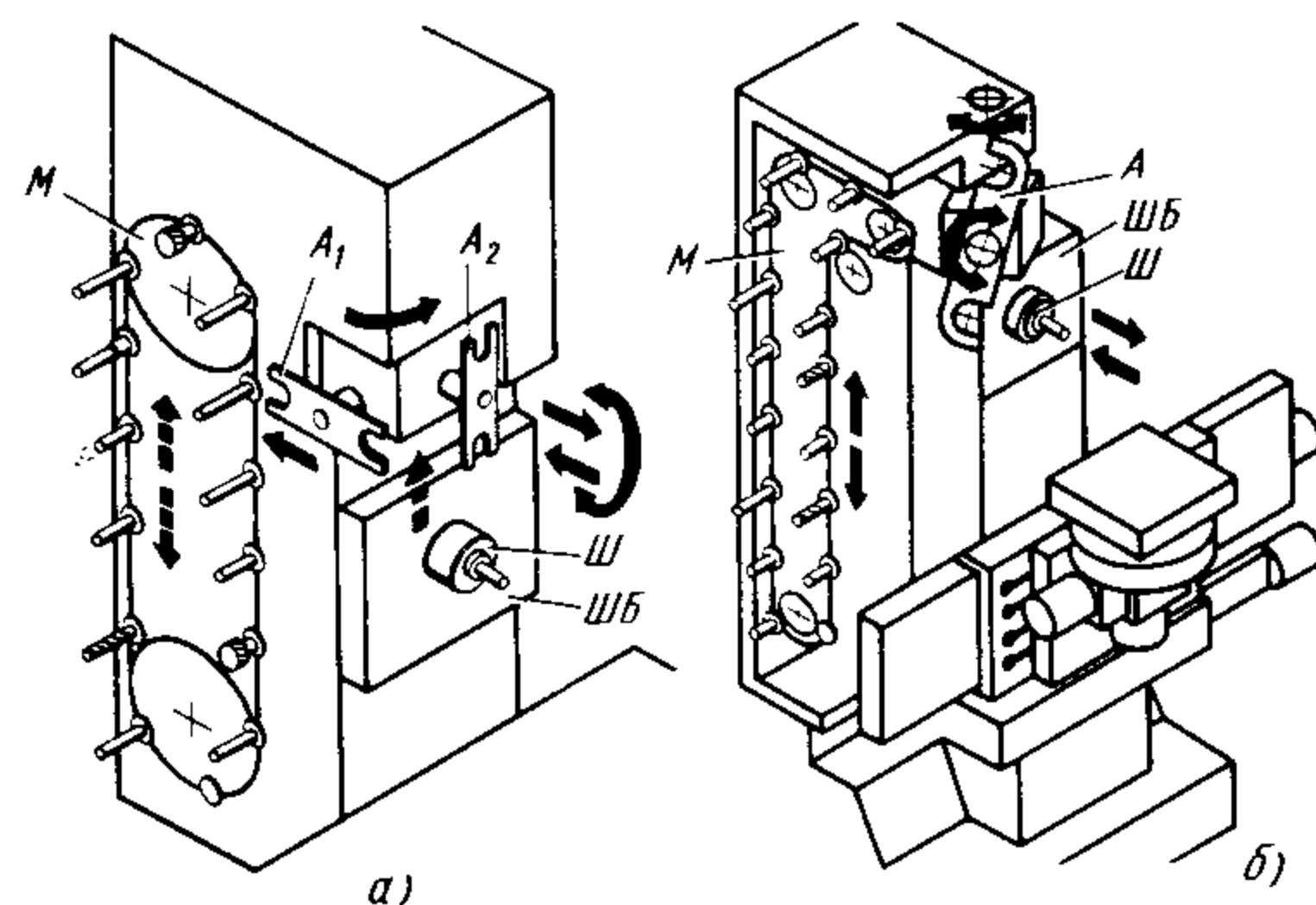


Рис. 36. Устройства АСИ при боковом расположении магазина на горизонтальных МС

станка не имеет вертикального перемещения, и инструмент сменяется за 5-6 с. Движения подачи получают горизонтальный и вертикальный поворотный столы станка.

В вертикальном станке 243ВМФ2 (рис. 37, а) автооператор установлен в корпусе, который для перевода сменяемого инструмента в вертикальное положение поворачивается относительно горизонтальной оси (из положения A_1 в положение A_2). В станках других моделей для этого служит криволинейный паз — копир, обеспечивающий постепенное опускание и поворот автооператора перед сменой инструмента (рис. 37, б).

Емкость бокового магазина для рассмотренных схем обычно 20-30 инструментов, смена выполняется за 5-8 с.

Представляет интерес устройство АСИ для МС с взаимно перпендикулярным расположением инструментов в магазине и шпинделе. Ось поворота O_1 автооператора А расположена на половине угла между магазином М и шпинделем Ш (рис. 37, в). Для вынимания и вставления инструментов автооператор движется параллельно оси шпинделя (вдоль оси O_2). При этом он извлекает инструментальную оправку из дискового магазина в радиальном направлении. В устройстве АСИ этих станков предусмотрено кодирование инструментальных оправок. Автооператор установлен на шпиндельной бабке. На смену инструмента затрачивается около 9 с, а время "от стружки до стружки" в среднем вдвое больше.

Оригинально решена задача смены инструментов в устройстве, показанном на рис. 38. В отличие от ранее рассмотренных конструкций извлечение инструментов из шпинделя и магазина производится одновременным движением захватов автооператора вдоль осей инструментов [5]. Достигается это следующим образом. Корпус автооператора 3 (рис. 38, а) имеет два движения: возвратно-поступательное вдоль оси О и вращательное вокруг этой же оси. Для перемещения вдоль оси служит гидроцилиндр, корпус 2 которого связан штырем 1 с корпусом автооператора, а шток 4 закреплен недвижно. Для поворота автооператора имеется гидроцилиндр (на схеме не показан), шток которого связан с рейкой 10, поворачивающей шестерню 9. Связь шестерни с корпусом автооператора обеспечивает шпонка 8 при выдвинутом переднем положении корпуса. Захваты 6 и 11 автооператора могут перемещаться рейками 5 и 12, связанными зубчатыми передачами с рейками, нарезанными на гильзе 13. Первый конец гильзы служит поршнем гидроцилиндра с неподвижным корпусом 7.

На рис. 38, а автооператор находится в нейтральном положении. Захваты автооператора не мешают рабочим движениям шпинделя Ш станка и повороту магазина М для поиска инструмента. Цикл работы автооператора начинается с захвата инструментальных оправок (рис. 38, б). Масло под давлением подается по каналу K_3 в полость гидроцилиндра 7, заставляя поршень с гильзой 13 двигаться вправо. Зубья реек гильзы заставляют поворачиваться на своих осях зубчатые колеса, сцепленные с рейками захватов. Захваты 6 и 11 одновременно выдвигаются из корпуса автооператора и зажимают инструментальные оправки, находящиеся в шпинделе и магазине.

Начинается следующий элемент цикла — вытаскивание инструментальных оправок. Кинематика механизма смены инструментов обеспечивает движение захватов во взаимно перпендикулярных направлениях. В гидроцилиндр 2 подается масло под давлением по каналу K_2 . Корпус гидроцилиндра выдвигается вперед, увлекая за собой корпус 3 автооператора (рис. 38, в). Зубчатые колеса катятся по рейкам неподвижной гильзы 13, захваты 6 и 11 постепенно выдвигаются из корпуса. Таким

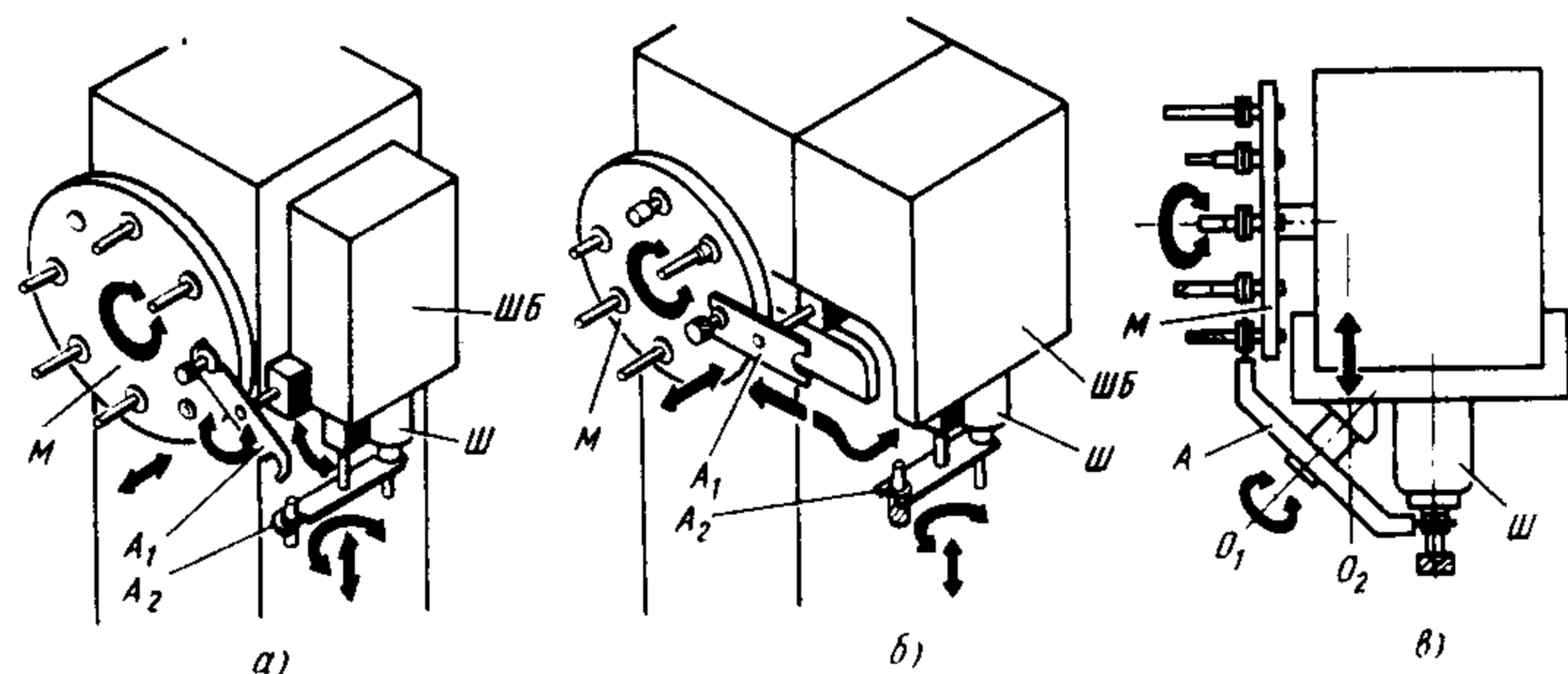


Рис. 37. Устройства АСИ с дисковыми магазинами вертикальных (а, б) и горизонтального (в) МС

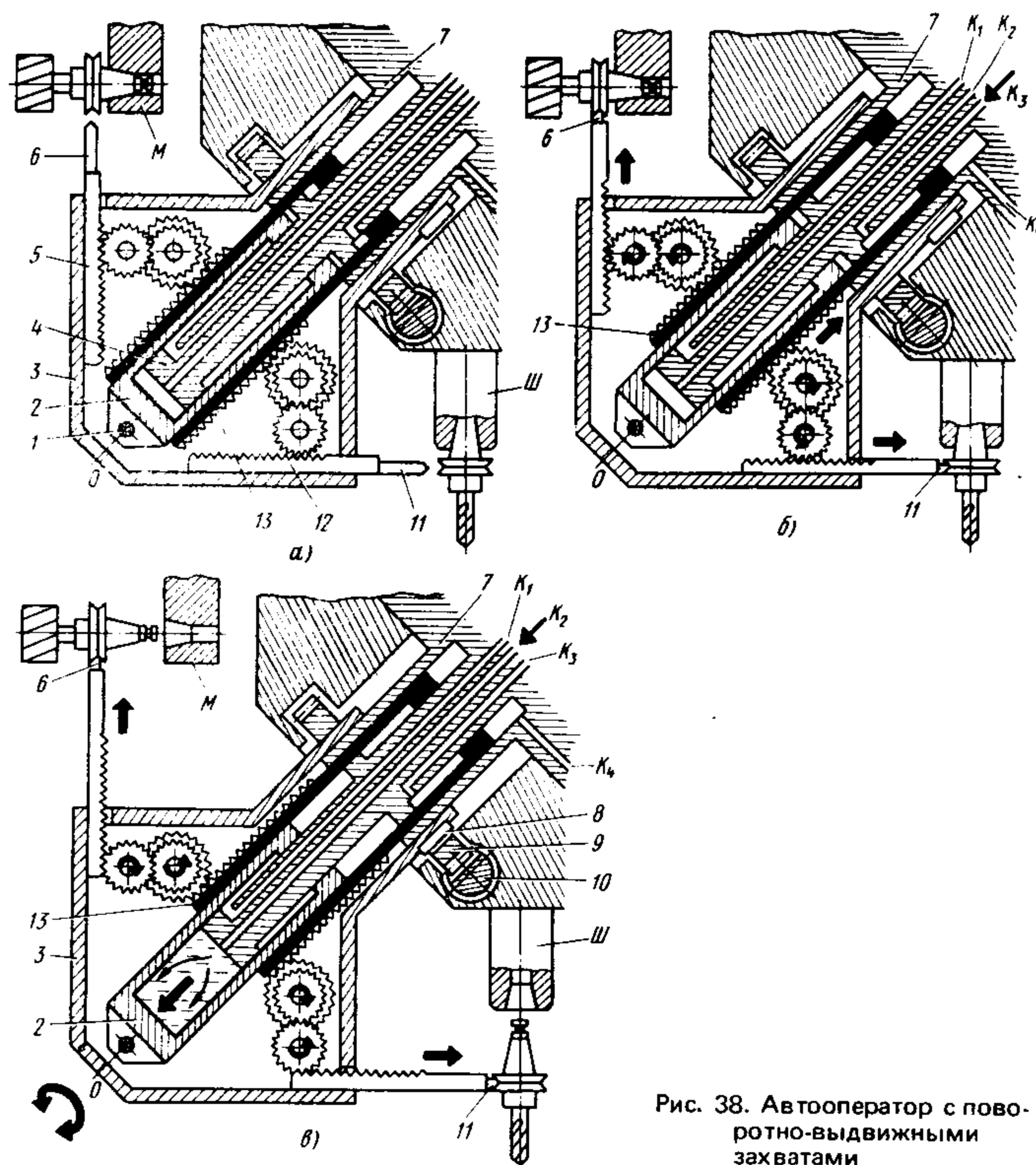
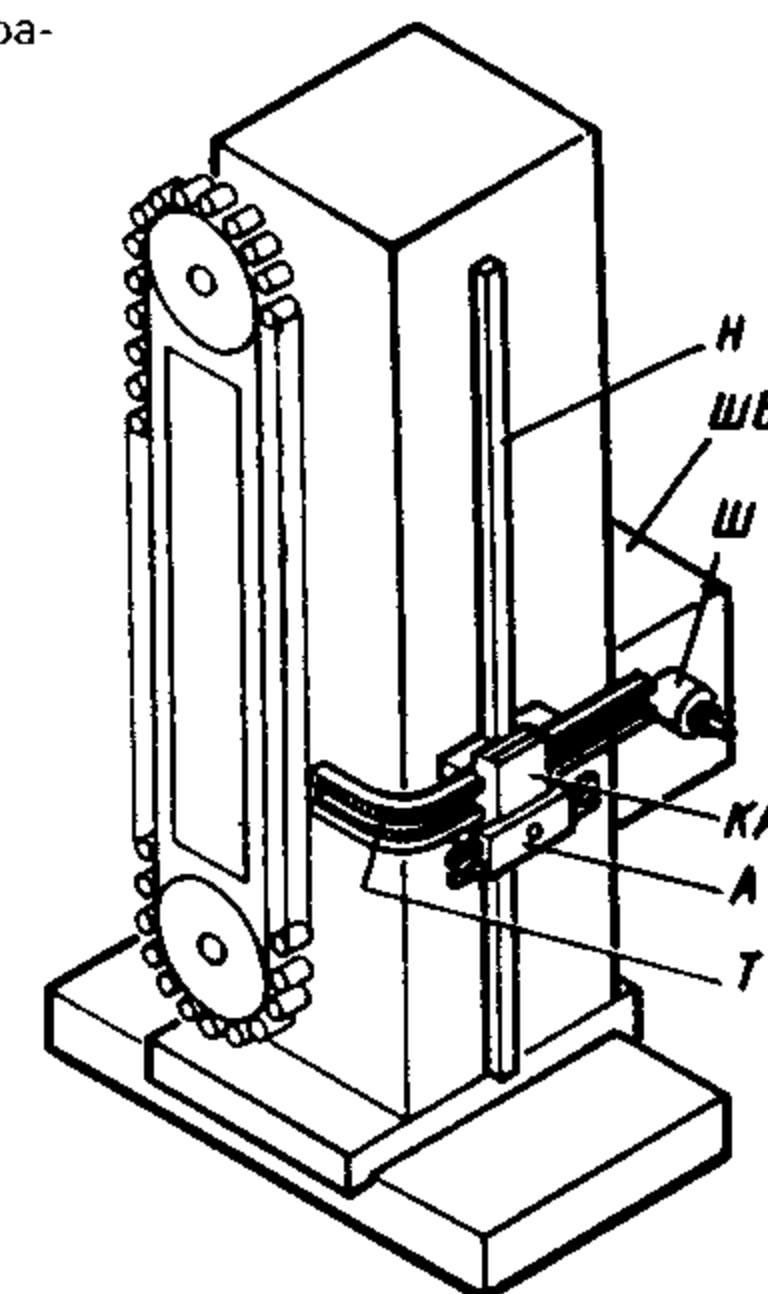


Рис. 38. Автооператор с поворотно-выдвижными захватами

Рис. 39. Устройство АСИ для станков с подвижной траверсой каретки автооператора



образом, нужное направление движения инструментальных оправок обеспечивается сложением двух движений: осевого перемещения корпуса и выдвижения из него захватов.

Третий элемент цикла — поворот корпуса вокруг оси О для смены инструментов местами. В выдвинутом положении корпус автооператора сцепляется шпонкой 8 с шестерней 9. Гидроцилиндр поворота передвигает рейку 10 и поворачивает шестерню 9, а вместе с ней корпус автооператора с оправками и инструментами на 180° . Оправка с фрезой занимает место перед шпинделем, а закончившее работу сверло оказывается у магазина.

Четвертый элемент цикла — подача оправок в шпиндель и магазин выполняется согласованным движением корпуса автооператора и захватов. Масло от насоса подается по каналу K_1 в правую полость гидроцилиндра 2. Корпус гидроцилиндра перемещается вправо, увлекая за собой корпус автооператора. Одновременно с помощью зубчато-реечных передач происходит необходимое сближение захватов автооператора. В конце обратного хода инструментальные оправки вставляются в посадочное гнездо шпинделя и в магазин, где автоматически закрепляются.

Цикл завершается отводом захватов в нейтральное положение. Масло под давлением поступает через канал K_4 в правую полость гидроцилиндра 7, заставляя гильзу 13 переместиться влево. Зубчато-реечные передачи отводят захваты от инструментальных оправок.

Задача смены инструментов при любом положении шпиндельной бабки в крупных МС с боковым расположением магазина (рис. 39) успешно решается применением подвижной траверсы Т, перемещающейся вверх — вниз по направляющей Н стойки станка.

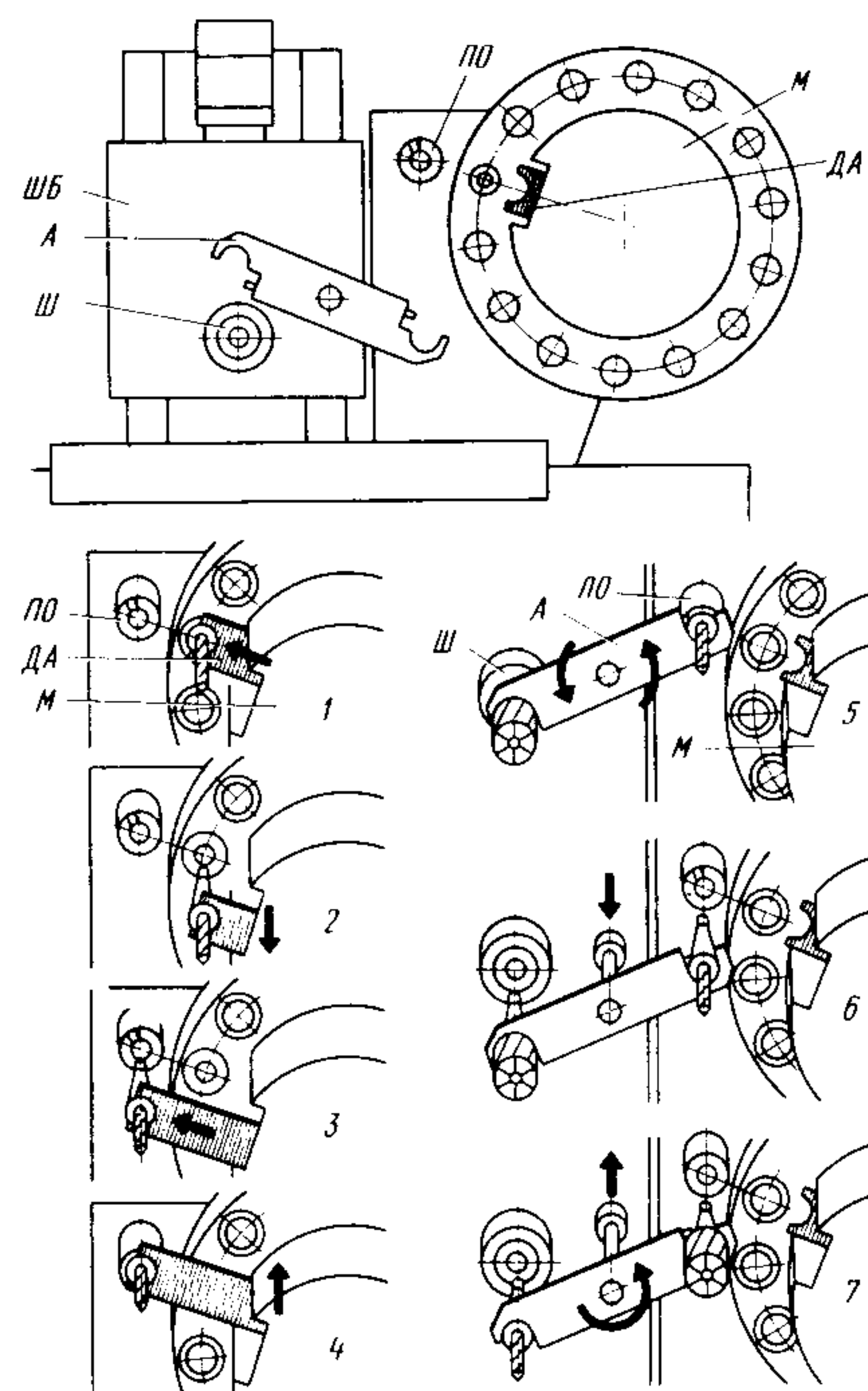
Траверса изогнута под прямым углом. Каретка КА автооператора А перемещается по направляющим траверсы с помощью шестеренчато-реечной передачи. В крайнем левом положении захват автооператора забирает инструмент из магазина и движением вдоль оси извлекает его. Затем происходит перемещение каретки КА по траверсе, которая в это же время поднимается или опускается в положение, где находится шпиндельная бабка. Правый захват вытаскивает инструмент из шпинделя. Затем происходит смена инструментов.

УСТРОЙСТВА АСИ С ПОЗИЦИЕЙ ОЖИДАНИЯ

В особую группу устройства АСИ можно выделить устройство, где между магазином и автооператором имеется позиция ожидания. В этой промежуточной позиции может находиться инструмент, подготовленный для подачи в шпиндель, или инструмент, уже закончивший работу и ожидающий возврата в свое гнездо магазина.

Использование позиции ожидания обусловлено следующим. Поворот магазина для поиска нужного инструмента, перенос этого инструмента в позицию ожидания, а также поворот магазина для поиска сменяемого инструмента и перенос в это гнездо инструмента из позиции ожидания происходит во время работы станка. Это удобно в тех случаях, когда кодируются гнезда магазина, и потому нельзя вставить отработавший инструмент в гнездо, откуда только что извлекли другой инструмент.

Наряду с преимуществом такой способ смены инструмента имеет существенный недостаток: необходимо устанавливать добавочный автооператор для передачи инструмента из магазина в позицию ожидания и обратно. На схемах 1—7 (рис. 40) показана последовательность смены инструмента в станках. Добавочный автооператор ДА, расположенный внутри барабанного магазина М, имеет один захват. Смещаясь в радиальном направлении (схема 1), он захватывает оправку инструмента, находящуюся в магазине, и вытаскивает ее из гнезда (схема 2). Затем следует дополнительное радиальное перемещение (схема 3) автооператора до совмещения оправки с гнездом позиции ожидания ПО и продольный ход (схема 4). После фиксации оправки в гнезде автооператор ДА возвращается в исходное положение. Все это время станок работает, выполняя очередной переход. После его окончания шпиндельная бабка ШБ поднимается в позицию смены инструмента. Основной оператор А, поворачиваясь на своей оси, одновременно вытаскивает оправки с инструментами из шпинделя и гнезда позиции ожидания и меняет их местами (схема 5—7).



Шпиндельная бабка подается в рабочую позицию, начинается следующий переход. В это же время поворотом магазина гнездо инструмента, занимающего позицию ожидания, подводится в позицию смены, добавочный автооператор переносит инструмент из него в магазин. Происходит поиск следующего инструмента, и он доставляется в позицию ожидания.

Рассмотрим устройство смены инструментов с использованием позиции ожидания на горизонтальном МС (рис. 41). Магазин размещен на боковой стороне

стойки, и оси инструментов в магазине и шпинделе взаимно перпендикулярны. Поэтому позиция ожидания выполнена в виде гнезда, поворачивающегося относительно вертикальной оси. Основной А и дополнительный ДА автооператоры совершают перемещения во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Рис. 40. Устройство смены инструментов с использованием позиции ожидания: 1—7 — последовательность смены

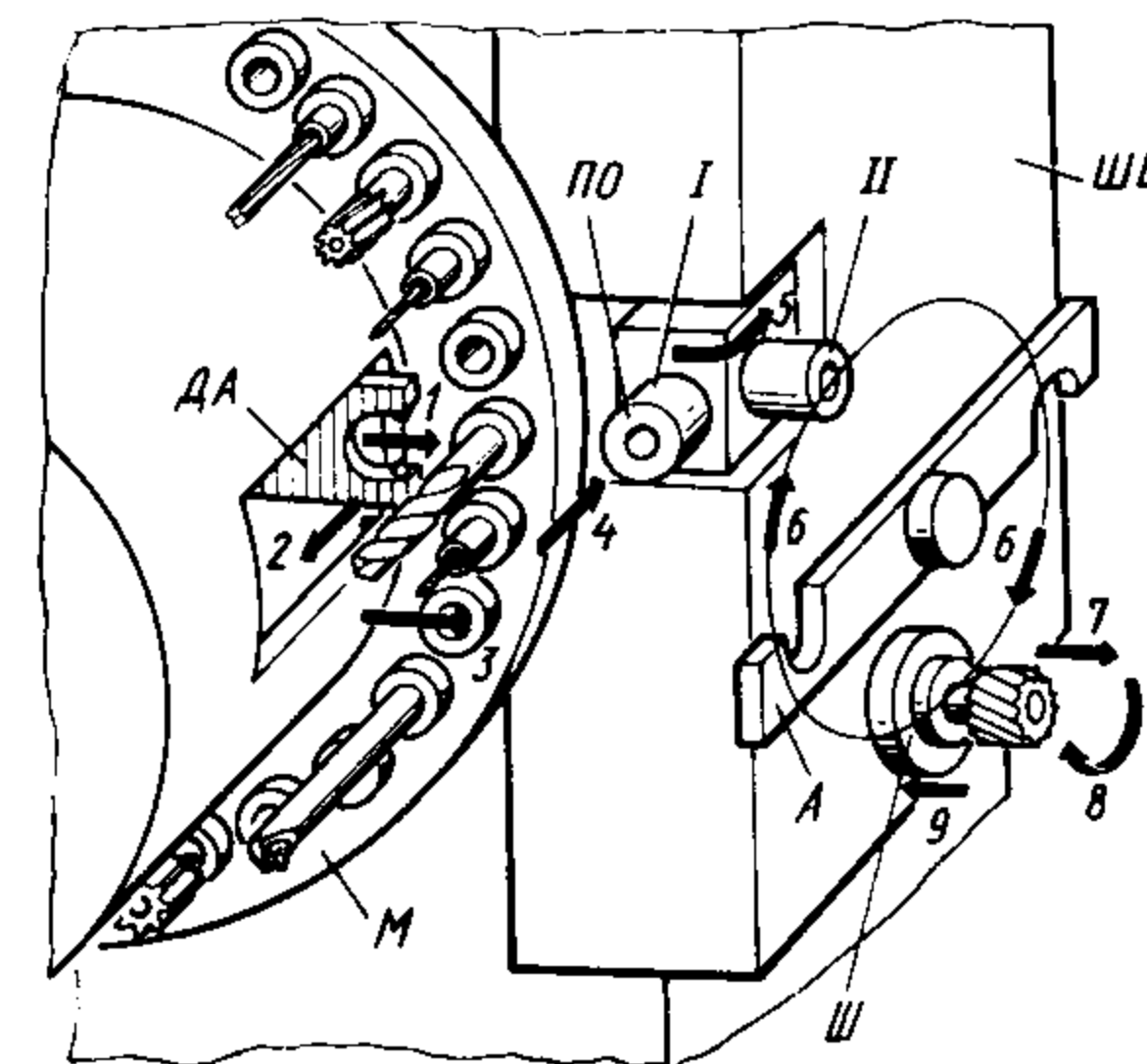
Рис. 41. Устройство смены инструментов с использованием позиции ожидания горизонтальных МС

стойки, и оси инструментов в магазине и шпинделе взаимно перпендикулярны. Поэтому позиция ожидания выполнена в виде гнезда, поворачивающегося относительно вертикальной оси. Основной А и дополнительный ДА автооператоры совершают перемещения во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Инструмент, предназначенный для подачи в шпиндель, подается в позицию смены поворотом дискового магазина М. Дополнительный автооператор ДА движением в направлении стрелки 1 захватывает инструментальную оправку и ходом 2 вытаскивает ее из магазина. Следует движение 3 автооператора до совмещения оси инструментальной оправки с осью гнезда позиции ожидания. Ходом 4 оправки с инструментом подаются в гнездо. Дополнительный автооператор ДА возвращается в исходное положение. Подготовка к смене инструментов, выполняемая во время работы станка, заканчивается поворотом гнезда позиции ожидания ПО на 90° вокруг вертикальной оси — из положения 1 в положение П (новое положение гнезда показано на схеме тонкими линиями) — движение 5. По окончании работы инструмента, находящегося в шпинделе, автооператор А, поворачиваясь относительно горизонтальной оси (движение 6), захватывает одновременно оправки сменяемого и нового инструмента, вытаскивает их (ход 7) из гнезда и шпинделя и, поворачиваясь на 180° (ход 8), меняет их местами. Ходом 9 оправки подаются в гнездо ПО и шпиндель Ш.

Для возврата отработавшего инструмента в магазин гнездо ПО поворачивается на 90° , и вступает в работу автооператор ДА. В станке принята система кодирования гнезд магазина: каждый инструмент должен быть возвращен в свое гнездо. Поэтому во время выполнения рабочего перехода и смены инструмента в шпинделе осуществляется поиск нужного гнезда магазина. Инструмент сменяется при любом положении шпиндельной бабки, так как магазин перемещается по вертикальным направляющим стойки станка совместно со шпиндельной бабкой.

Конструкторам вертикального станка Mitsui Seiki VP4A (Япония) удалось совместить в одном узле функции дополнительного автооператора, кантователя и позиции ожидания (рис. 42). Корпус дополнительного автооператора ДА закреплен на конце штока гидроцилиндра Ц и может поворачиваться относительно горизонтальной оси. В начале цикла смены инструмента ДА находится в крайнем левом положении. Он захватывает оправку с инструментом из гнезда дискового магазина М и перемещается вправо. Здесь корпус ДА опрокидывается в положение, показанное на схеме, и инструмент оказывается в позиции ожидания. В нужный момент автооператор А производит смену инструментов в шпинделе Ш — захват поворотом вокруг своей оси, вытаскивание, поворот на 180° , смену.



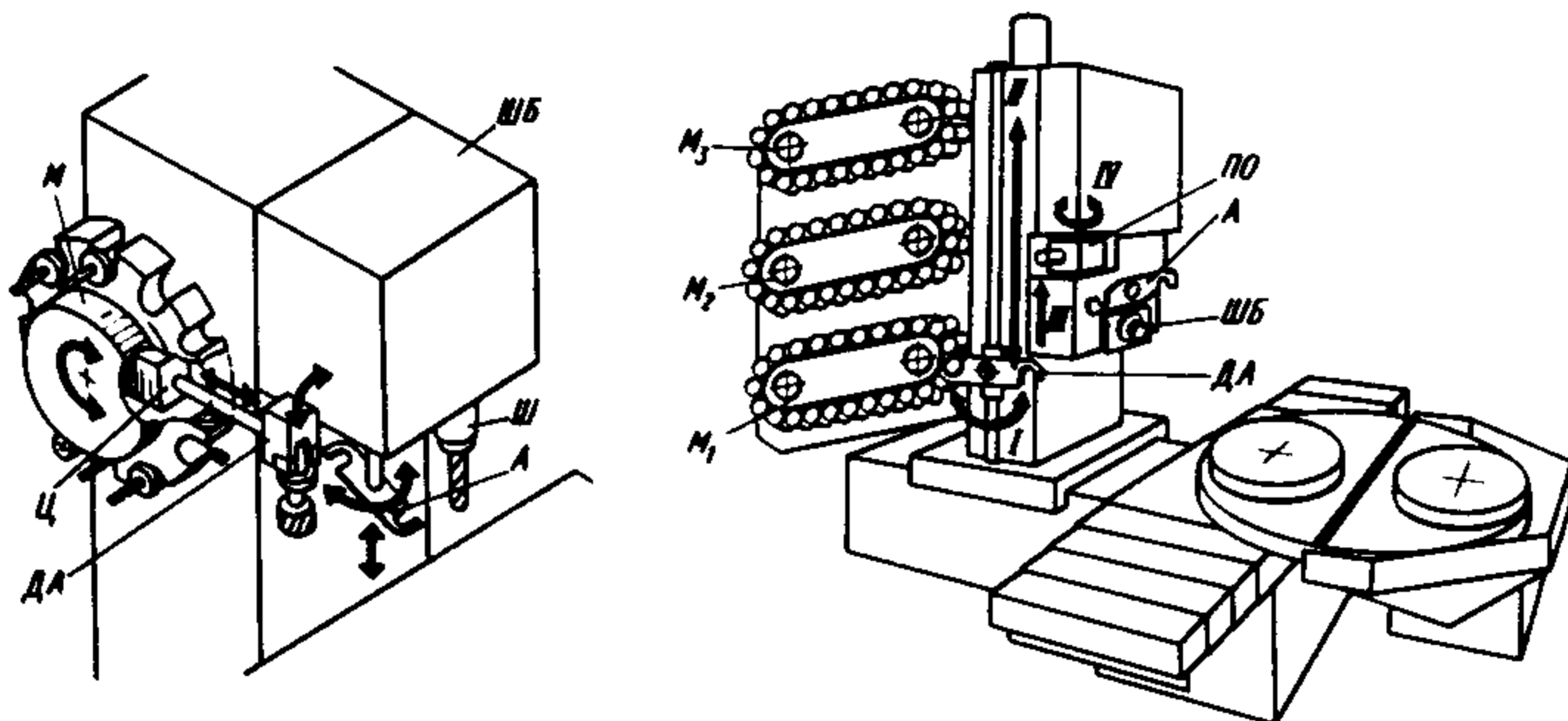


Рис. 42. Устройство смены инструментов комбинированным автооператором

Рис. 43. Устройство АСИ для МС с тремя магазинами

На МС, предназначенных для обработки сложных заготовок, требующих использования многих десятков инструментов, часто устанавливают несколько магазинов ограниченной емкости вместо одного. Это позволяет уменьшить габариты и упростить конструкцию каждого из них, сократить время поиска инструмента. Вместе с тем усложняется смена инструментов.

В станках Cincinnati — Milacron (США) (рис. 43) предусмотрена возможность установки от одного до трех цепных инструментальных магазинов (M_1 — M_3) емкостью по 30 шт. Все магазины одинаковой конструкции, т.е. использован модульный принцип проектирования.

Для смены инструментов использован принцип смены из позиции ожидания. Поворотное гнездо позиции ожидания ПО размещено так же, как автооператор А, на шпиндельной бабке ШБ. Смена инструмента производится при любом положении шпиндельной бабки. Это достигнуто за счет установки дополнительного автооператора ДА, имеющего в отличие от других устройств с позицией ожидания не только движения для переноса инструментов из магазина в эту позицию и обратно, но и еще одно движение — вертикальное по специальным направляющим стойки. Автооператор ДА может забрать оправку с инструментом из гнезда любого магазина (для этого он поворачивается на горизонтальной оси — движение 1 на схеме, вытаскивает оправку с инструментом из магазина — ход II) и перенести на уровень позиции ожидания, где вставить оправку в ее гнездо (движения III — IV). После этого вместе с оправкой поворачивается, и подготовка к смене инструмента заканчивается. Непосредственно смена инструментов в шпинделе выполняется, так же как во многих других станках, автооператором А.

УСТРОЙСТВА АСИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ НОСИТЕЛЕМ И АВТООПЕРАТОРОМ

Стремление удалить инструментальный магазин от рабочей зоны МС привело к разработке устройств АСИ, где кроме основного автооператора имеется какой-либо промежуточный носитель, обеспечивающий связь между шпиндельной бабкой и магазином.

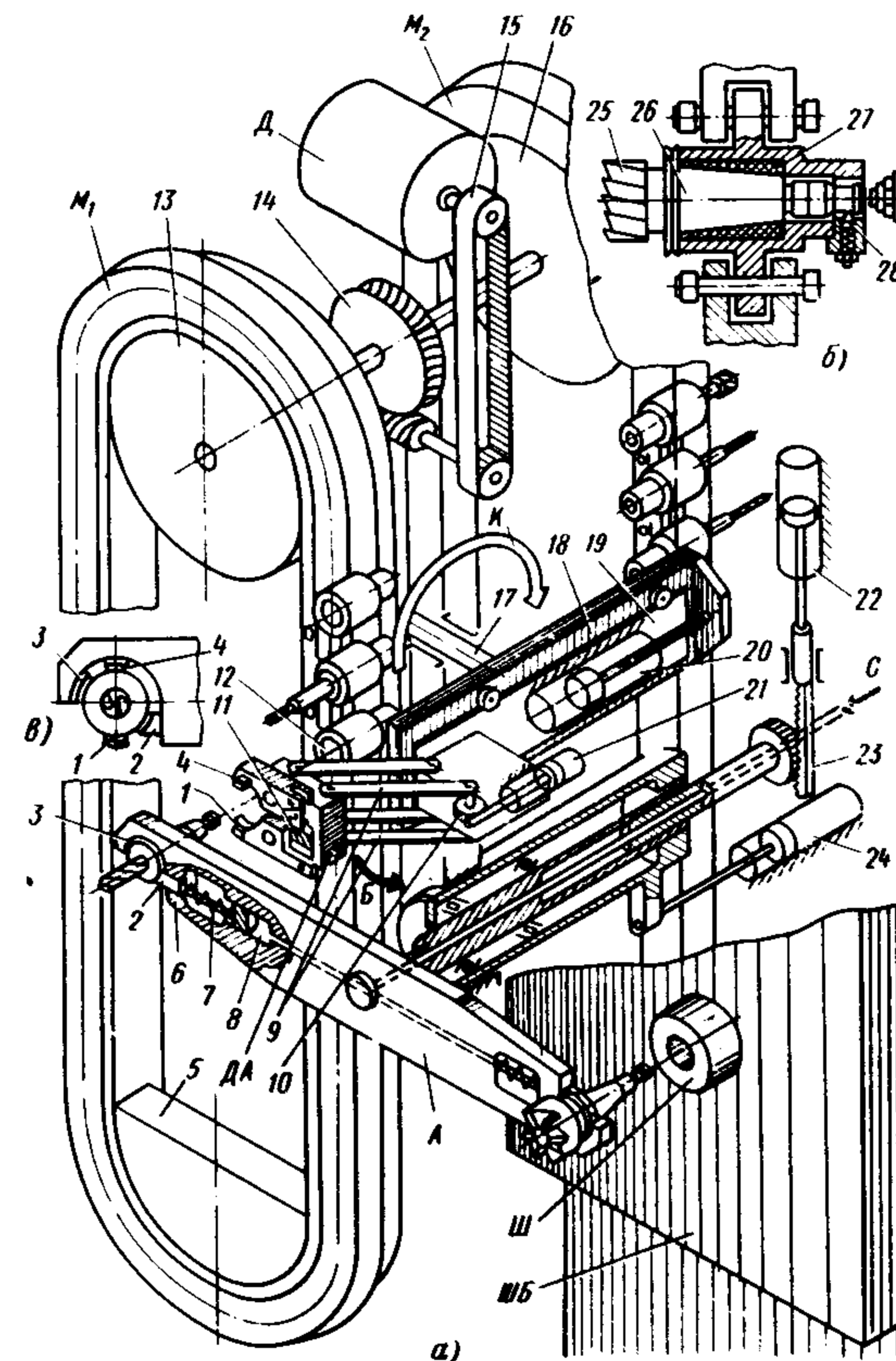


Рис. 44. Устройство АСИ для МС с двумя магазинами

Одним из примеров такого решения может служить МС, предназначенный для обработки сложных заготовок массой до 12 000 кг. Два цепных магазина M_1 и M_2 (рис. 44,а), емкостью 60 инструментов каждый, размещены в общем корпусе, установленном на салазках станка. Они приводятся в движение электродвигателем Д через зубчато-ременную 15, червячную 14 передачи и ведущие ролики 13 и 16. Сегменты 5 поддерживают и натягивают цепи. Каждое звено цепи магазина имеет гнездо (рис. 44,б) с пластмассовой конической втулкой 27 для инструментальной оправки 26 с закрепленным в ней инструментом 25. Оправка удерживается в гнезде подпружиненным фиксатором 28. В устройстве АСИ имеются два автооператора. Основной автооператор А (см. рис. 44,а) выполнен в виде двухзахватного поворотного рычага 6. Инструментальная оправка удерживается в каждом захвате автооператора упо-

ром 3 и фиксатором 2, который перемещается штоком гидроцилиндра 8, куда подается под давлением по каналу С масло от насоса. Для освобождения оправки масло на слив, и фиксатор 2 отходит от оправки под действием пружины 7. Так же как и в ряде других ранее рассмотренных устройствах АСИ, автооператор А имеет два движения: поворот относительно горизонтальной оси (с помощью гидроцилиндра 22 и реечно-шестеренчатой передачи 23) и перемещение вдоль оси (с помощью гидроцилиндра 24).

Второй, дополнительный автооператор ДА связывает первый автооператор с магазинами. Когда автооператоры сближаются, захваты 1 и 4 автооператора ДА оказываются между упором 3 и фиксатором 2 основного автооператора А (рис. 44,в), гидроцилиндр 11 поворачивает рычаги захватов 1 и 4, и они зажимают инструментальную оправку. Фиксатор 2 отходит, и происходит передача инструмента от одного автооператора к другому. Для переноса инструмента с оправкой в гнездо 12 магазина каретка 19 автооператора ДА перемещается вправо по направляющим качения гидроцилиндром 20. После этого захваты ДА раскрываются, и он отходит в нейтральное положение, чтобы не мешать движению цепи для поиска следующего инструмента (в станке кодируются гнезда магазина).

Для обслуживания магазина М₂ автооператор ДА гидроцилиндром 21 с помощью реечной передачи 10 и рычага 9 отводится в сторону по стрелке Б. Его корпус 18 поворачивается вокруг оси 17 на 180° (стрелка К) с помощью привода, не показанного на схеме. После этого ДА извлекает инструмент из гнезда магазина М₂ и вместе с ним возвращается в положение, показанное на рис. 44,а, для передачи инструмента в ранее освободившийся захват автооператора А.

В продольно-обрабатывающих МС целесообразно размещать инструментальный магазин на одной из стоек или рядом с ней. В этом случае удобно устанавливать или вынимать инструменты при наладке станка, магазин удален от рабочей зоны.

Такая компоновка принята в МС 6620МФ4 (рис. 45,а). Дисковый магазин М выполнен в виде самостоятельного агрегата с приводами поворота диска (для поиска инструмента) и вертикального перемещения. Корпус КА автооператора А прикреплен сбоку к шпиндельной бабке ШБ и при позиционировании перемещается вместе с ней. Связь между автооператором и магазином обеспечивает промежуточный носитель Н, установленный на каретке КН. В крайнем левом положении каретки КН но-

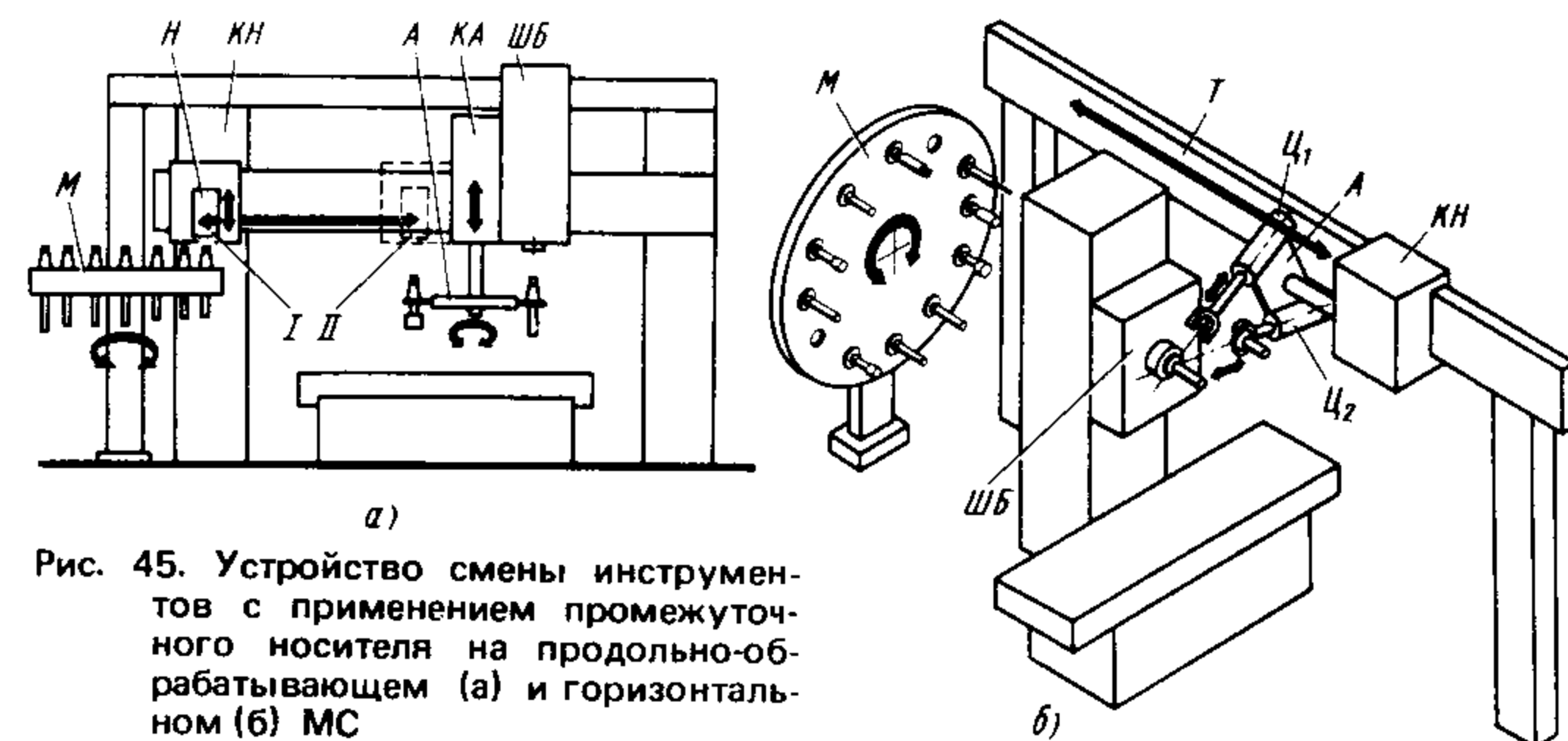


Рис. 45. Устройство смены инструментов с применением промежуточного носителя на продольно-обрабатывающем (а) и горизонтальном (б) МС

ситель Н захватывает за оправку нужный инструмент и ходом вверх вытаскивает его из магазина. Каретка совершает ход вправо из положения 1 в положение 2, где она автоматически сцепляется с корпусом автооператора КА. Теперь автооператор может, поворачиваясь, захватить одновременно инструмент, находящийся в шпинделе и в промежуточном носителе. При ходе вниз, повороте на 180° и возврате в исходное положение автооператор меняет инструменты местами, а затем поворачивается в среднее нейтральное положение, не мешающее работе шпинделя. Начинается очередной переход, во время которого промежуточный носитель транспортирует отработавший инструмент в магазин. Последующие действия — отвод носителя для поворота магазина, поиск следующего инструмента, подвод носителя для его захвата и транспортирование к автооператору — выполняются во время работы станка при любом положении шпиндельной бабки. Благодаря этому достигается существенная экономия времени по сравнению со способом смены инструментов движением шпиндельной бабки.

В горизонтальном МС С250/01НС (ГДР) барабанный магазин на 32 инструмента размещен на значительном расстоянии от рабочей зоны на отдельной стойке (рис. 45,б). Связь магазина со шпинделем обеспечивает автооператор А, закрепленный на каретке КН промежуточного носителя. Автооператор имеет два захвата с отдельным перемещением от гидроцилиндров Ц₁ и Ц₂. Возвратно-поступательное движение захватов при смене инструментов происходит по прямолинейным траекториям, пересекающимся с осью гнезда магазина или осью шпинделя.

В положении, показанном на схеме, верхний захват автооператора готовится захватить инструмент, находящийся в шпинделе. Для этого шток гидроцилиндра Ц₁ выдвинется вперед, и захват зажмет оправку инструмента. После освобождения инструмента каретка КН сместится вправо, и оправка с инструментом будет извлечена из шпинделя. Шток гидроцилиндра Ц₁ отойдет вместе с захватом и отработавшим инструментом. Гидроцилиндр Ц₂ подведет нижний захват, удерживающий инструмент, подготовленный к смене. При ходе корпуса КН влево сменяющий инструмент вставляется в отверстие шпинделя и закрепляется там с помощью оправки. Гидроцилиндр Ц₂ отводит освободившийся захват от шпинделя, и корпус КН перемещается по направляющим траверсы Т к магазину М. Здесь цикл работы захватов выполняется в обратном порядке: верхний захват загружает отработавший инструмент в свободное гнездо магазина и отходит, чтобы не мешать повороту магазина для поиска следующего инструмента. Затем нижний захват забирает очередной инструмент из магазина, и каретка КН движется к шпиндельной бабке ШБ — готовится следующая смена инструмента.

Расположение магазина удобно для загрузки — разгрузки инструмента наладчика, наблюдения за изнашиванием инструмента, а при необходимости — для временного извлечения для подналадки на размер и т. д. Все механизмы АСИ расположены отдельно от станка, и их работа не влияет на работу станка.

Главный недостаток рассмотренной компоновки — громоздкость конструкции, большая занимаемая производственная площадь. Применение ее оправдано для прецизионных станков, где необходимо устранение вибраций.

Сложные конструкторские задачи возникают при проектировании устройств АСИ, позволяющих подавать инструмент из магазина не в один, а в два шпинделя, расположенные взаимно перпендикулярно.

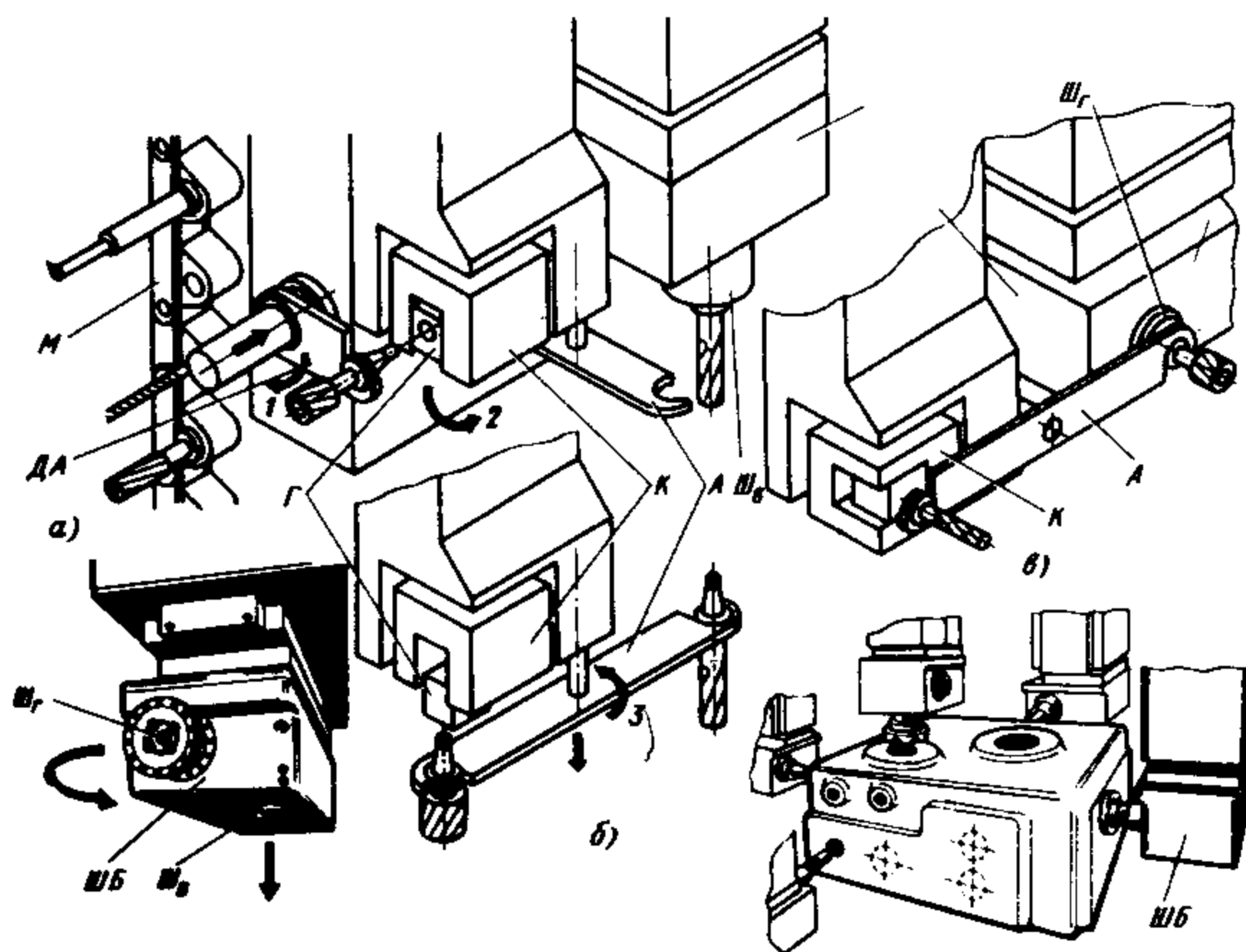


Рис. 46. Устройство смены инструментов в вертикальном (а, б) и горизонтальном (в) шпинделе

Наличие у станка двух этих шпинделей позволяет значительно расширить технологические возможности станка. Если на продольно-обрабатывающем МС с вертикальным шпинделем можно с одного установка обработать только горизонтально расположенные полости заготовки и перпендикулярные к ним отверстия, колодцы и т. п. элементы, то добавление второго — горизонтального шпинделя, размещенного к тому же в поворотной бабке, позволяет выполнить полную обработку сложной заготовки с пяти сторон. Примером такого устройства АСИ может служить система смены инструментов станка, приведенная на рис. 46. Шпиндельная бабка ШБ станка несет вертикальный ШВ и горизонтальный ШГ шпиндели и может поворачиваться вокруг вертикальной оси на угол, кратный 90° .

Смена инструментов выполняется основным А и дополнительным ДА автооператорами с использованием промежуточного кантователя К. В положении, показанном на рис. 46,а, автооператор ДА вставляет инструмент, извлеченный им предварительно из магазина М, в гнездо кантователя К (оно служит здесь позицией ожидания). Теперь нужно повернуть инструмент в вертикальное положение, параллельное оси вертикального шпинделя ШВ. Поэтому после того, как автооператор ДА займет нейтральное положение (поворот по стрелке 1), гнездо Г кантователя К опрокидывается (стрелка 2) вместе с инструментом и устанавливается вертикально. Вступает в работу автооператор А. Поворачиваясь (стрелка 3), он захватывает и вытаскивает инструменты из гнезда кантователя и шпинделя (рис. 46,б). Затем выполняются обычные действия по смене инструмента. Отработавший инструмент поступает в нужное гнездо магазина.

Если требуется подать инструмент в горизонтальный шпиндель ШГ, то после транспортирования его в гнездо кантователя и поворота гнезда на 90° кантователь разворачивается вокруг горизонтальной оси и оси меняемых инструментов оказываются в одной плоскости. Одновременно

происходит поворот корпуса автооператора А в ту же плоскость (рис. 46,в), а затем смена инструментов.

УСТРОЙСТВА АСИ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ГОЛОВОК

Виды и применение. На многооперационных станках применяют три вида инструментальных головок: одно- и многоинструментальные (многошпиндельные), револьверные.

Многоинструментальные — многошпиндельные головки давно и весьма эффективно используют на агрегатных станках, в автоматических линиях, в серийном производстве и на универсальных станках сверлильной группы. В мелко- и среднесерийном производстве используют переналаженные многошпиндельные головки.

При очень малой серийности производства использовать такие головки на многооперационных станках, как правило, экономически невыгодно из-за длительности проектирования, изготовления и высокой стоимости. Однако при увеличении серийности целесообразно часть отверстий в корпусных заготовках обрабатывать на МС с помощью многошпиндельных инструментальных головок. Для снижения стоимости головок их стремятся конструировать из унифицированных деталей, используя средства автоматизации расчета и проектирования. Корпуса головок обрабатывают на многооперационных станках.

В зависимости от расположения групп обрабатываемых отверстий, расстояния между ними и других факторов корпус многошпиндельной головки может иметь цилиндрическую (у небольших головок) или прямоугольную форму (рис. 47).

Примеры много-и одношпиндельных головок показаны на рис. 47. Для сверления нескольких одинаковых отверстий, расположенных в ряд, удобна головка, представленная на рис. 47,а. Все шпиндели головки получают вращение от ведущего вала 1, имеющего такую же форму, как и хвостовик стандартной (для данного типа гнезда шпинделя станка) инструментальной оправки.

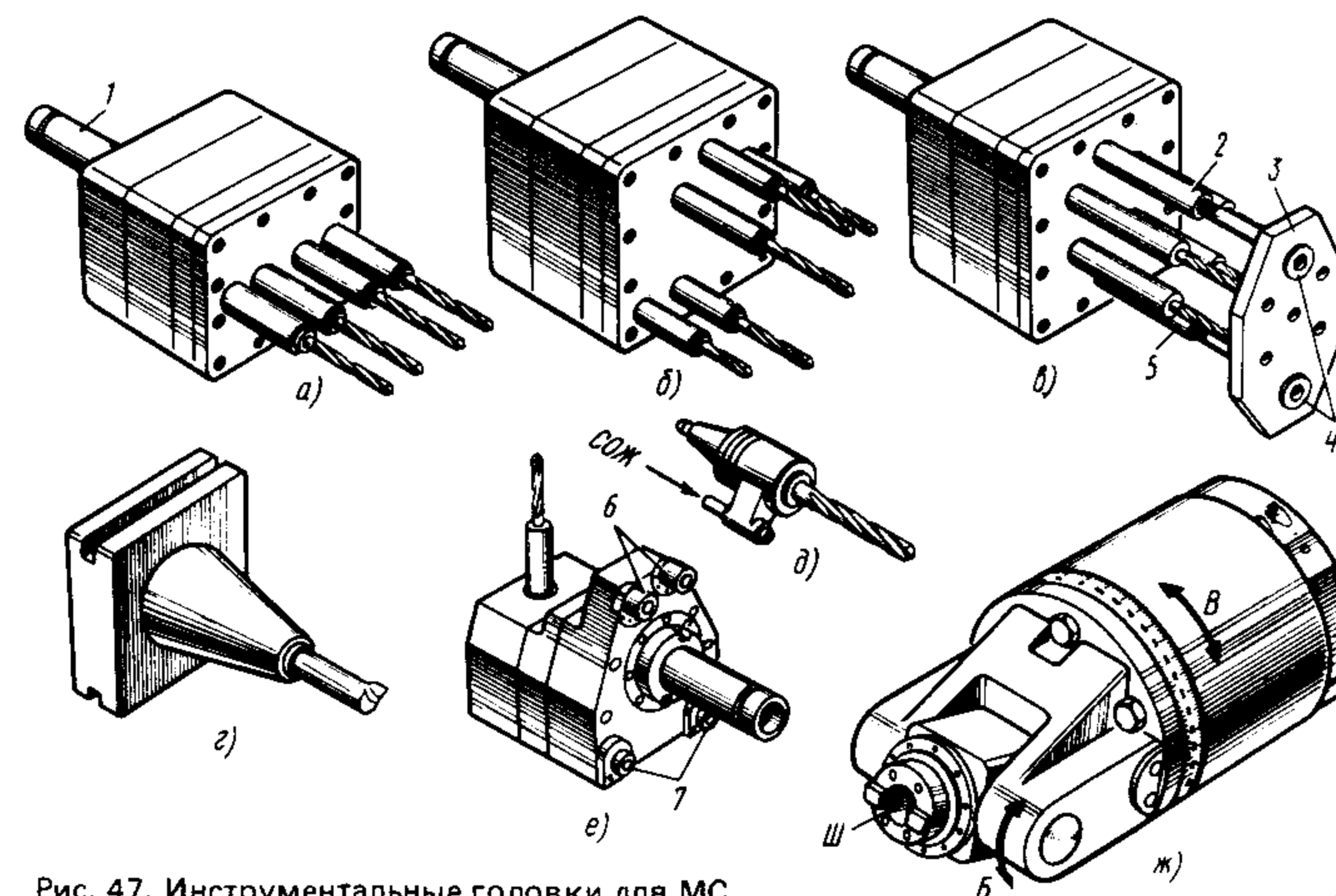


Рис. 47. Инструментальные головки для МС

Многошпиндельная головка, приведенная на рис. 47,б служит для обработки различно расположенных отверстий. Головка, показанная на рис. 47,в имеет подвесную кондукторную плиту 3, соединенную подпружиненными штангами 2 и 5 с корпусом головки. Такие головки используют при больших вылетах сверл и комбинации со специальным приспособлением для закрепления заготовки. Для точной ориентации кондукторной плиты по отношению к приспособлению в плите имеются базовые втулки 4, а на корпусе приспособления базовые штыри, сопрягающиеся с втулками при подходе головки в рабочую позицию. Одноинструментальная головка (рис. 47,е) служит для сверления отверстий, перпендикулярных оси шпинделя станка. На фланце ведущего вала головки имеются пазы, предназначенные для передачи валу вращательного момента от шпинделя. Базовые втулки 6, 7 служат для соединения корпуса головки со шпиндельной бабкой станка.

Одношпиндельная головка (рис. 47,д) предназначена для закрепления сверла с внутренним подводом СОЖ (смазочно-охлаждающей жидкости). СОЖ подается по трубопроводам, боковой прилив корпуса головки и далее через систему отверстий в центральное отверстие сверла, а затем в отверстия, расположенные вблизи режущих кромок инструмента.

Соединение шпинделя головки со шпинделем станка в этой конструкции обеспечивается коническим хвостовиком, входящим в посадочный конус шпинделя. Корпус головки при работе инструмента не вращается. Подобную форму имеют корпуса быстросверлильных и одно-или многошпиндельных головок, предназначенных для сверления отверстий малых диаметров. Внутри корпуса размещается система зубчатых передач, обеспечивающая увеличение частоты вращения инструментов по сравнению с максимальной частотой вращения шпинделя станка. Боковой прилив и штырь на корпусе головки препятствуют его вращению.

При обработке крупных заготовок появляется потребность в обработке точных отверстий, расположенных на значительном расстоянии от торца шпинделя МС, в глубине заготовки. Для увеличения жесткости расточной оправки ее закрепляют в корпусе одношпиндельной головки консольного типа (рис. 47,г).

Одношпиндельные головки используют также для закрепления торцовых фрез большого диаметра, крупных расточных головок и т.д. Для расширения технологических возможностей тяжелых МС эффективны сложные одноинструментальные головки различного назначения. Одна из них показана на рис. 47,ж. Режущий инструмент вставляется в посадочное отверстие шпинделя Ш головки или закрепляется на его торце. Корпус шпинделя можно поворачивать при настройке относительно оси (по стрелке Б) и вместе с передней частью корпуса головки (по стрелке В). Благодаря этому возможно получить самые различные положения инструмента по отношению к заготовке при неизменном горизонтальном положении оси шпинделя станка.

Система зубчатых передач, размещенных в головке, обеспечивает передачу крутящего момента от шпинделя станка к режущему инструменту.

Некоторое применение, особенно на МС средних и крупных размеров, нашли плансуппортные инструментальные головки.

Плансуппортные инструментальные головки. Плансуппорты давно применяют в универсальных расточных станках. Резец, расточная оправка или другой инструмент закрепляются в суппорте С, установленном в

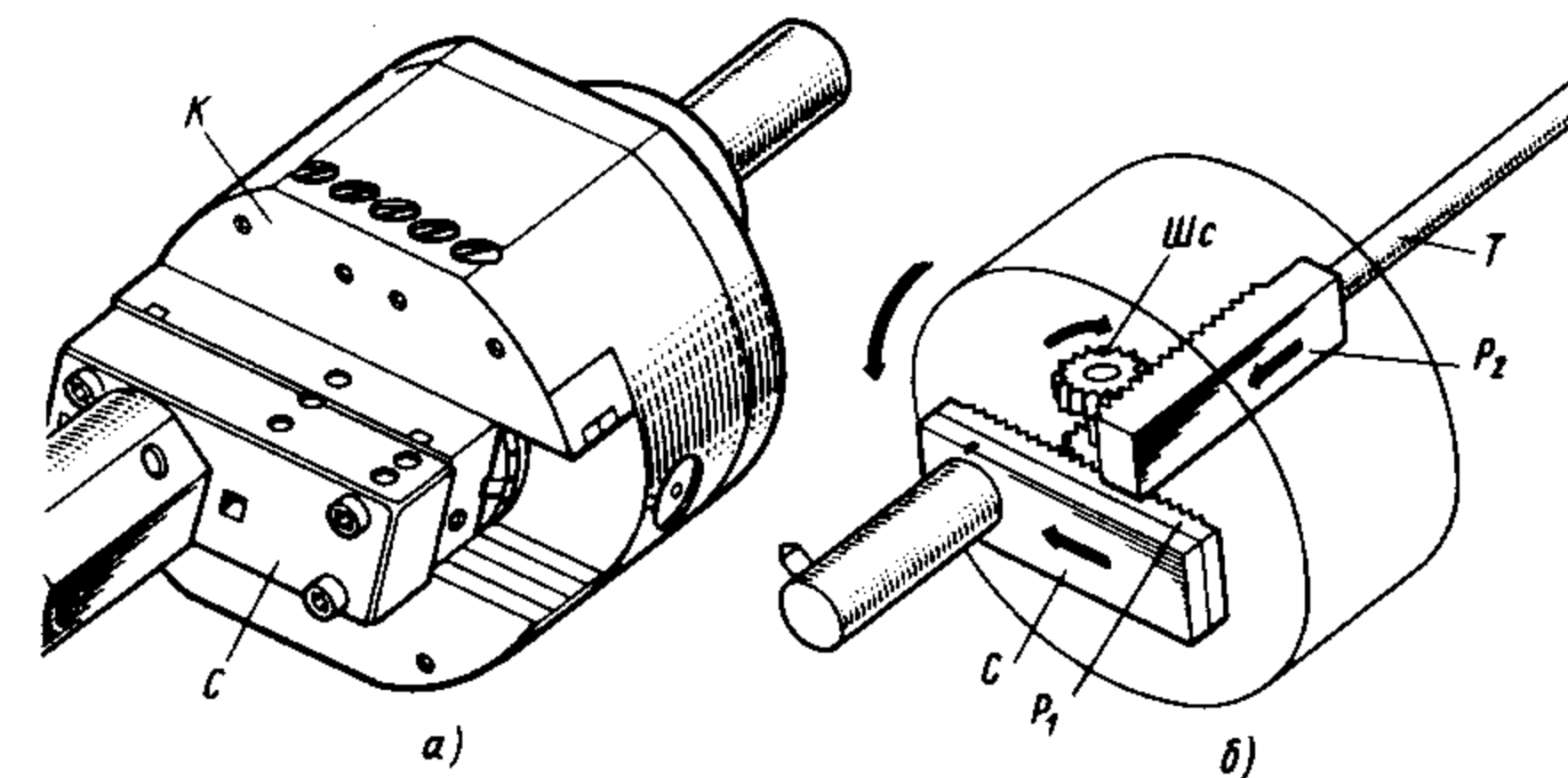


Рис. 48. Плансуппортная головка: а — общий вид; б — устройство

направляющих планшайбы (отсюда и название: "плансуппорт") или корпуса К инструментальной головки (рис. 48). При вращении планшайбы или корпуса суппорт может перемещаться в радиальном направлении с помощью реечно-зубчатой передачи. Одна из реек — P_1 прикреплена к суппорту, вторая — P_2 связана с тягой Т, проходящей через отверстие шпинделя. При перемещениях тяги вдоль оси шпинделя она поворачивает шестерню Шс. Вместе с ней поворачивается вторая такая же шестерня, которая передвигает рейку P_1 и суппорт с инструментом. Радиальная подача инструмента может быть использована для протачивания различных канавок, обработки круговых пазов фасонной формы, подрезания "обратных" торцов, нарезания резьбы и т. д.

Плансуппортные головки используют в тех случаях, когда конфигурация и размеры поверхностей вращения не позволяют обработать их концевыми, дисковыми или другими фрезами методом контурного фрезерования, или когда обработка однолезвийным инструментом более экономична. Применение плансуппортных головок особенно эффективно для МС с позиционными системами программного управления, где контурное фрезерование выполнить невозможно.

Крупные одношпиндельные и большинство многошпиндельных головок имеют значительные габариты и массу, требуют жесткое крепление на станке, поэтому автоматизация смены инструментальных головок связана с решением специфических задач.

Для базирования корпуса головки на шпиндельной бабке станка используют прямолинейные направляющие и фиксаторы или цилиндрические и конические посадочные поверхности. Для закрепления головки используют чаще всего сухари, входящие в Т-образные пазы корпуса, связанные тягами с гидроцилиндрами, или поворотные штыри с головками овальной формы, входящие в такие же отверстия корпуса. С помощью гидроцилиндров штыри проходят через отверстия, разворачиваются на 90° и обратным ходом штоков цилиндров плотно поджимают корпус головки к шпиндельной бабке. Корпус закрепляется в четырех точках.

Револьверные головки применяются как носители инструментов в станках с ЧПУ. В отличие от головок, устанавливаемых на токарно-револьверных станках, револьверные головки, предназначенные для обработки корпусных заготовок вращающимися инструментами, служат не только для закрепления инструментов и подачи в рабочую зону станка, но и для вращения. Поэтому в корпусе головки приходится разме-

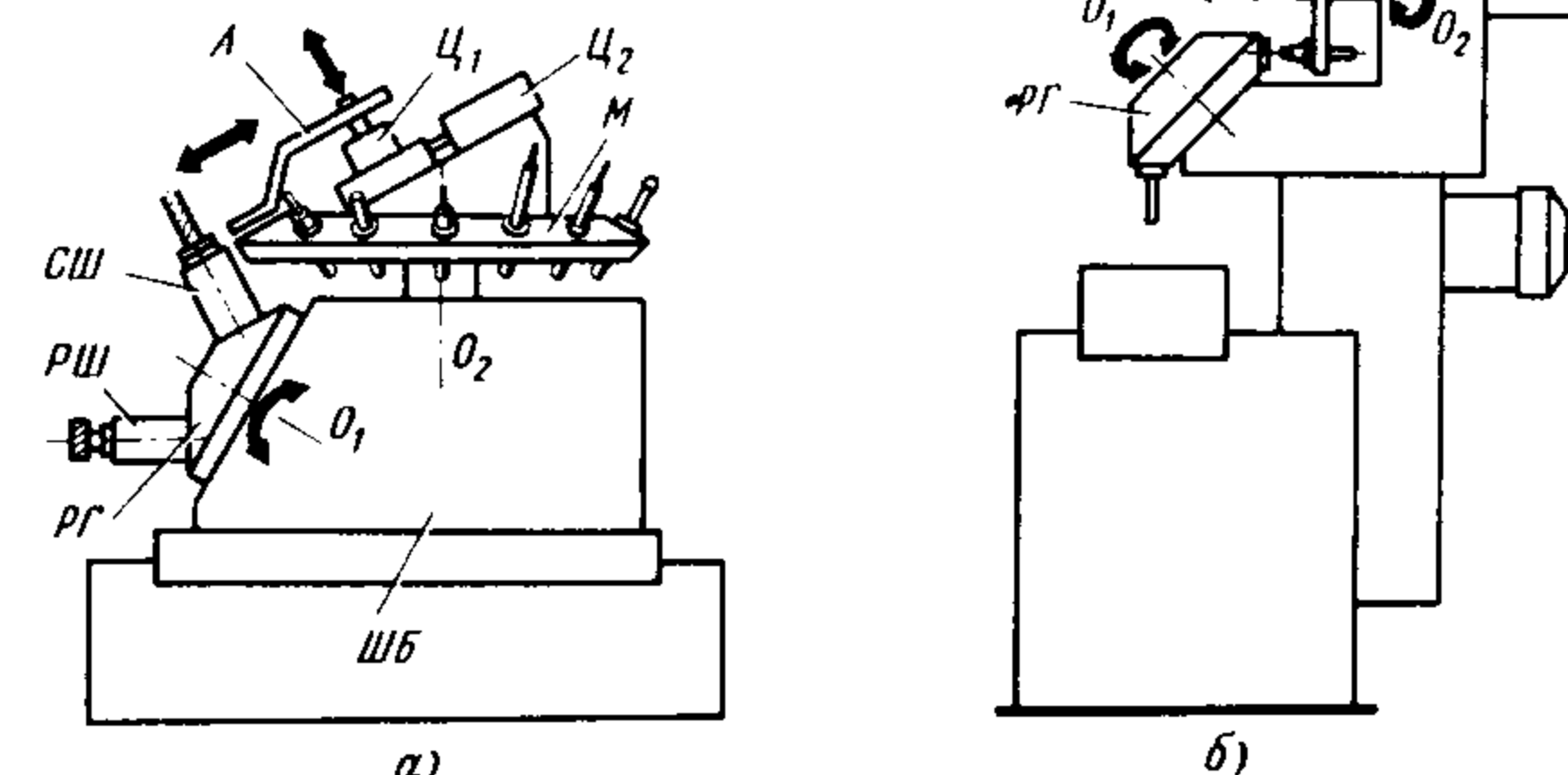
щать зубчатые колеса, подшипники, муфты и другие детали, необходимые для передачи вращения шпинделю и инструменту, находящемуся при выполнении очередного перехода в рабочей позиции. Револьверная головка должна обладать высокой жесткостью, позволяющей выполнять грубые работы и вместе с тем обеспечивать высокую точность при чистовой обработке. Выполнить эти требования при приемлемых габаритах корпуса головки очень трудно. Близко разместить инструменты в револьверной головке нельзя, — работающему инструменту будут мешать соседние. Обычно головка имеет пять-шесть инструментальных гнезд и редко более восьми. Поэтому револьверные головки нашли широкое применение только в МС токарной группы.

Конструкции револьверных головок для токарных МС весьма разнообразны, но можно выделить два принципиально различных типа: для невращающихся (резцов, расточных пластин, блоков, сверл и других инструментов для обработки отверстий) и вращающихся инструментов.

Головки второго типа служат для установки сверл и других инструментов при обработке отверстий, не совпадающих с осью вращения заготовки (параллельных, перпендикулярных ей и т. д.), а также для выполнения фрезерных и других работ. Принудительное вращение — от специального электро- или гидродвигателя — получает только тот инструмент, который в данный момент находится в рабочей позиции револьверной головки (напротив заготовки). По одной-две револьверные головки размещают непосредственно на суппортах токарного МС или в поворотном корпусе. Всего на токарном МС может быть установлено две-три револьверные головки, часто в сочетании с инструментальным цепным магазином. В МС для обработки корпусных заготовок приводные револьверные головки применяют только в комбинации с магазинами. Одна из позиций головки — рабочая, служит для вращения работающего инструмента, а другая диаметрально противоположная — для смены отработавшего. Передача инструментов (как всегда, закрепленных в стандартных оправках) из магазина в гнездо головки и обратно выполняется автооператором во время работы станка. Поэтому остановка шпинделя нужна только во время поворота револьверной головки на 90° .

Рассмотрим примеры компоновок приводных револьверных головок с магазинами и автооператорами. На шпиндельной бабке ШБ (рис. 49,а) станка установлена револьверная головка РГ, шпиндель РШ которой, расположенный горизонтально, получает вращение от двигателя главного движения. Второй шпиндель СШ находится в это время в положении смены инструментов и не вращается. Запас инструментов (30 шт.) создается в дисковом магазине М, установленном наверху шпиндельной бабки. Для передачи инструментов из магазина в револьверную головку и обратно служит автооператор А. В положении, показанном на схеме, автооператор начал движение вперед к шпинделю СШ. Перемещает его по наклонным направляющим штоку гидроцилиндра Ц₂. Перед этим осуществлен поиск гнезда магазина для отработавшего инструмента. Магазин повернулся относительно оси О₂ в положение, когда свободное гнездо оказалось перед шпинделем СШ. В конце хода вперед захват автооператора зажимает оправку инструмента, находящегося в револьверной головке. Подается команда на подъем автооператора штоком гидроцилиндра Ц₁. Инструментальная оправка извлекается из шпинделя головки. Включается ход вправо штока гидроцилиндра Ц₂, оправка

Рис. 49. Устройство смены инструментов с помощью револьверных головок на станках горизонтального (а) и вертикального (б) типов



переносится к своему гнезду магазина, а затем с помощью гидроцилиндра Ц₁ вставляется в него. Автооператор отводится в нейтральное положение с тем, чтобы не мешать поиску следующего инструмента. Происходит поворот магазина на нужный угол, и инструмент, подготовленный к смене, оказывается против освободившегося шпинделя СШ. Автооператор переносит инструмент в посадочное отверстие шпинделя.

Все эти действия выполняются при работающем шпинделе РШ. По окончании рабочего перехода револьверная головка поворачивается относительно оси О₁ на 180° , и новый инструмент вступает в работу. Отработавший инструмент попадает в позицию смены.

Существенный недостаток такого устройства АСИ — трудность достижения высокой жесткости узла револьверная головка — шпиндель. Поэтому его применение целесообразно в мелких МС, где силы резания небольшие (рис. 49,б). Из дискового магазина М емкостью 12 инструментов захват автооператора А извлекает оправку с инструментом и после поворота относительно горизонтальной оси вставляет в гнездо револьверной головки РГ, откуда перед этим второй захват автооператора извлек отработавший инструмент (этот инструмент подается в освободившееся гнездо магазина). Для перемещения автооператора вдоль оси О₂ служит гидроцилиндр Ц. Приводы поворота магазина относительно оси О₃ и револьверной головки относительно оси О₁ на рисунке не показаны.

Устройства для автоматической смены инструментальных головок. Существует несколько способов создания запаса многошпиндельных головок и устройств для их автоматической смены: 1) из магазина, общего для одиночных инструментов и многошпиндельных головок; 2) из двух-или многопозиционного магазина, размещенного отдельно от станка.

Использование общего магазина для всех инструментов и многошпиндельных головок удобно с точки зрения универсальности магазина, устройства АСИ и гибкости смены. Он применяется в дисковых магазинах, устанавливаемых сверху на шпиндельную бабку станка, и в магазинах большой емкости, расположенных вертикально около стойки станка.

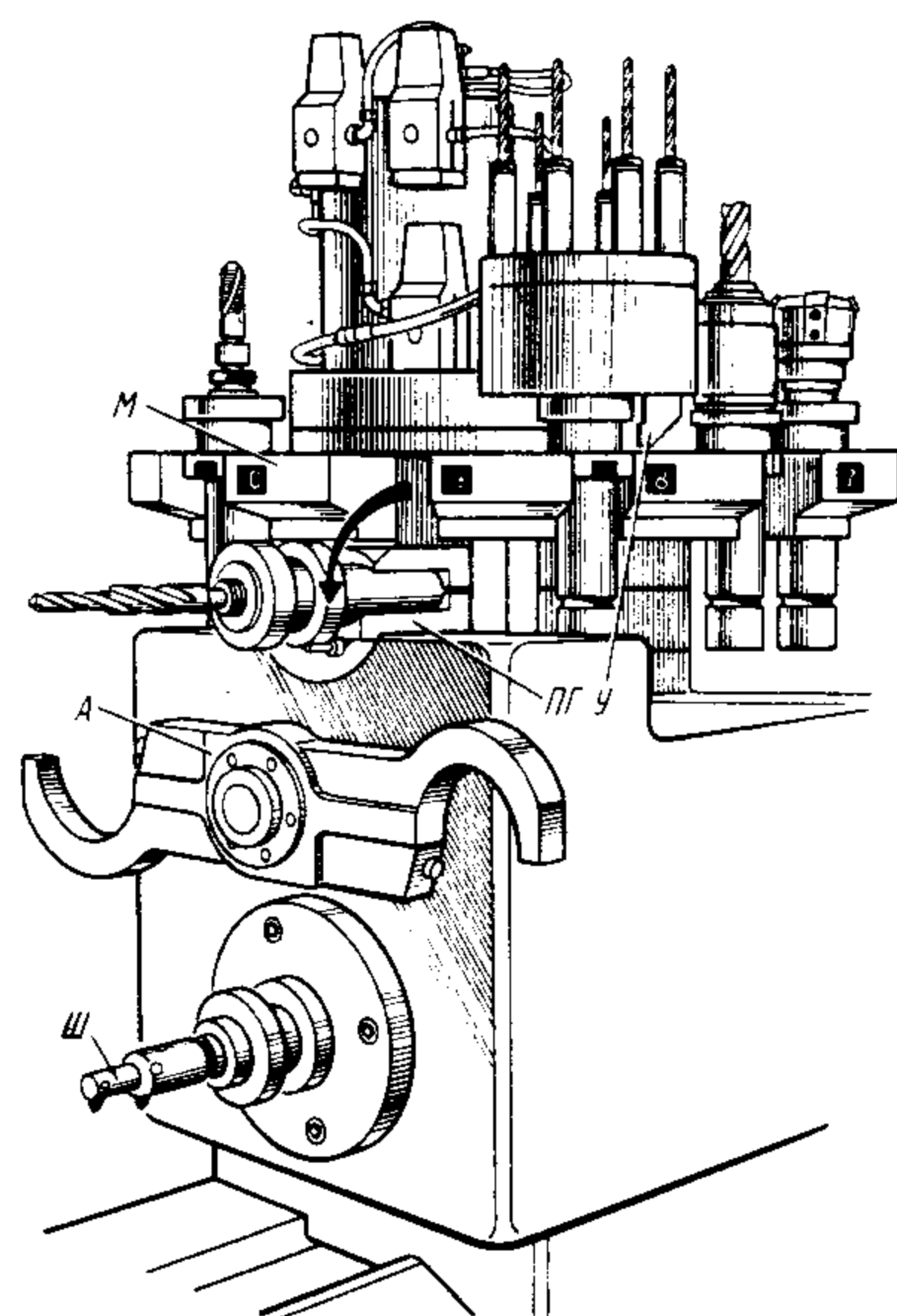
Компоновка устройства первого типа показана на рис. 50. Диско-

вый магазин М установлен на шпиндельной бабке станка и имеет вертикальную ось поворота. Оправки с закрепленными в них режущими инструментами вставлены в радиальные пазы — гнезда магазина. Часть гнезд (7-10) занята оправками с одиночным инструментом, а в гнезде 8 находится оправка с многошпиндельной сверлильной головкой.

Перенос каждой оправки в шпиндель Ш выполняется автооператором А. Перед этим оправка зажимается в разрезном поворотном гнезде ПГ, имеющемся в позиции смены инструмента, и опрокидывается в горизонтальное положение (по стрелке). Оправка с многошпиндельной головкой подается в шпиндель аналогичным образом, с той разницей, что корпус оправки, определенным образом ориентированный в угловом положении, фиксируется в этом положении по отношению к шпиндельной бабке с помощью имеющегося на корпусе специального упора У. Поэтому при вращении ведущего вала головки вместе с оправкой и шпинделем корпус остается неподвижным.

В устройстве второго типа многошпиндельная инструментальная головка своей оправкой вставляется в гнездо цепного магазина. Передача головки в шпиндель осуществляется теми же механизмами, что и для одноинструментальных оправок. Этот способ хранения и смены многошпиндельных головок имеет существенные недостатки: консольное размещение головки в гнезде цепи магазина создает неблагоприятное распределение нагрузок, вызывающих искривление цепи; при перемещениях цепи возникают значительные переменные по величине и направлению нагрузки на привод магазина.

Учитывая, что многошпиндельные головки нужны только для нескольких групп отверстий, а большинство поверхностей заготовок обрабатываются одиночными инструментами, целесообразнее размещать многошпиндельные головки неподвижно и отдельно от основного магазина.



И только в тот момент, когда потребуется соответствующая головка, передавать ее на станок. Такое принципиальное решение является в настоящее время преобладающим.

Один из сравнительно простых способов хранения и смены расточных и многошпиндельных головок является установка рядом со стойкой горизонтального МС двухместного двухпозиционного магазина (рис. 51). Корпус магазина М выполняется в виде жесткой металлоконструкции с двумя рядами направ-

Рис. 50. Инструментальный магазин для отдельных инструментов и многошпиндельных головок с устройством АСИ

ляющих H_1 и H_2 , размещенных друг над другом. По направляющим может перемещаться с помощью гидроцилиндра корпус инструментальной головки. Для подачи головки на станок шпиндельная бабка ШБ перемещается по стойке станка вверх или вниз до совмещения направляющих H_3 с направляющими магазина.

Головка передвигается вправо до совмещения осей оправки с осью шпинделя Ш₂. Происходит фиксация головки и ее закрепление (например, с помощью головок Г, входящих в Т-образные пазы корпуса головки). Для соединения оправки головки со шпинделем он подается вперед ходом вдоль своей оси.

Вторая расточная или многошпиндельная головка устанавливается в другую позицию магазина. После окончания работы первой головки шпиндельная бабка перемещается до уровня свободных направляющих магазина, и головка возвращается в магазин. Чтобы использовать вторую инструментальную головку, смещают шпиндельную бабку к следующей позиции магазина. Сменяющая головка подается гидроцилиндром в рабочую позицию. Для вращения сменных головок удобно использовать отдельный шпиндель и привод повышенной мощности. Поэтому на многих МС размещают по два шпинделя: для одиночного инструмента, сменяемого из цепного магазина, Ш₁, и для привода сменных головок — Ш₂.

В некоторых МС используют многопозиционные двухрядные магазины инструментальных головок. Из одного ряда головки последовательно передаются к шпинделю станка, а после использования возвращаются во второй ряд магазина.

В связи с тем, что основная часть переходов обработки крупных заготовок выполняется одиночными инструментами, размещенными в цепном магазине, можно использовать упрощенные однорядные компоненты магазинов инструментальных головок, хотя это и связано с некоторым увеличением времени их автоматической смены. Такой магазин используется в станке ИР-1600МФ4 (рис. 52). Магазин выполнен в виде станины, на которой размещены в один ряд подставки с поворотными плитами П, на которые устанавливают инструментальные головки ИГ. Вдоль магазина по направляющим может передвигаться каретка К, предназначенная для транспортирования головок к шпиндельной бабке ШБ станка и обратно.

По команде на подачу инструментальной головки каретка подъезжает к нужной позиции магазина, и на нее опускается нужная головка, предварительно повернутая вместе со своей плитой в вертикальное положение. Происходит сцепление корпуса головки с кареткой и передвижение вправо на направляющие, и по ним к левому шпинделю. Здесь головка закрепляется, ее ведущий вал сцепляется со шпинделем, а каретка удаляется

Рис. 51. Двухместный магазин для инструментальных головок

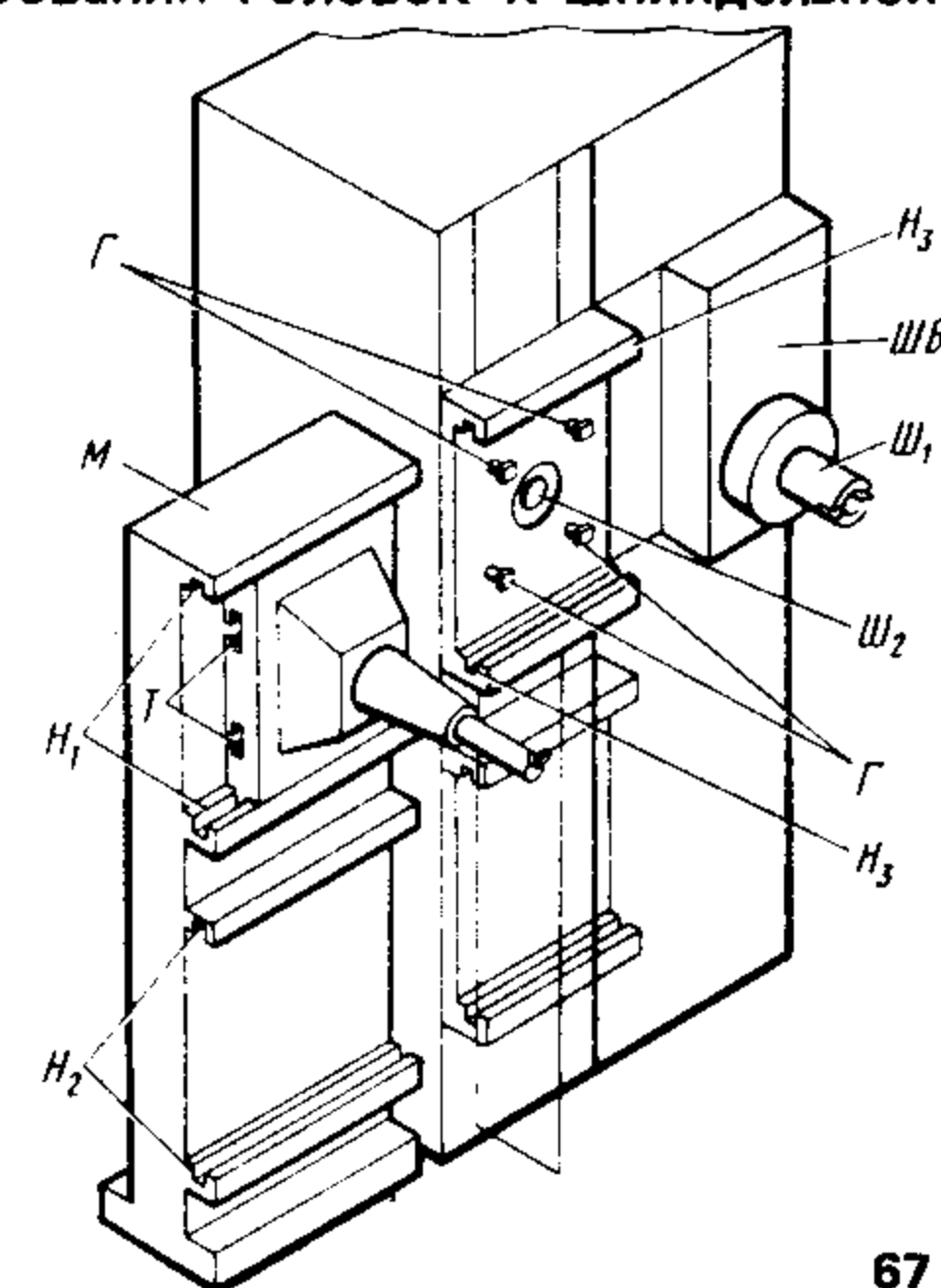
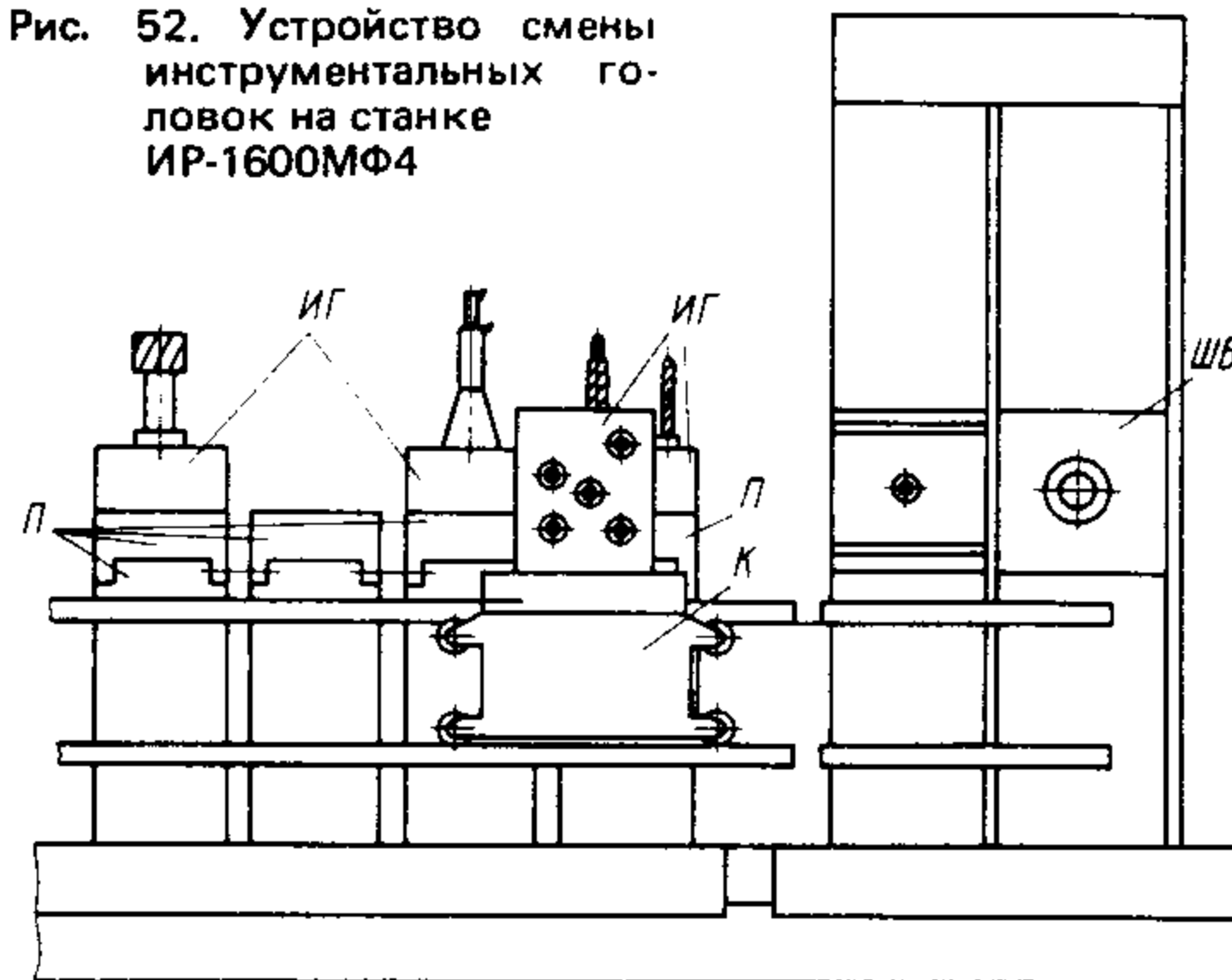


Рис. 52. Устройство смены инструментальных головок на станке ИР-1600МФ4



из рабочей зоны. Отрабатывшая головка переносится в свободную позицию магазина, а вместо нее переводится и закрепляется на шпиндельной бабке следующая.

Существуют и другие компоновки однорядных магазинов. Так, например, магазин МС фирмы Scharmann (ФРГ) выполнен в виде массивной стойки с полками для инструментальных головок различного назначения. В связи с большой массой каждой головки они извлекаются из магазина путем перемещения горизонтального ползуна шпиндельной бабки. Стойка станка передвигается по своим горизонтальным направляющим к месту, где установлен магазин. Шпиндельная бабка поднимается до уровня нужной полки, выдвигается пиноль шпинделя, и происходит прочное соединение корпуса головки с пинолью, а ведущего вала головки — со шпинделем. Вслед за этим пиноль отодвигается, извлекающая головку из магазина, и стойка передвигается к месту, где на столе или плитном настиле закреплена ожидающая обработки заготовка.

УНИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТОВ

Разнообразие типов и конструкций устройств АСИ затрудняет организацию их серийного производства, усложняет наладку, эксплуатацию, ремонт, снижает производительность многооперационных станков. Поэтому понятно стремление инженеров создать на основе обобщения накопленного опыта такой тип или ограниченное количество типов устройств АСИ, которые можно было бы использовать на разных многооперационных станках с различным относительным расположением инструментов в шпинделе станка и магазине, надежным в работе, ремонтнопригодным.

Большая научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа в этой области проведена в последние годы в СССР в связи с разработкой комплекса многооперационных станков АКМ-26. ЭНИМС разработал унифицированную систему хранения и автоматической смены инструмента, изготовление которой можно организовать в условиях крупносерийного производства с использованием высокопроизводитель-

ного оборудования и прогрессивных технологических процессов и обеспечить сравнительно невысокую стоимость системы, возможность централизованного снабжения заводов запасными частями для ремонта систем и т. д.

Новая система получила название АКМ-26-АСИ (система автоматической смены инструмента для комплекса АКМ-26). Она спроектирована в нескольких модификациях, отличающихся компоновками устройств АСИ и размерами составных элементов.

Емкость цепных магазинов, входящих в систему, может изменяться от 20 до 100 шт., максимальная масса одного инструмента, устанавливаемого в магазин, 15 или 30 кг, длина 400 или 500 мм.

Вспомогательный инструмент (оправки) может вставляться в шпиндели с консолью 7 : 24. Расположение шпинделя на станке может быть различным — горизонтальным, вертикальным, горизонтальным и вертикальным (для МС с поворотным шпинделем или с двумя взаимно перпендикулярными шпинделями).

Система АКМ-26-АСИ состоит из следующих основных элементов: инструментального магазина цепного типа, устанавливаемого вертикально на стойке станка или рядом с ним; автооператора, установленного на каретке, предназначенной для транспортирования инструментов от магазина к шпинделю и обратно; траверсы, по которой перемещается каретка автооператора; механизма слежения, служащего для вертикального перемещения траверсы с автооператором на станках с вертикально-подвижной шпиндельной бабкой (это позволяет менять инструменты при любом положении шпиндельной бабки); устройства управления.

Общая компоновка устройства смены инструментов принята близкой к той, которая достаточно хорошо проверена в ряде МС (см. выше устройство для станка ИР-1600МФ4 и подобные устройства зарубежных фирм). Рассмотрим особенности системы АКМ-26-АСИ.

Устройство АСИ (рис. 53) универсально. Оно позволяет подавать инструмент из магазина в шпиндель как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Перемещение каретки автооператора по траверсе и поворот автооператора А производятся от общего привода.

На корпусе 11 каретки установлен гидравлический или электрический высокомоментный регулируемый двигатель 17, вращающий вал с расположенными на нем электромагнитными муфтами 10 и 7. При включении муфты 10 вращение вала двигателя через зубчатое колесо 8 передается промежуточному валу и зубчатым колесам 9, 12, 13 и 14. На концах вала закреплены зубчатые колеса 15 и 19, сцепленные с верхней 22, расположенной на направляющей 21 и нижней 25 зубчатыми рейками траверсы 23. Зубчато-реечные передачи обеспечивают перемещение каретки по траверсе.

Если вместо муфты 10 включить муфту 7, тот же двигатель 17 будет вращать червяк 6 и червячное колесо 5, связанное конической передачей 2-1 с автооператором А. Произойдет поворот автооператора относительно горизонтальной оси O_1 .

Расположение устройства АСИ на станке горизонтальной компоновки показано на рис. 53,б. Автооператор А переносит инструмент от магазина М к шпинделю по траверсе Т, состоящей из трех частей: двух прямых и средней криволинейной.

Базирование каретки автооператора на направляющих траверсы обеспечивают верхний опорный ролик 18, два боковых 16 и 20 и два

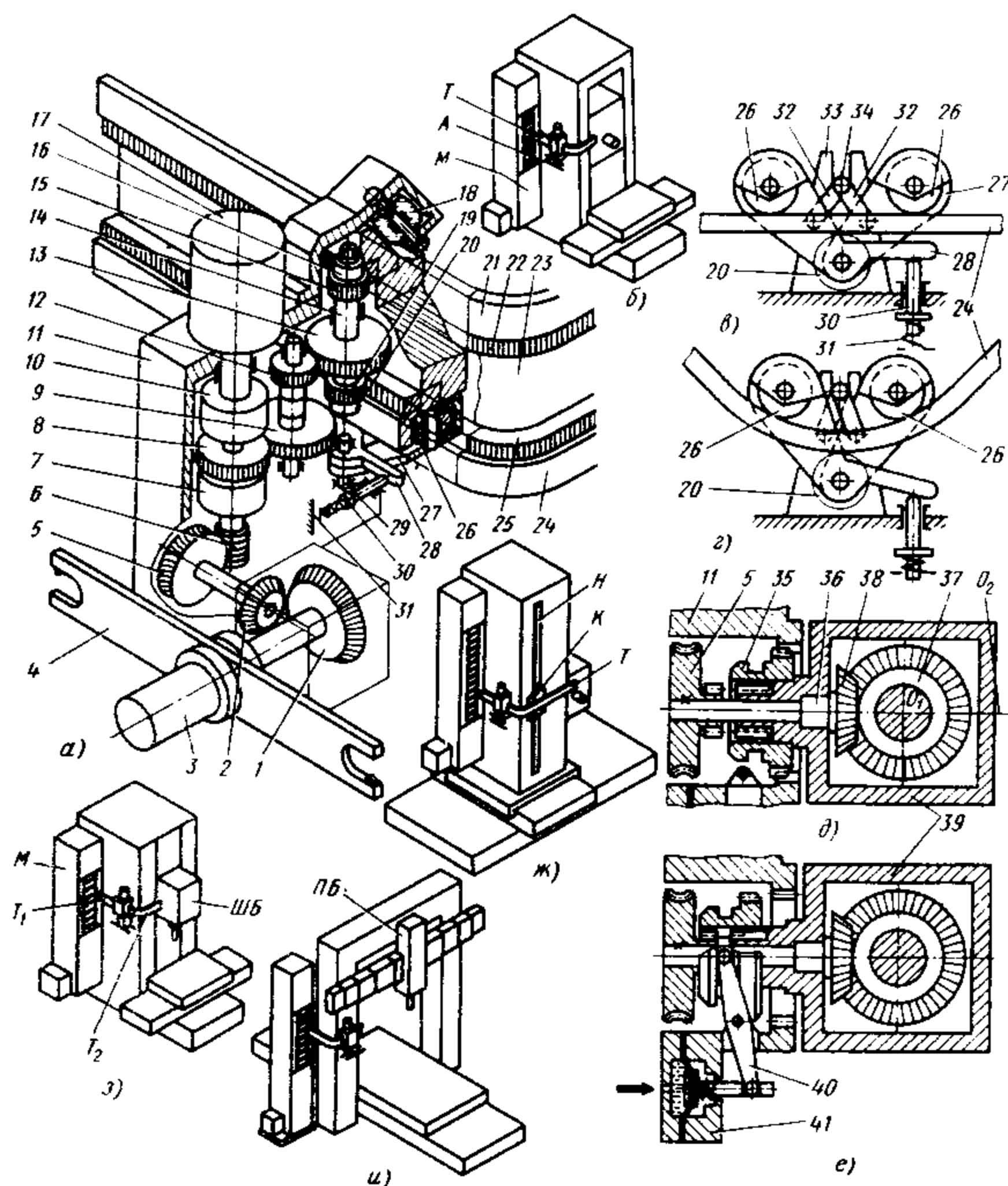


Рис. 53. Унифицированное устройство АСИ

ролика 26 поджимных (рис. 53, а, б, г). Эти ролики расположены на оси 29 качающихся рычагов 27 и 28, связанных тягами 32 с роликом 34, находящимся в пазу кронштейна 33.

Для устранения зазоров в подвижных сопряжениях каретки и направляющих пружина 31, воздействующая через толкатель 30 на выступающий конец рычага 28, поджимает оба ролика к направляющей 24. Шарнирная система, связывающая прижим 26 и боковой 20 ролик, обеспечивает устойчивое положение каретки при движении по прямолинейным и криволинейному участкам траверсы 24 (сравните рис. 53, в и г).

Для станков с вертикальным или комбинированным шпинделем необходимо обеспечить поворот инструмента перед сменой в вертикальное положение. В этом случае вместо простой конической передачи используют механизм, показанный на рис. 53, д, е. Поворотный корпус 39 автооператора надет ступицей на вал 36 конической шестерни 38 привода. На ступице находится муфта 35 с наружными (справа) и внутренними (слева) зубьями. В правом положении муфты ее наружные зубья сцеплены с внутренними зубьями корпуса 11 каретки автооператора, а внутренние — с наружными зубьями ступицы корпуса 39. При вращении червячного колеса 5 вместе с ним поворачиваются конические шестерни 37 и 38, и автооператор А поворачивается относительно

горизонтальной оси O_1 так же, как на рис. 53, а. Если же муфту 35 сдвинуть влево (рис. 53, е), она своими внутренними зубьями соединит ступицы червячного колеса 5 и поворотного корпуса 39. Одновременно муфта выйдет из зацепления с корпусом 11 каретки автооператора. Теперь при повороте червячного колеса 5 вместе с ним будет поворачиваться относительно оси O_2 корпус 39 автооператора. После поворота на 90° ось инструмента, находящегося в захвате 4 автооператора, расположится вертикально.

Как видно, рассмотренный механизм позволяет выполнять поворот автооператора относительно двух взаимно перпендикулярных осей. Переключение муфты 35 обеспечивается гидравлической диафрагменной камерой 41, шток которой связан с муфтой рычагом 40.

Осевое перемещение автооператора во всех вариантах устройства обеспечивается гидроцилиндром 3, корпус которого несет автооператор, а шток скреплен с конической шестерней. Подача масла под давлением в полости гидроцилиндра обеспечивается через отверстия, имеющиеся в его штоке.

Захват инструмента из магазина или из шпинделя происходит в крайних положениях каретки автооператора на траверсе. Для этого губки захватов 4 подпружинены.

На рис. 53 б, ж-и показаны некоторые варианты компоновок системы АКМ-26-АСИ. Устройство АСИ-11 (рис. 53,б) предназначено для горизонтальных станков с размещением шпиндельной бабки в проеме портала. Цепной магазин М закрепляется на боковой стенке портала, траверса Т, несущая каретку автооператора, — на шпиндельной бабке ШБ. Смена инструмента в шпинделе может выполняться при любом положении шпиндельной бабки по высоте.

Устройство АСИ-2 (рис. 53,ж) рекомендуется для станков с консольным расположением шпиндельной бабки. Правая часть траверсы Т здесь удлинена, а для перемещения траверсы с кареткой вверх — вниз используется каретка К механизма слежения, размещенная на вертикальных направляющих Н. Механизм слежения обеспечивает подъем или опускание траверсы с автооператором для смены инструмента в положение, занимаемое шпиндельной бабкой по окончании очередного перехода.

Устройство АСИ-3 (рис. 53,з) предназначено для вертикальных МС. Магазин М закрепляется на стойке станка слева, а траверса делается составной (T_1 , T_2). Прямолинейная ее часть T_1 закрепляется неподвижно на стойке. Здесь находится каретка автооператора в ожидании команды на смену инструмента. Закругленная часть T_2 траверсы прикрепляется к шпиндельной бабке ШБ и перемещается по вертикали вместе с ней. Смена инструментов производится всегда при крайнем положении шпиндельной бабки, когда обе части траверсы совмещены.

Устройство АСИ-4 (рис. 53,и) — один из вариантов компоновок для продольно-обрабатывающих МС. Цепной магазин большой емкости установлен на полу рядом со станком. Траверса устройства АСИ находится на левой стойке станка, под поперечиной.

Для смены инструмента ползунковая бабка ПБ должна подняться в верхнее положение и сместиться в крайнее левое положение по поперечине.

Разработаны и другие варианты компоновок АСИ для крупных горизонтальных и продольно-обрабатывающих МС.

Поиск инструмента в магазине в системе АКМ-26-АСИ может вы-

полняться любым способом — как при кодировании гнезда магазина, так и при кодировании инструментальных оправок. В обоих случаях поиск осуществляется по кратчайшему пути, для чего цепь магазина может перемещаться в любую сторону.

В зависимости от выбранного способа кодирования применяется один из двух типов гнезд инструментальной оправки, различающихся типом и расположением датчиков, регистрирующих код гнезда или оправки. Гнезда закрепляют на стандартной втулочно-роликовой цепи с шагом, зависящим от максимального диаметра применяемого инструмента. При наименьшем шаге (38,1 мм) в любое гнездо можно устанавливать инструменты диаметром до 75 мм, а если соседние гнезда оставляют пустыми — инструменты диаметром до 225 мм. При наибольшем шаге цепи (50,8 мм) максимальные диаметры устанавливаемых в магазин инструментов увеличиваются соответственно до 100 и 300 мм. Разработка системы АКМ-26-АСИ создает предпосылки для широкой унификации устройств АСИ и организации их серийного производства.

Вместе с тем это не означает, что все проблемы автоматизации смены инструментов решены. Для небольших МС, в том числе консольных и инструментальных, нужно продолжать поиск более простых ремонтно-пригодных устройств АСИ, пригодных для универсального применения.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ. РЕЖУЩИЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

При выборе типов приспособлений для многооперационных станков, кроме обычных требований обеспечения заданного положения заготовки на станке, надежного ее закрепления, удобства и безопасности установки заготовок, необходимо выполнить и дополнительные.

1. Приспособление должно быть таким, чтобы его можно было быстро сконструировать и изготовить, легко установить и снять со станка. Иначе потеряется важнейшее качество многооперационного станка — его "гибкость", быстрота переналадки на другую номенклатуру изделий. Поэтому приспособление должно быть несложным.

2. Приспособление должно состоять главным образом из стандартных узлов и деталей, которые можно в различных сочетаниях использовать для установки различных заготовок.

3. Конструкция приспособления должна обеспечивать особо высокую жесткость системы заготовка — приспособление — станок при воздействии сил резания разной величины и направления.

4. Установочные и зажимные элементы приспособления должны располагаться так, чтобы не мешать подходу инструментов ко всем обрабатываемым поверхностям. Если это невозможно (например, при обработке плоских или фасонных поверхностей по всему периметру заготовки), желательно использовать попеременно действующие зажимы; в момент, когда какой-либо из зажимов мешает проходу режущего инструмента, он должен отводиться от заготовки, а остальные — удерживать ее в неизменном положении.

5. Закрепление заготовок должно выполняться быстро, как правило, механически или автоматически. Сила закрепления должна быть постоянной и достаточной для восприятия нагрузок, возникающих при работе различных инструментов, и вместе с тем не вызывать деформацию заготовки.

6. Приспособление должно быть точно ориентировано по отношению к системе координат станка, иначе невозможно выдержать заданное взаимное расположение обработанных и базовых поверхностей детали.

Потери времени на установку и снятие заготовок можно полностью исключить из цикла работы станка, если использовать двухпозиционную обработку. Пока на одной позиции стола станка ведется обработка заготовки, на второй позиции устанавливают и закрепляют следующую заготовку. Для облегчения и ускорения установки тяжелых заготовок в приспособление и снятия готовых деталей устанавливают консольно-поворотный кран или промышленный робот. Наиболее широко промышленные роботы применяются в компоновках с токарными МС, где один робот может обслужить несколько станков.

Автоматизация загрузки МС, обрабатывающих корпусные заготовки, обеспечивается путем закрепления заготовки вне станка в приспособлении-спутнике, вместе с которым она подается и удаляется со станка. Для этого МС оснащают устройством для автоматического транспортирования закрепления приспособлений-спутников. Такой МС можно встраивать в автоматизированные технологические комплексы.

В период создания и совершенствования первых многооперационных станков внимание конструкторов и технологов было сосредоточено на решении задач автоматизации перемещений рабочих органов по быстро сменяемой программе, достижении высокой точности обработки, разработке и усовершенствовании механизмов главных и вспомогательных движений, устройств для смены режущего инструмента и т. д. Станочным установочно-зажимным приспособлениям уделяли мало внимания. В связи с этим на многих заводах, получающих новые станки, вынуждены были использовать простейшие установочные и зажимные элементы: подкладки, подставки, винтовые прихваты, болты, гайки с быстросъемными шайбами и т. п. Заготовки устанавливали непосредственно на стол станка или на простейшие плиты, выверенные по отношению к системе координат станка. Традиционные способы установки не обеспечивали необходимую жесткость и надежность закрепления заготовок. Приходилось снижать режимы резания, а следовательно, и производительность станка. В связи с этим на некоторых заводах решили пойти по другому пути — изготавливать специальные приспособления высокой точности и жесткости. Появилось другое противоречие: на проектирование, изготовление и отладку приспособления требуется много времени, подготовка производства очень затягивается, стоимость приспособлений увеличивается. Можно исправить положение, если наиболее сложные детали приспособлений изготавливать на МС, но это не всегда возможно по условиям производства (станок должен обеспечивать выпуск плановой продукции) и не всегда экономично.

Рациональным оказалось использование хорошо зарекомендовавших себя в условиях серийного производства различных систем универсально-сборных УСП и универсально-наладочных УНП приспособлений.

Элементы УСП хорошо сочетаются с плитами приспособлений-спутников. Для этого в плите спутника создают систему точно расположенных пазов и крепежных отверстий или сетку базово-крепежных отверстий.

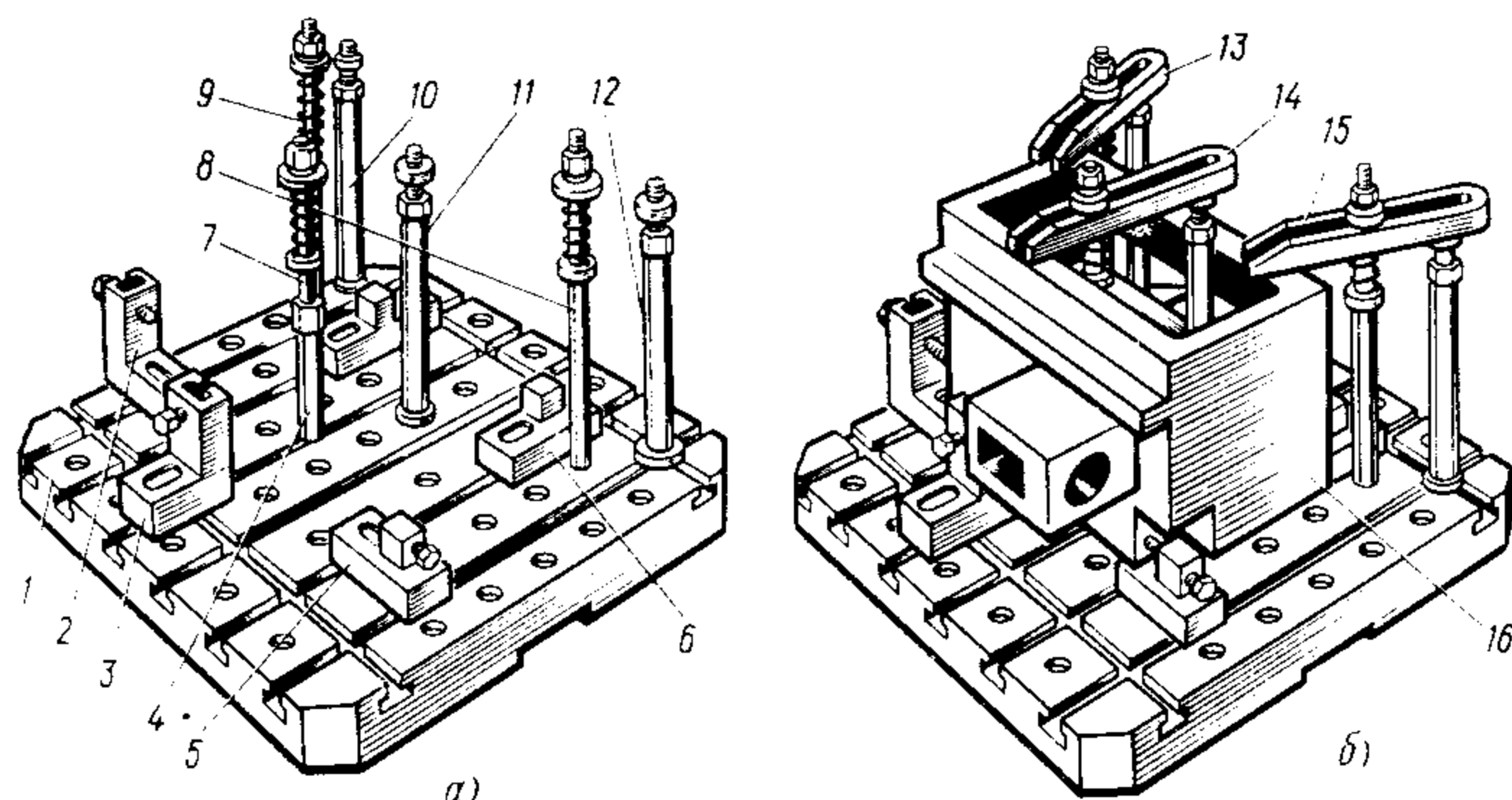


Рис. 54. Устройство для закрепления заготовки на приспособлении-спутнике: а — плита с базовыми и крепежными элементами; б — приспособление-спутник

В плитах приспособлений-спутников, входящих в систему приспособлений для МС типа SUS (ЧССР), для расстановки и закрепления базовых и крепежных элементов используется сетка Т-образных пазов и резьбовых отверстий. На рис. 54 показана последовательность сборки приспособления-спутника из стандартных элементов. На плите 1 спутника размещают базовые элементы 2-6, предназначенные для установки заготовки. Каждый элемент закрепляется в нужном положении с помощью сухаря, вставленного в Т-образный паз, и болта с внутренним шестигранником, пропущенным через отверстие опоры. В качестве крепежных элементов использованы шпильки 7-9, ввернутые в резьбовые отверстия плиты или в сухари, вставленные в Т-образные пазы, и регулируемые по высоте упоры 10-12, закрепленные в плите таким же образом. Закрепление заготовки 16 выполняется прихватами 13-15 и гайками, накрученными на верхние концы крепежных шпилек. Для получения нужной силы зажима можно использовать электромеханический или гидромеханический ключ, расположенный на рабочем месте, где заготовки устанавливаются в приспособление-спутник перед подачей его на станок.

В системе SUS предусмотрена также возможность использования для закрепления заготовок сменных силовых приводов, устанавливаемых взамен зажимных гаек.

Развитие систем установочно-зажимных приспособлений для многооперационных станков пошло главным образом по пути создания наборов несложных, но достаточно жестких установочных и зажимных элементов, которые размещают на плите приспособления-спутника или непосредственно на столе станка. Изготавливается несколько типов размеров каждого из элементов набора. Они делаются составными или регулируемые по высоте (длине). Для получения высоких регулируемых сил зажима, облегчения труда рабочих, сокращения вспомогательного времени для закрепления заготовок используют механизированные силовые приводы. Особое значение имеет механизация закрепления тяжелых заготовок на крупных МС, когда требуемые силы зажима достигают 100-200 кН и более.

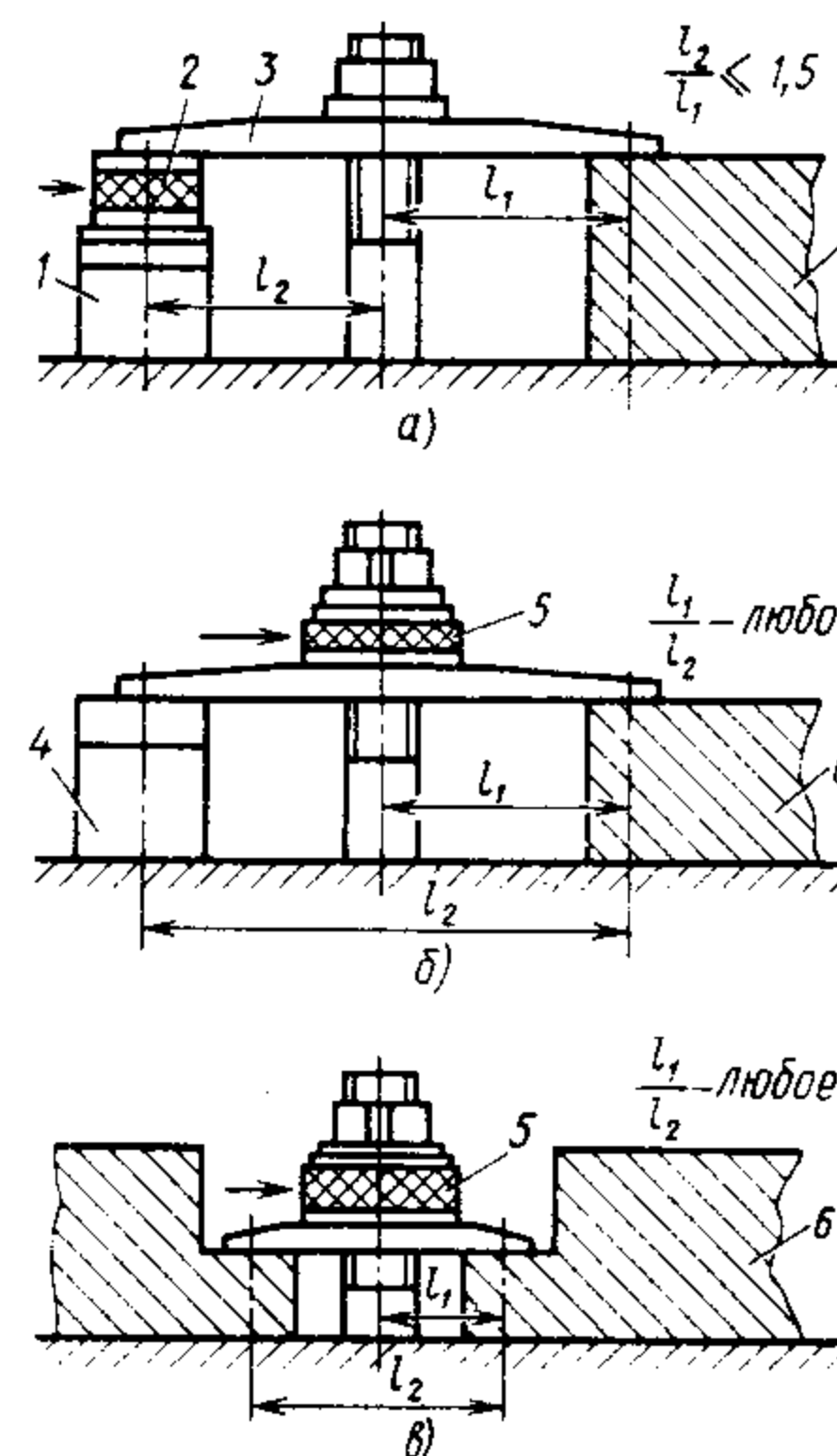
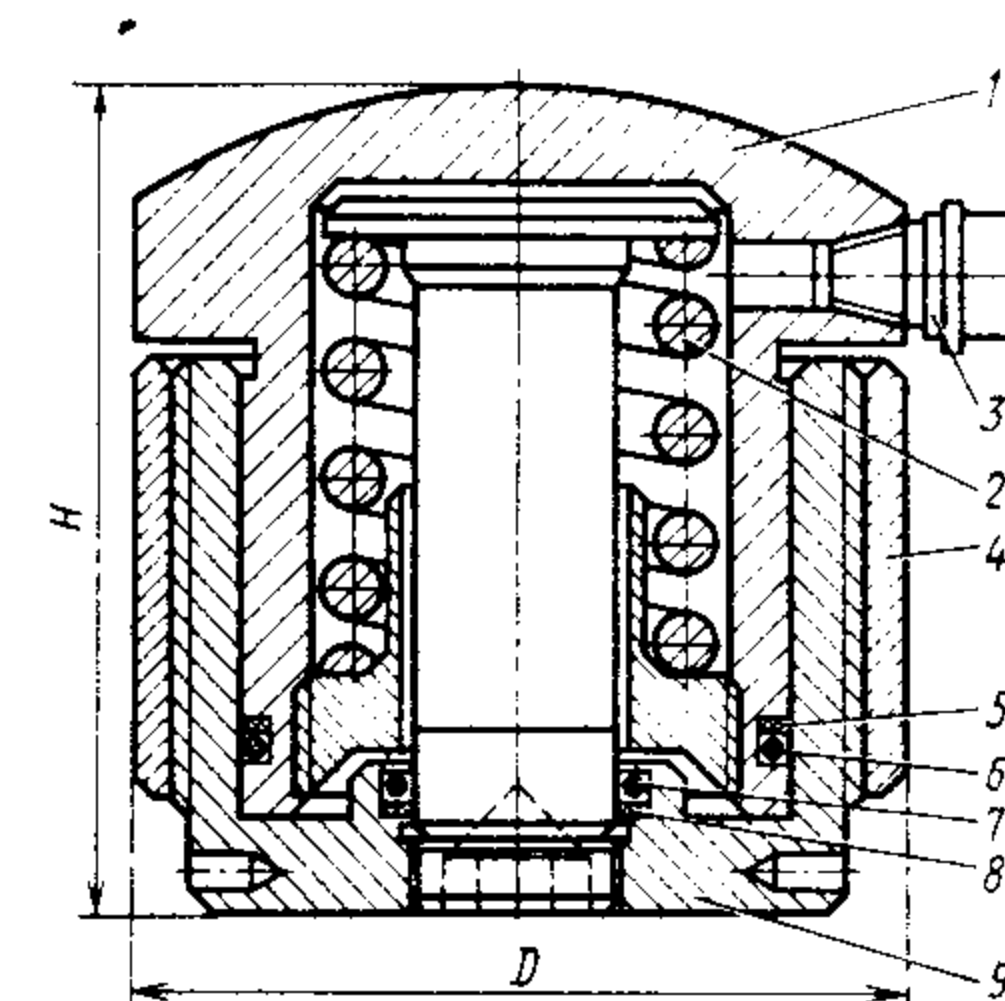


Рис. 55. Схемы закрепления заготовок с помощью гидроцилиндра (а) и гидрошайбы (б, в)

Рис. 56. Толкающий гидроцилиндр с фиксирующей гайкой



Рассмотрим принципы построения универсального механизированного крепежного набора УМКН. Его главные особенности — быстрота компоновки приспособления, возможность получения высоких (до 250 кН) сил зажима при сравнительно небольших размерах рабочих цилиндров, возможность установки гидрозажимов на подвижных поворотных столах, приспособлениях-спутниках с отключением привода от источника питания после закрепления заготовки.

Типовые схемы закрепления заготовок с помощью элементов УМКН показаны на рис. 55. В первом случае (рис. 55, а, $l_2/l_1 \leq 1,5$) заготовка 6 закрепляется прихватом картонного типа 3 с помощью толкающего гидроцилиндра 2. Второй конец прихвата опирается на составную переналаживаемую опору 1.

В случаях использования схем закрепления заготовок, показанных на рис. 54, б, в, где l_1/l_2 — любое, в качестве силового привода применяют гидрошайбу 5, регулируемую опору 4, или одну гидрошайбу 5.

Толкающий гидроцилиндр (рис. 56) состоит из трех основных частей: корпуса 9, поршня 1 с возвратной пружиной 2 и фиксирующей гайки 4. При подаче масла под давлением через штуцер 3 поршень поднимается вместе с одним из концов прихвата, поворачивая его относительно средней опоры. Происходит закрепление заготовки. После этого, вращая ручную гайку 4 с накатанной наружной поверхностью, опускают ее до упора. Теперь при снятом давлении масла в гидроцилиндре заготовка остается надежно закрепленной.

Гидроцилиндр изготавливается в двух модификациях диаметрами $D = 105$ и 115 мм (высота обоих цилиндров $H = 116$ мм). Первый из них развивает силу зажима 75 кН, второй — 100 кН при давлении масла 20 МПа, поступающего от пневмогидравлического насоса. Герметичность уплотнения поршня обеспечивается применением резиновых 6, 7 и фторопластовых 5, 8 колец. Для повышения износостойкости сопрягаемые поверхности корпуса цилиндра и поршня хромируют.

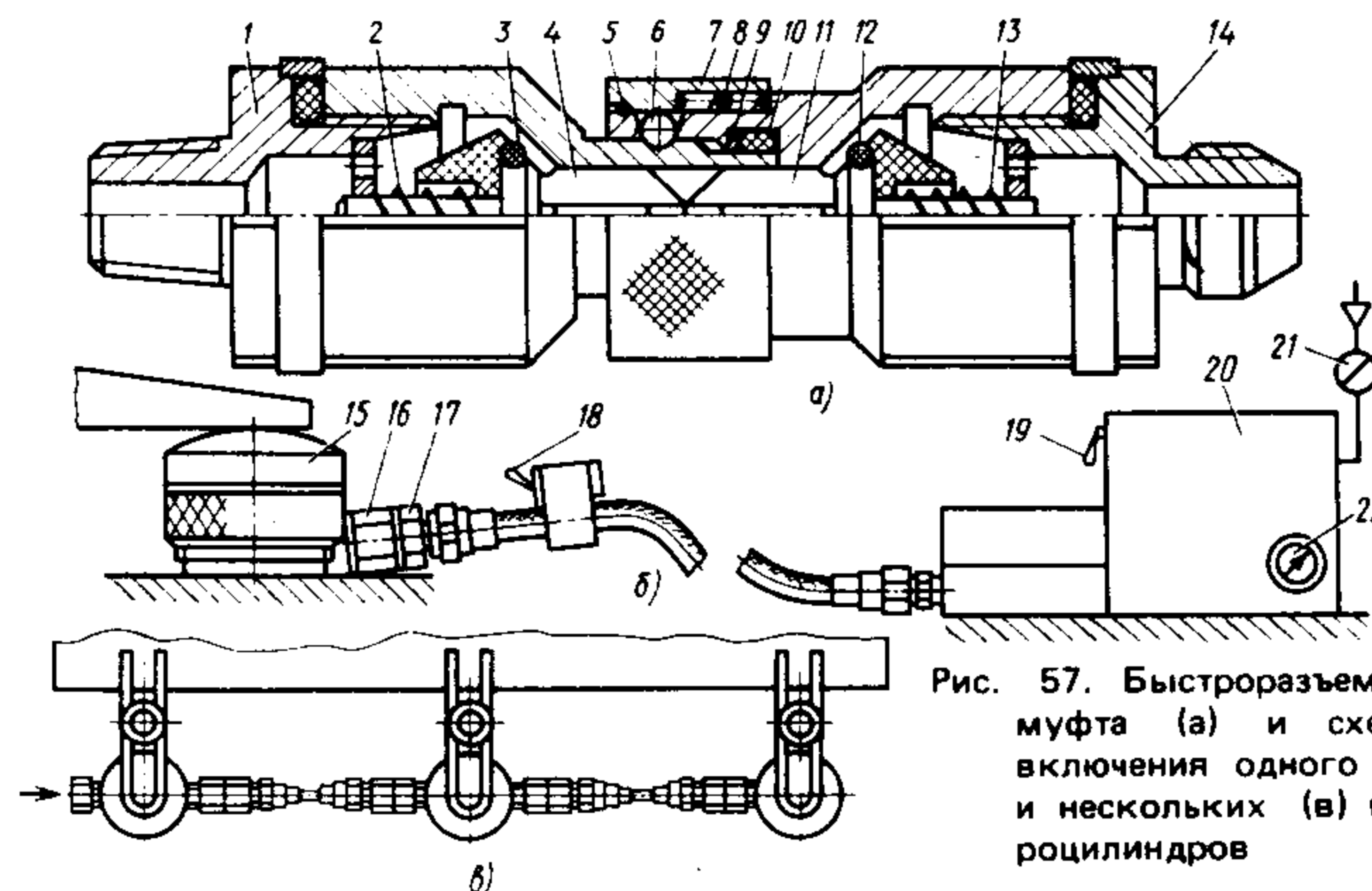


Рис. 57. Быстроразъемная муфта (а) и схемы включения одного (б) и нескольких (в) гидроцилиндров

Соединение гидроцилиндра с источником питания осуществляется с помощью быстроразъемной муфты (рис. 57, а). Муфта состоит из двух основных частей: левая полумуфта 1 ввертывается в корпус гидроцилиндра, правая 14 соединяется со шлангом высокого давления и насосом. В собранном состоянии муфта свободно пропускает масло от насоса к гидроцилиндру и обратно. Связь полумуфт обеспечивают шесть шариков 6, удерживаемых в канавке левой полумуфты кольцом 7, находящимся под действием пружины 8. Ход кольца влево ограничен стопорным кольцом 5.

Уплотнение в соединении полумуфт обеспечивают кольца 9 и 10. Для разъема муфты достаточно сдвинуть кольцо 7 вправо, сжимая пружину 8. Шарик 6 разойдется под действием пружин 2 и 13, воздействующих на упирающиеся друг в друга обратные клапаны 4 и 11. Произойдет размыкание муфты. Одновременно, продолжая двигаться под усилием пружин, обратные клапаны прижмутся уплотнительными кольцами 3 и 12 к своим седлам, преграждая выход масла из гидроцилиндра и от насосной установки. Подключение (отключение) привода с помощью такой муфты происходит за 2-3 с с приложением небольшого мускульного усилия (30-50 Н).

Схема подключения гидроцилиндра 15 к насосу высокого давления 20 показана на рис. 57,б. Правую полумуфту 17 подключают к левой 16, тумблером 18 включают подачу масла от насоса к гидроцилиндру. Для связи насоса с заводской магистралью сжатого воздуха служит кран 21, а для включения и выключения насоса — рукоятка 19. Давление масла, подаваемого насосом, контролируется манометром 22. Размыкание муфты возможно только при снятом давлении масла. Это обеспечивает безопасность работы.

Вместо пневмогидравлического насоса можно использовать гидростанцию. Возможно последовательное подключение источника масла высокого давления к гидроцилиндрам, закрепляющим заготовку в нескольких точках. В этом случае применяют гидроцилиндры с двумя штуцерами (рис. 57,в).

В схемах закрепления с тянущим силовым приводом применяют

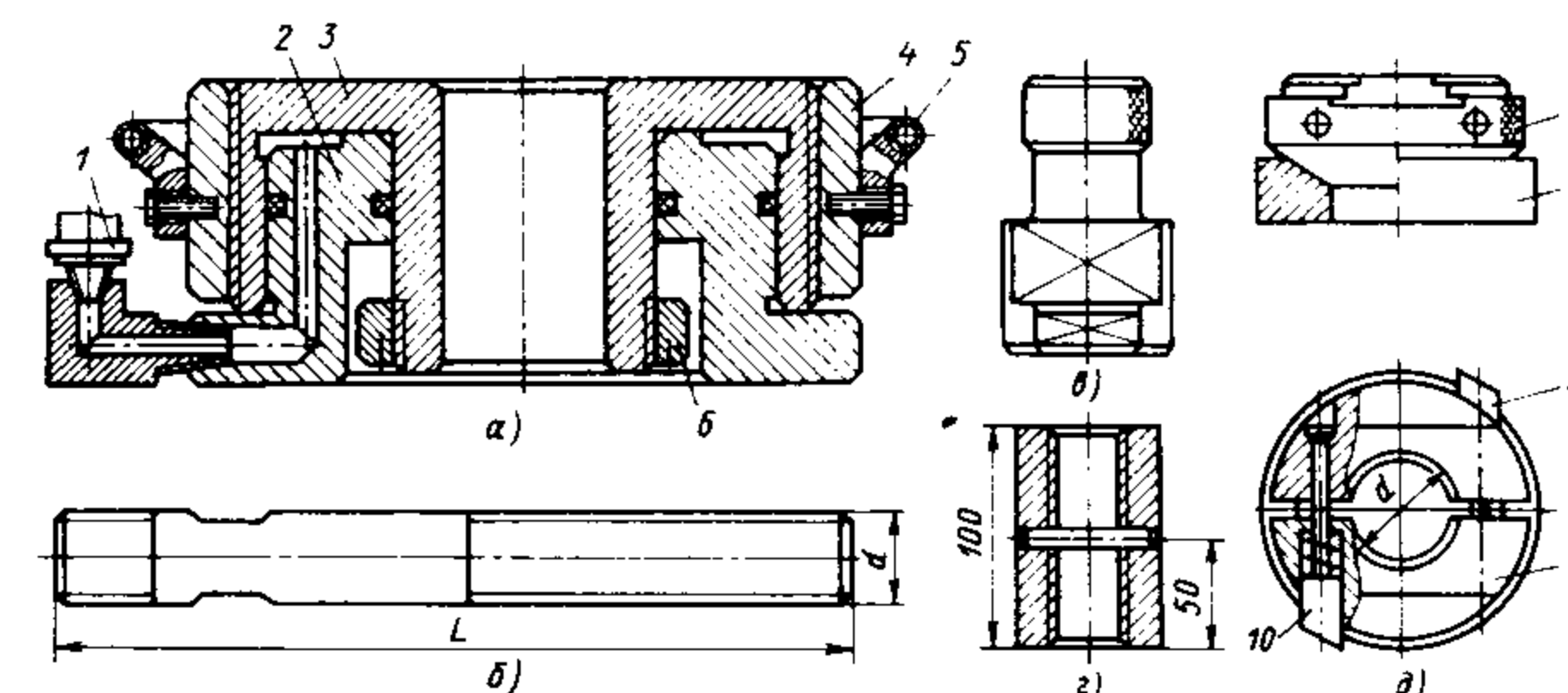


Рис. 58. Гидрошайба (а), шпилька (б), сухарь (в), стяжная муфта (г), быстроразъемная гайка с опорным кольцом (д)

гидрошайбы (рис. 58). При подаче масла от насоса через штуцер 1 корпус цилиндра 3 упирается в опорное кольцо быстроразъемной гайки 6, а поршень 2 поджимает прихват к заготовке и опоре. После этого с помощью кольцевой рукоятки 5 вращают фиксирующую гайку 4, перемещая ее до упора в буртик поршня 2. Теперь давление в гидрошайбе можно снять, и заготовка будет удерживаться за счет упругих сил зажимных элементов. Гидрошайба с наружным диаметром 186 мм обеспечивает закрепление заготовок с силой 150 кН, а при диаметре 245 мм — с силой 200 кН. Максимальный ход поршня, ограничиваемый гайкой 6, составляет соответственно 12 и 15 мм.

В комплект УМКН входят также сборные шпильки и регулируемые и составные опоры. Шпильки (рис. 58, д) с резьбой М36 и М42 длиной 200, 400, 600 или 800 мм ввертывают в сухари (рис. 58,в), устанавливаемые в Т-образные пазы базовой детали. Шпильки можно соединять с помощью стяжной муфты (рис. 58,г), ввертывая их до упора в ограничительный штифт.

Быстроразъемная гайка 7 (рис. 58,д) состоит из двух частей, удерживаемых подпружиненными фиксаторами 9, 10. Нажимая пальцами на концы фиксаторов, "раскрывают" гайку и надевают на шпильку вместе со сферическим опорным кольцом 8 до упора кольца в прихват. Теперь при наворачивании гайки на шпильку она входит в сферическое углубление кольца 8 и плотно охватывает резьбу шпильки.

Регулируемая опора прихвата (рис. 59,а) имеет корпус 1 с коническим отверстием для разрезной быстроразъемной гайки 3. Гайка сцепляется с винтом 2. При настройке опоры на нужную высоту винт с гайкой вынимают из корпуса, нажимают на концы фиксаторов 4, "раскрывают" гайку и смещают ее вдоль винта в нужное положение. Высоту опоры можно регулировать в пределах 300-500 мм. Опора выдерживает нагрузку до 100 кН.

При использовании толкающих гидроцилиндров их устанавливают на нужную высоту с помощью набора составных опор (рис. 59,б). Элементы опоры имеют следующие размеры: $h_1 = 28$ мм, $h_2 = 25$ мм, $h_3 = 50$ или 100 мм, $h_4 = 300$ мм при диаметре $D = 148$ мм. Подобные наборы установочно-зажимных элементов можно использовать при закреплении небольших и средних по размерам заготовок с меньшими силами зажима. В качестве силового часто используют пружинно-гидравлический цилиндр толкающего действия (рис. 60). Закрепление заготовки обеспечивает комплект мощных тарельчатых пружин 2, раскреп-

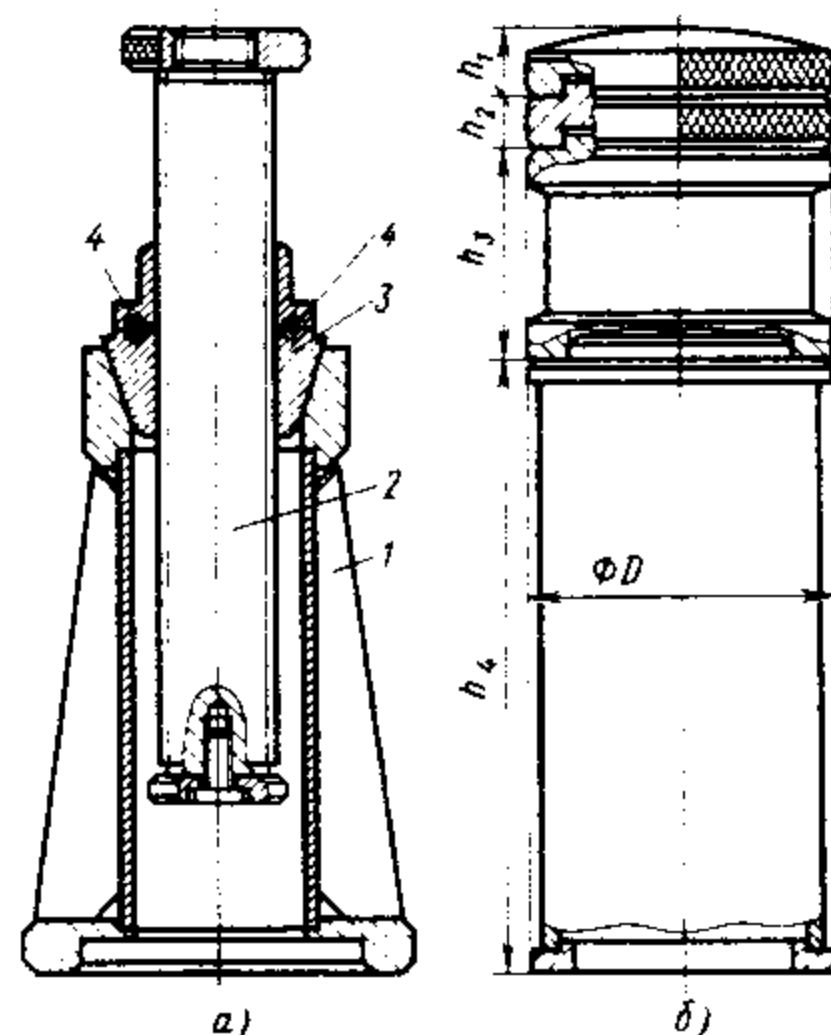


Рис. 59. Регулируемая (а) и составная (б) опоры комплекта УМКН

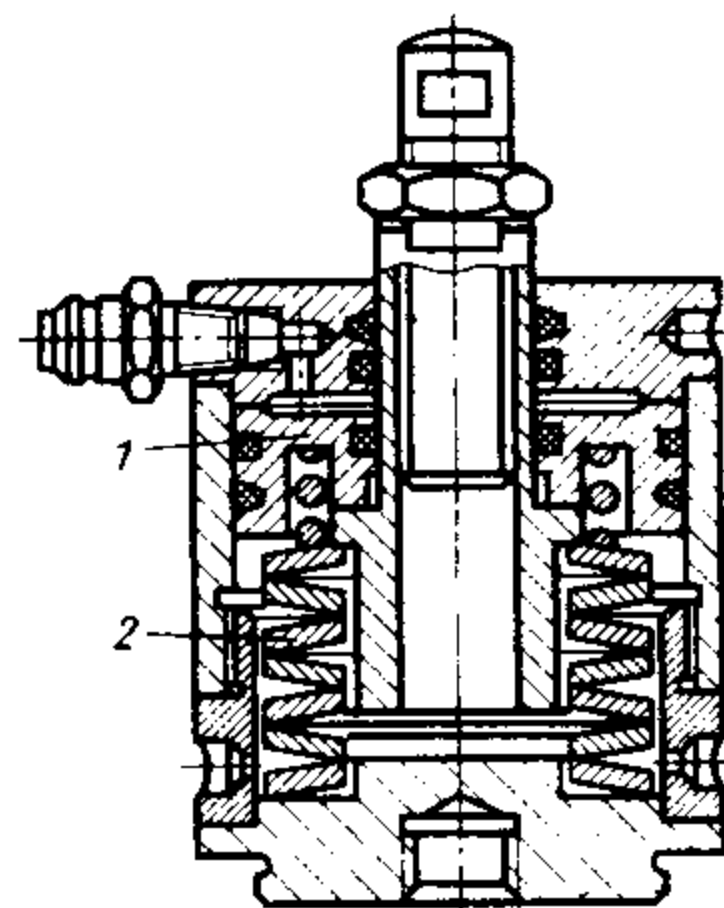


Рис. 60. Пружинно-гидравлический цилиндр толкающего действия

ление — гидроцилиндр с поршнем 1. Пружинный зажим обеспечивает постоянную силу закрепления и безопасность в случае падения давления масла в гидросистеме.

Особенно сложные задачи разработки быстропереналаживаемых и унифицированных приспособлений приходится решать для токарных многооперационных станков. Это связано с необходимостью ограничивать размеры быстровращающихся патронов, планшайб, обеспечивать их уравнивание и решать ряд других сложных задач.

Одно из наиболее распространенных направлений в проектировании оснастки для токарных МС — создание клиновых патронов с пневматическим или гидравлическим приводом и сменными или регулируемыми кулачками. Один из таких патронов показан на рис. 61 [6]. Сменные кулачки 5 закреплены с помощью винтов 4 и сухарей 3 на подвижных кулачках 2, установленных в трех радиальных пазах корпуса патрона 1. Кулачки 2 связаны наклонными пазом с выступами муфты 6. При осевом перемещении муфты тягой 7, соединенной с силовым приводом, кулачки перемещаются по радиальным пазам корпуса. Конструкция патрона позволяет легко вынимать кулачки для замены. Для этого вставляют в центральное шестигранное отверстие муфты 6 торцовый ключ и поворачивают его против часовой стрелки примерно на 15° . Муфта выходит из зацепления с кулачками, позволяя легко их вынуть. В рабочем положении, когда муфта сцеплена с кулачками, она удерживается от случайного поворота фиксатором 8. При переналадке патрона заменяют кулачки 5.

Существуют различные способы сопряжения сменных кулачков с основными, но все они требуют более или менее значительного времени на переналадку и выполняются наладчиками или операторами. В связи с этим предпринимаются попытки создать патрон с автоматически, по программе, переналаживаемыми кулачками.

Принцип действия одного из таких патронов поясняет рис. 62. Для перемещения трех кулачков 7 служат ползуны 6, размещенные в радиальных пазах корпуса 2 патрона. Для перемещения ползунов служат косозубые рейки 4, сцепляющиеся с такими же зубьями ползунок (на рисунке эти зубья показаны штриховыми линиями). Рейки 4 мо-

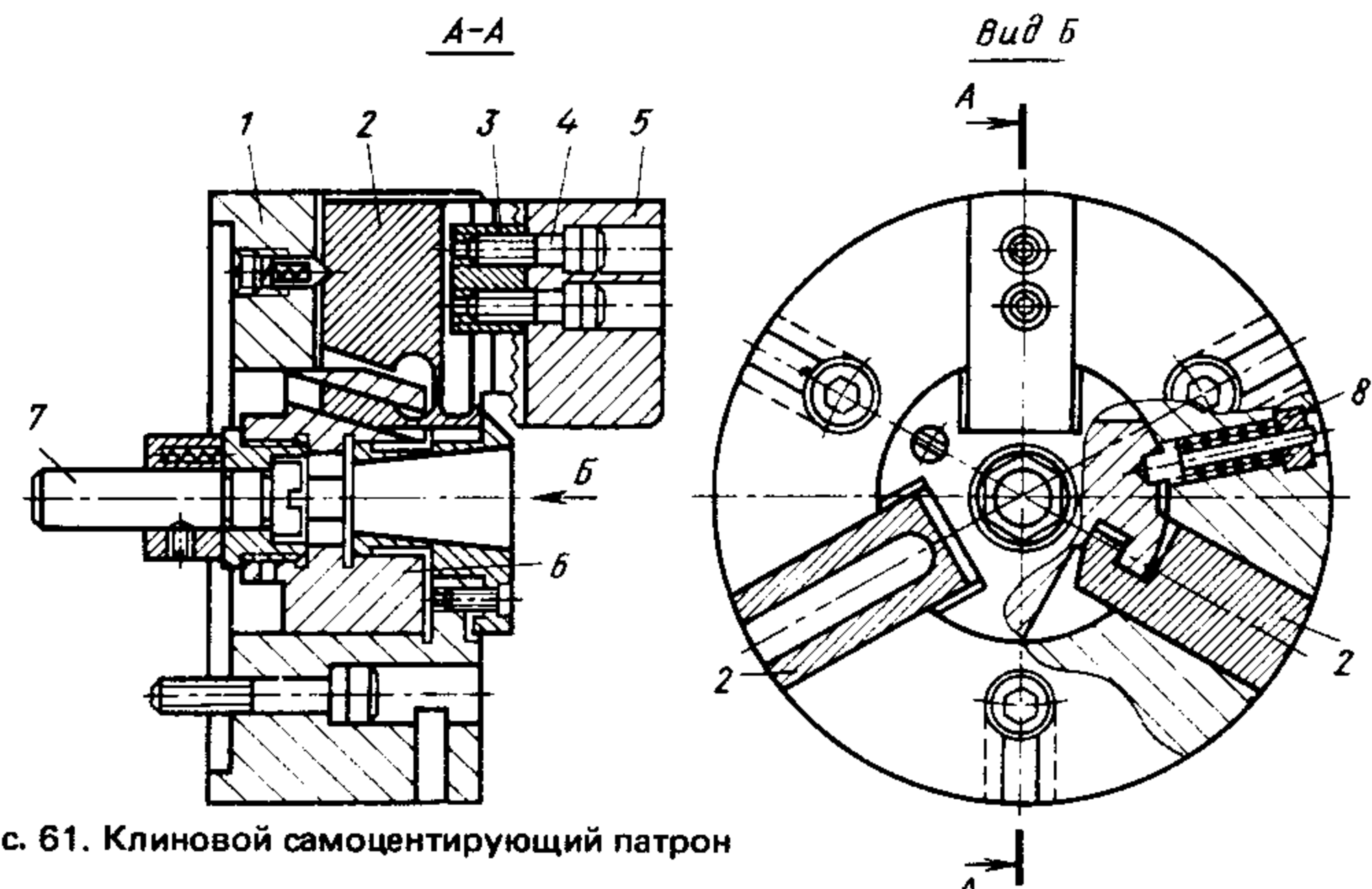
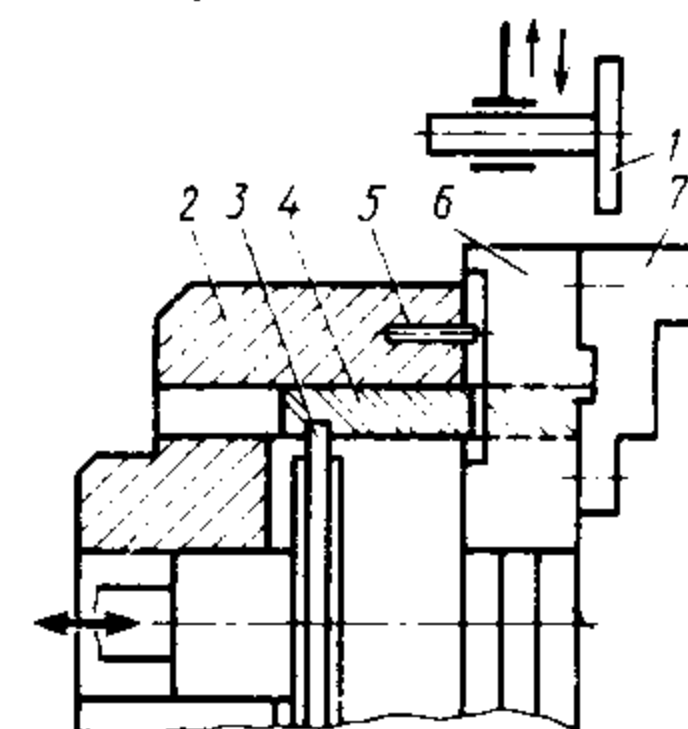


Рис. 61. Клиновой самоцентрирующий патрон

гут передвигаться в пазах с помощью муфты 3, связанной тягой с гидроцилиндром, установленным на левом конце шпинделя станка. Для переналадки кулачков патрона на новый размер заготовки муфта 3 сдвигает рейки 4 в крайнее левое положение (показанное на рисунке), и рейки выходят из зацепления с ползунами 6. Включается быстрое вращение шпинделя станка, и ползуны с кулачками раздвигаются под действием центробежных сил на максимальное расстояние, ограничиваемое штифтами 5. Затем начинается процесс автоматической наладки кулачков на заданный размер. Патрон замедляет свое вращение, и к нему на расстояние, заданное в программе, начинает подвигаться ролик 1. Подойдя к кулачкам, он ударяет по ним, заставляя их постепенно сдвигаться к оси патрона. Когда заданный настроечный размер достигнут, патрон автоматически останавливается, и муфта 3 вводит рейки 4 в зацепление с ползунами.

Имеются и более сложные токарные патроны для станков с ЧПУ, например патрон, предназначенный для закрепления заготовок типа тел вращения, с местными выступами, приливами или другими особенностями, требующими установки во вполне определенном по отношению к кулачкам угловом положении. Заготовка подается в патрон "рукой" промышленного робота в заранее ориентированном положении. Перед этим патрон медленно поворачивается до тех пор, пока установленный около него "тактильный" датчик (ощупывающий, чувствительный, подобно человеческим пальцам) не установит, когда нужное положение кулачков будет соответствовать положению в пространстве заготовки. В этот момент подается команда на точную остановку шпинделя, промышленный робот досылает заготовку в кулачки патрона, происходит автоматическое зажатие кулачков, и рука робота уходит из рабочей зоны станка.

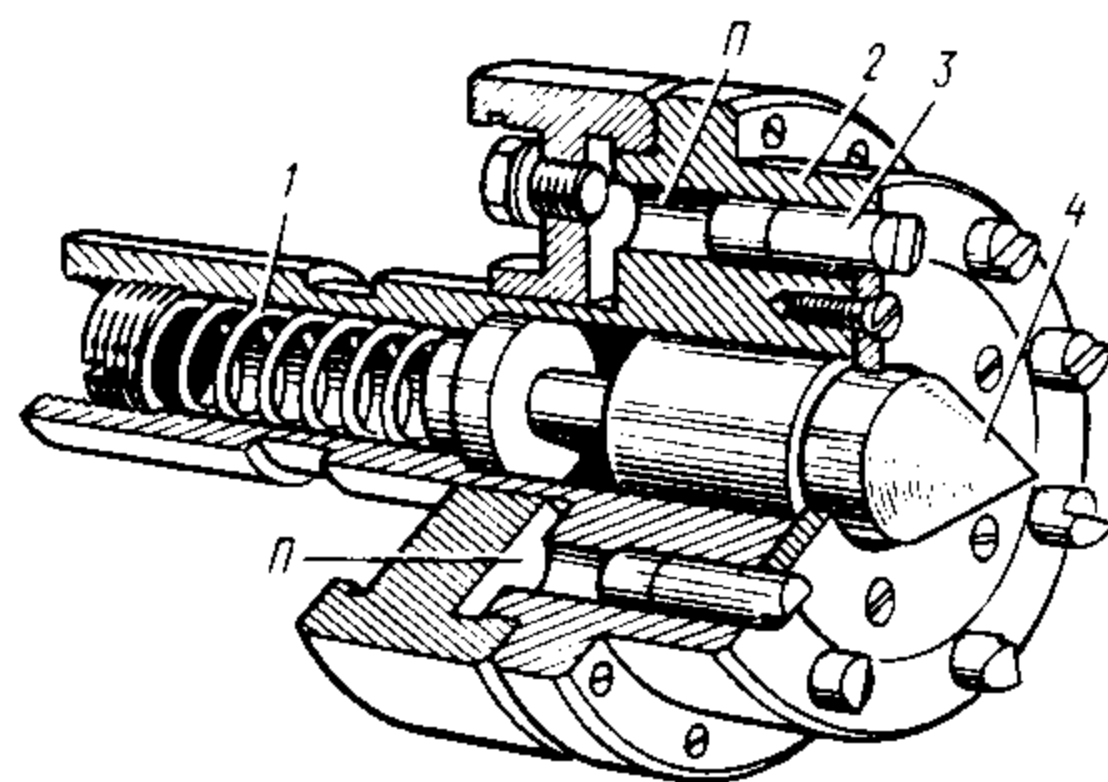
Рис. 62. Схема самоцентрирующего трехкулачкового патрона с автоматической установкой кулачков на размер заготовки



Хорошие результаты достигнуты на ряде заводов при использовании принципиально нового для токарных станков с ЧПУ способа установки и закрепления заготовок в приспособлении-спутнике вне станка. Приспособление представляет собой планшайбу с сеткой пазов или отверстий, таких же, как для установки корпусных заготовок на горизонтальных и вертикальных МС. На планшайбе при наладке размещают базовые и крепежные элементы в соответствии с конструкцией заготовки. При необходимости закрепляют противовесы, чтобы уменьшить дисбаланс при вращении приспособления с заготовкой на станке. Закрепление заготовки производят болтами и гайками с помощью электромеханического или электрогидравлического ключа. Можно использовать гидроцилиндры и гидрошайбы с фиксирующими гайками, соединяемые с насосом высокого давления быстроразъемной муфтой. Установка, закрепление заготовки и снятие обработанной детали выполняются во время автоматической работы станка по программе. Вспомогательное время затрачивается только на перенос планшайбы с заготовкой на станок, где она быстро базируется и закрепляется на шпинделе с помощью одних и тех же элементов, не требующих переналадки. Для перемещения планшайбы на станок и обратно используют автооператор или промышленный робот.

Токарные МС применяют для обработки заготовок типа валов, устанавливаемых в центрах, хотя чаще такие детали изготавливают на обычных станках с ЧПУ, так как они не требуют особенно большого числа инструментов.

Для того, чтобы можно было все наружные поверхности вращения обработать с одного установка, используют вместо трех- и двухкулачковых поводковые патроны, передающие крутящий момент заготовке через ее торцовую поверхность. Достаточно эффективными оказались патроны с плавающими ведущими штырями (рис. 63). Штыри 3 с заточенными, как у резцов, вершинами размещены в корпусе 2, полость П которого заполнена маслом. Благодаря этому заготовка, установленная левым концом на плавающий центр 4, упираясь своим торцом в штыри, заставляет их самоустанавливаться. При поджатии задним центром штыри равномерно врезаются в торец заготовки и передают большие крутящие моменты. В некоторых конструкциях подобных патронов кроме пружины 1, поджимающей плавающий центр к заготовке, имеются дополнительные кулачки, которые автоматически зажимают плавающий центр после того, как заготовка врежется в ведущие штыри и ее положение полностью определится. Благодаря этому передний центр может воспринимать, не утапливаясь, максимальные для данного станка радиальные составляющие силы резания.



Применение поворотных столов и делительных приспособлений. Один из эффективных путей повышения производительности — совмещение времени на установку и закрепление заготовки на станке с ма-

Рис. 63. Поводковый патрон с плавающим центром для станков с ЧПУ

шинным временем. Эта задача решается с помощью оборудования МС одним или несколькими поворотными столами. Заготовки устанавливают последовательно на противоположных сторонах стола. Пока выполняется обработка одной из заготовок, вторую, уже обработанную, снимают и заменяют следующей. Поворотный стол можно использовать и по-другому: устанавливать одну заготовку в центре стола. Тогда на МС горизонтального типа можно за счет последовательного поворота стола на 90° обработать заготовку с четырех сторон. В этом случае для смены заготовок станок приходится останавливать, но достигается сокращение вспомогательного времени за счет уменьшения общего числа переустановок заготовки. В связи с этим возникает вопрос: нельзя ли совместить достоинства обоих способов применения поворотного стола. Оказывается, можно. Для этого на некоторых горизонтальных МС устанавливают прямоугольный стол со встроенными в него двумя поворотными столами (рис. 64). Загрузку или разгрузку одного из столов (например, А) выполняют во время обработки заготовки, закрепленной на втором столе (Б). Такая компоновка допускает, при необходимости, вести обработку неподвижно закрепляемых крупных заготовок, занимающих всю площадь прямоугольного стола. Базовые поверхности поворотных столов находятся в одной плоскости с ним и поэтому не мешают такой установке. Один из встречных поворотных столов может иметь механизм периодического поворота, предназначенный для последовательной позиционной обработки заготовки с нескольких сторон, а второй стол может поворачиваться непрерывно, в том числе по сложной программе. Это удобно для обработки цилиндрических и сложных криволинейных поверхностей, круговых пазов и т.п. Основной, прямоугольный стол станка вместе с поворотными имеет подачу вдоль оси Х.

Если МС предназначен для обработки крупных тяжелых заготовок, их устанавливают на массивный неподвижный или поворотный стол прямоугольной или квадратной формы. Все перемещения вдоль координатных осей задают стойке, салазкам (саням) и шпиндельной бабке станка.

На поворотном столе горизонтального МС можно обработать не только корпусные, но и плоскостные детали. Для этого используют базовые коробки (рис. 65) с точно обработанными противоположными плоскостями и сеткой Т-образных пазов или точных базовых отверстий для постановки опорных и зажимных элементов. Базовая коробка точно ориентируется и надежно закрепляется на столе станка. К ее вертикальным плоскостям закрепляют заготовки. Во время обработки заготовки Б другая заготовка А устанавливается и закрепляется или снимается после окончания обработки.

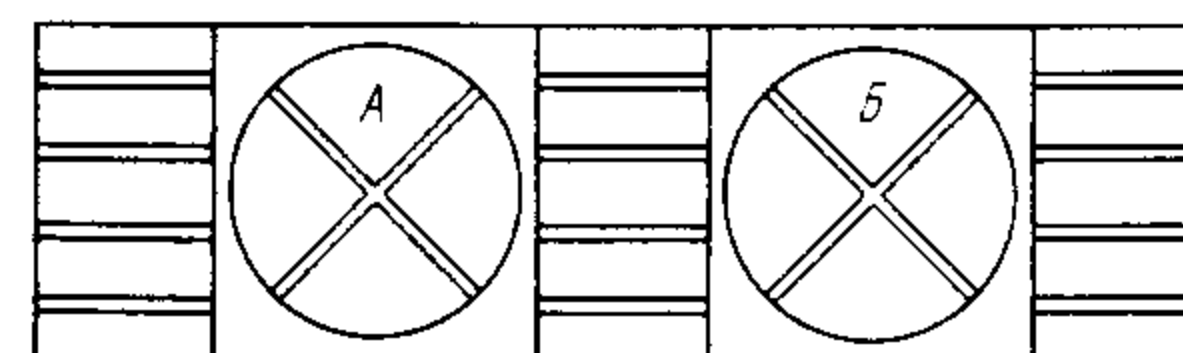
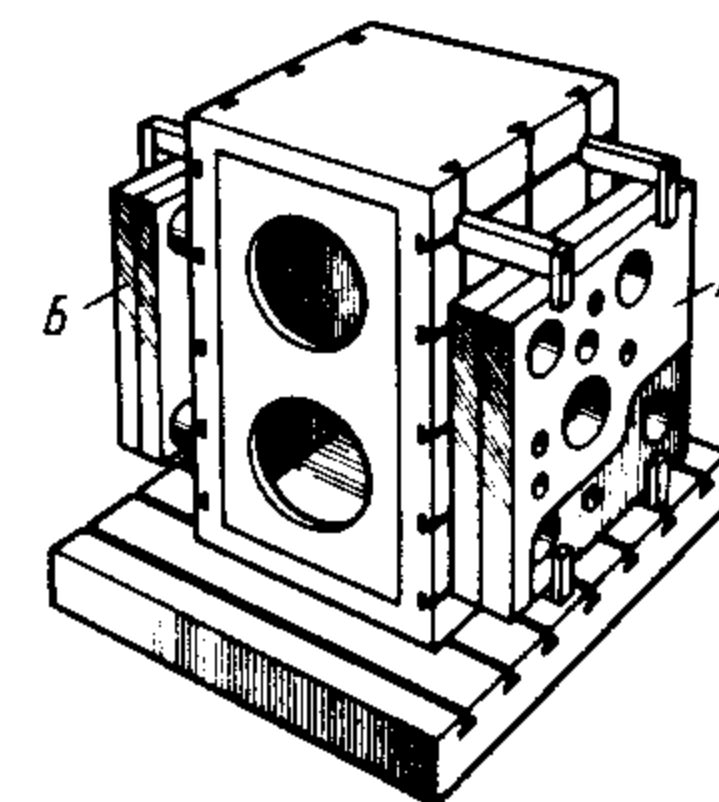


Рис. 64. Прямоугольный стол с двумя встроенными поворотными столами

Рис. 65. Размещение заготовок на базовой коробке



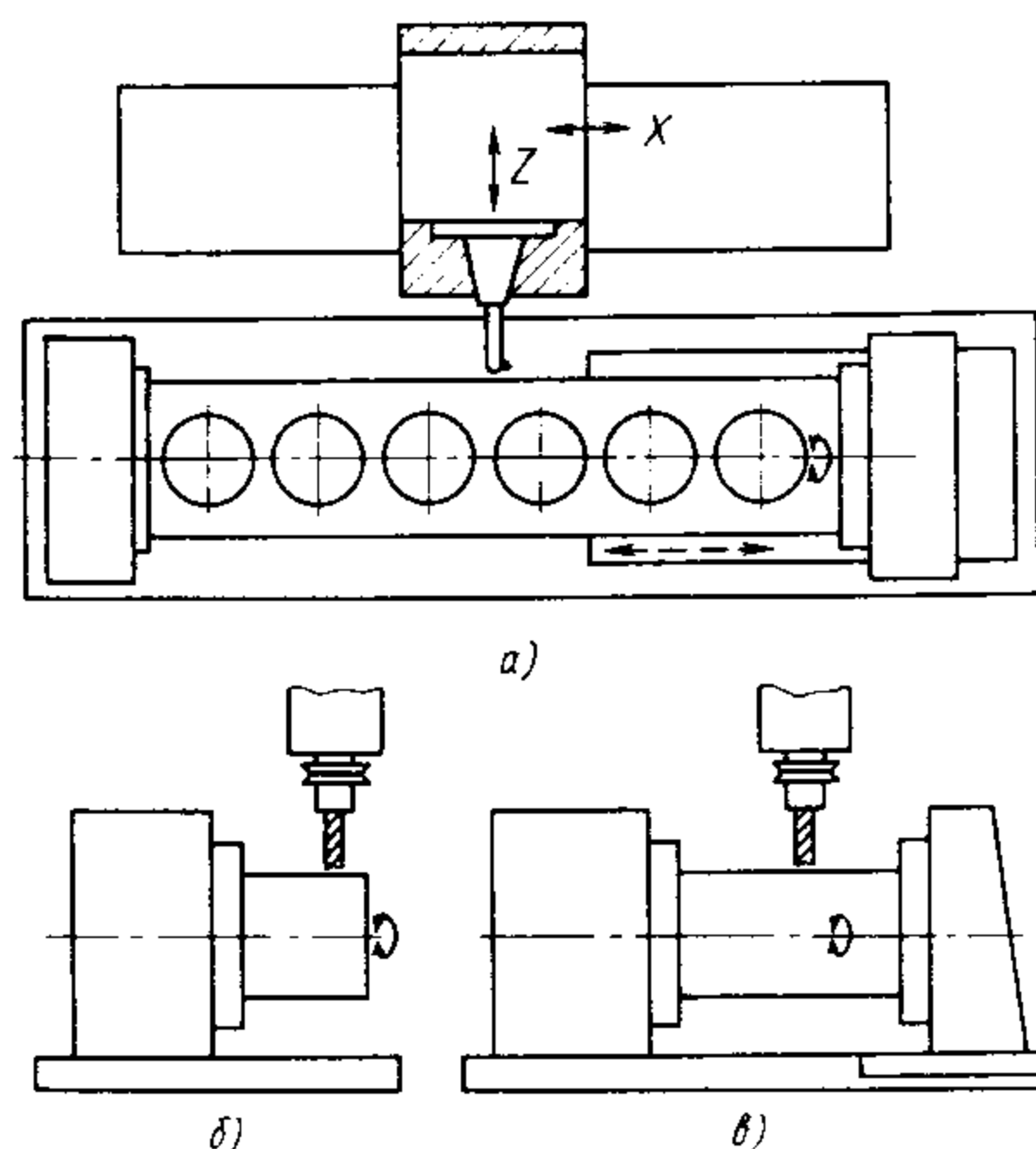


Рис. 66. Применение делительных приспособлений с горизонтальной осью поворота на горизонтальном (а) и вертикальном (б, в) многооперационных станках

При обработке крупных, длиной в несколько метров, корпусов мощных многоцилиндровых двигателей внутреннего сгорания эффективна установка заготовки с предварительно обработанными левым и правым торцами в двух массивных делительных бабках (рис. 66, а). Поворачивая заготовку относительно горизонтальной оси, можно обрабатывать боль-

шинство поверхностей такой чрезвычайно сложной и ответственной детали. Для переналадки на другой типоразмер двигателя правая делительная бабка может передвигаться по направляющим (на рисунке показано прерывистой стрелкой).

Установка делительного приспособления с горизонтальной осью поворота на вертикальном МС (рис. 66, б) является единственным средством, позволяющим обработать корпусную заготовку с двух — четырех сторон без переустановки. Для увеличения жесткости приспособления используют дополнительную опору в виде задней бабки (рис. 66, в), если это позволяет конфигурация заготовки.

Для изготовления деталей, наиболее сложных по конфигурации и взаимному расположению обрабатываемых поверхностей, на некоторых МС применяют столы с несколькими осями поворота. Закрепив заготовку на таком столе, можно придать ей любое нужное положение по отношению к шпинделю станка. Такой стол встраивают в станок или устанавливают на основной стол, имеющий прямолинейные перемещения. Возможность поворота заготовки относительно двух взаимно перпендикулярных осей может быть достигнута также с помощью двух поворотных столов. Заготовку закрепляют на столе с горизонтальной осью поворота, а стол — на планшайбе второго стола, поворачивающейся относительно вертикальной оси. Общий недостаток таких устройств — сложность конструкций и трудности обеспечения высокой жесткости технологической системы.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ

Установка заготовок непосредственно на поворотный стол станка наряду с достоинствами имеет существенные недостатки. Установка, закрепление заготовки, раскрепление и снятие обработанной детали выполняются обязательно на станке, в непосредственной близости от рабочей зоны. Это не всегда удобно и безопасно и, кроме того, не позволяет организовать запас заготовок, заранее закрепленных в приспособлениях вне станка. Стоимость изготовления точного делительного стола очень велика. Поэтому применение двух точных поворотных сто-

лов на одном станке нежелательно и значительно удорожает станок, усложняет его обслуживание и ремонт. Развитие способов механизации и автоматизации загрузки МС пошло по пути широкого применения приспособлений-спутников. Несмотря на различие конструкций, приспособления-спутники имеют общие признаки. Это очень жесткая плита с точно обработанными поверхностями для базовых и крепежных элементов, предназначенных для установки заготовок, имеющая направляющие для прямолинейных перемещений. Спутник с закрепленной заготовкой подается на основной стол станка и удаляется с него в разгрузочную позицию автоматически. Поясним это на примере (рис. 67). Станок имеет один точный поворотный стол 10, установленный на жесткой станине 11. Прямолинейных перемещений у стола нет, их выполняет стойка со шпиндельной бабкой.

На поворотном столе и расположенной слева от него загрузочно-разгрузочной позиции А находятся плиты-спутники 4 и 5. Спутники имеют горизонтальную базовую плоскость планки 2 и 3, позволяющие точно ориентировать заготовку в пространстве. Сетка резьбовых отверстий служит для расстановки других базовых и крепежных элементов. Справа от стола станка находится вторая загрузочно-разгрузочная позиция Б. Для того, чтобы уяснить цикл работы станка, представим, что на спутнике 5 закреплена заготовка и станок выполняет ее обработку сначала с одной, а затем — после поворота стола вместе со спутником — с других сторон. За это время на спутник, находящийся в позиции А, устанавливают вторую заготовку. Когда обработка первой заготовки закончится, спутник 5 автоматически передвинется в позицию Б для разгрузки, а на его место поступит спутник 4 со второй заготовкой. В дальнейшем "маятниковое" движение спутников будет повторяться. Для перемещения спутников с позиций А и Б имеются поддерживающие 13 и направляющие 1 ролики.

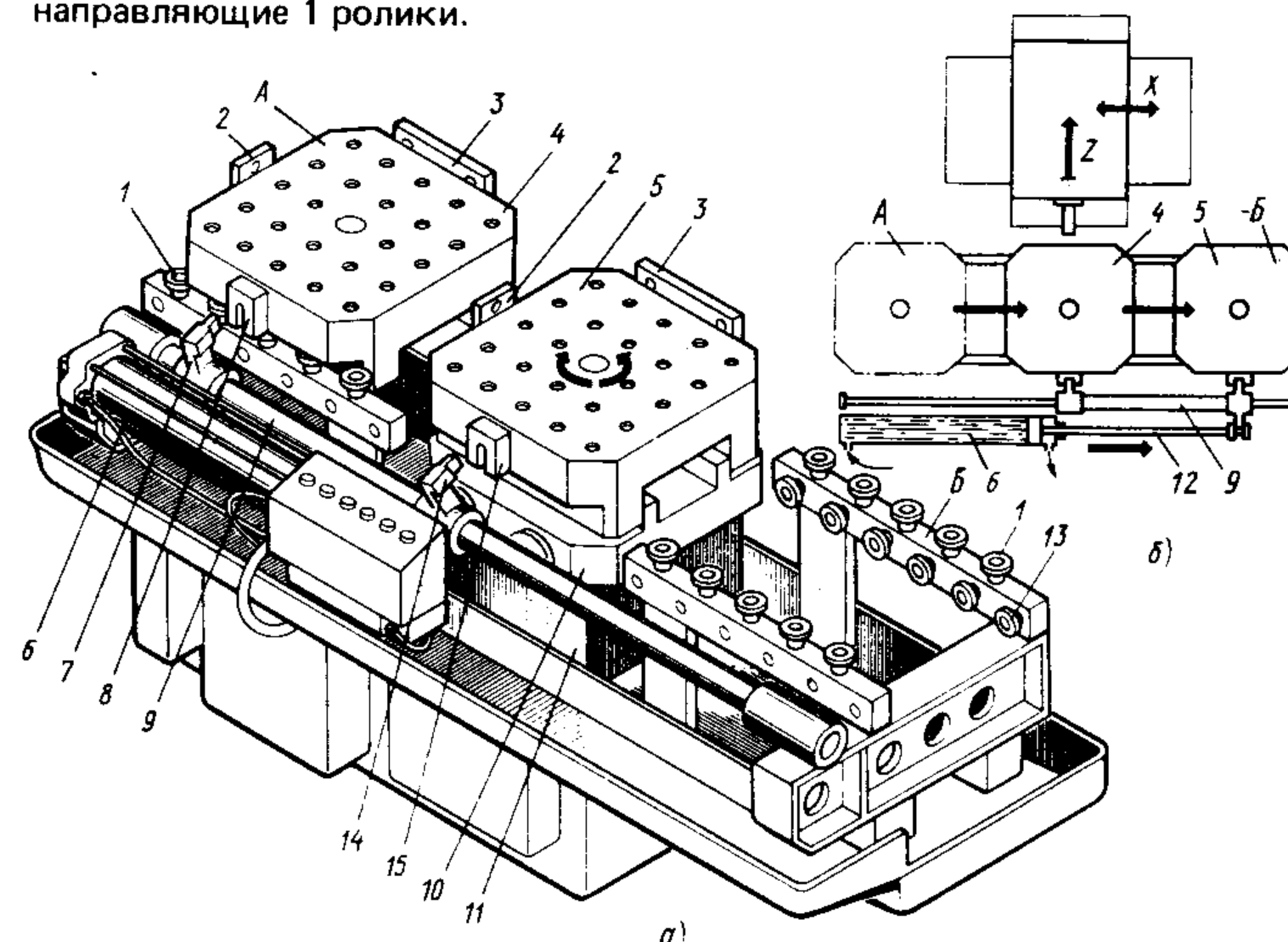


Рис. 67. Автоматизация загрузки с применением приспособлений-спутников: а — общий вид; б — схема действия

Транспортирующим органом служит гидроцилиндр 6, шток 12 которого связан с кареткой 9. На концах каретки имеются захваты 7 и 14, которые могут входить в зацепление с замками 8 и 15 спутников. Для этого каретка поворачивается относительно горизонтальной оси (с помощью механизма, не показанного на рисунке). Отвод захватов от спутников необходим для того, чтобы можно было поворачивать спутник, находящийся в рабочей позиции.

При использовании на МС приспособлений-спутников возникают определенные трудности, связанные с необходимостью точно фиксировать спутник на столе станка. Эта задача решается двумя путями. Первый путь — базирование спутника на столе станка по плоским направляющим и двум базовым факторам с последующим закреплением. В этом случае возможно появление погрешности установки, вызванной наличием зазоров и изнашиванием фиксаторов и их направляющих, а также базовых отверстий спутников.

Второй путь, более сложный, — контроль положения спутника после его закрепления на столе станка, с последующим вводом коррекции, учитывающей погрешность положения спутника, в управляющую программу.

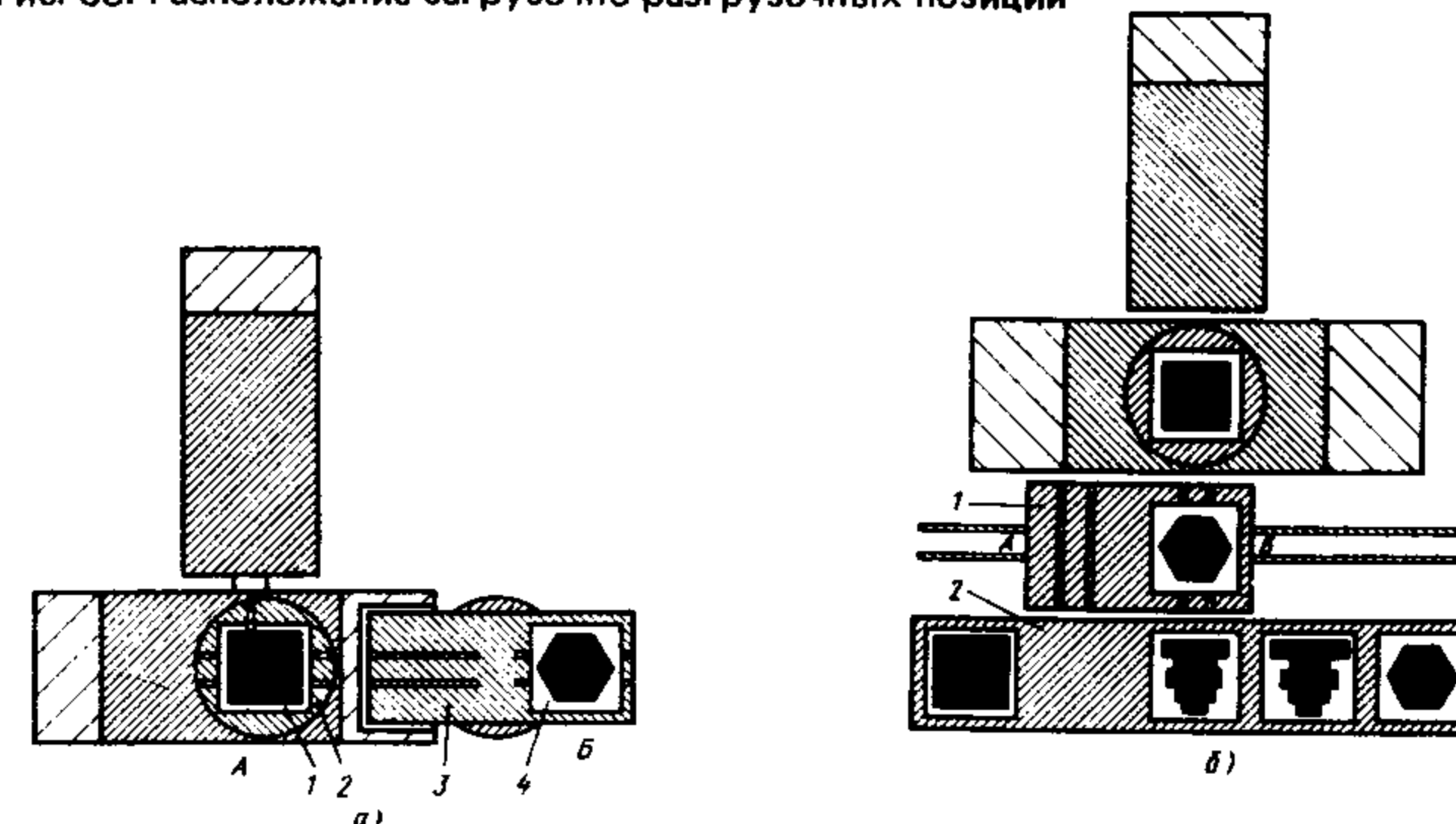
Закрепляют спутники на столе станка двумя основными способами: с помощью силового привода, как правило, гидравлического, с необходимостью подвода масла высокого давления к подвижному и поворотному столу. Второй способ несколько проще. Спутник закрепляется с помощью Г-образных прихватов, автоматически вводимых в пазы плиты спутника и поджимающих спутник к направляющим с помощью мощных тарельчатых пружин. Пружины обеспечивают постоянство силы закрепления спутника в процессе обработки заготовки. При смене заготовок в этом случае встает задача не закрепления, а раскрепления заготовки путем принудительного сжатия тарельчатых пружин. Для этой цели целесообразно использовать устройства, предназначенные для транспортировки спутника с обработанной деталью со стола станка и подачи на него другого спутника.

Вернемся теперь к рис. 67. Мысленно удлиним роликовые направляющие и превратим их в периодически действующий транспортер, связывающий несколько станков в автоматизированный комплекс или автоматическую линию. В этом случае транспортное движение будет происходить всегда в одном направлении. Если же станок работает без непосредственной связи с другими, рассмотренная компоновка неудобна для рабочего-оператора. Он должен постоянно переходить от одной загрузочно-разгрузочной позиции к другой; с обеих сторон станка нужно создавать запас заготовок.

Поэтому стремятся создавать такие компоновки, где загрузка-разгрузка спутников выполняется в одном месте. Примером такой компоновки служит МС ИР-500МФ4 (рис. 68, а).

Рядом со станком установлен двухпозиционный поворотный стол 3 для спутников. В положении, показанном на схеме, станок выполняет обработку заготовки, находящейся вместе со спутником 1 на делительном столе 2 (заготовка условно обозначена квадратом). В позиции Б стола 3 устанавливают на второй спутник 4 следующую заготовку, такую же, как первую, или другую (обозначена шестигранником). По окончании обработки стол станка переходит в крайнее правое положение, и спутник автоматически передвигается на свободную позицию А загрузочного стола. Затем стол поворачивается, и спутник 4

Рис. 68. Расположение загрузочно-разгрузочных позиций



с заготовкой подается на станок. Начинается ее обработка, а в это время в позиции Б обработанную деталь заменяют следующей заготовкой.

Можно расположить загрузочно-разгрузочные позиции не сбоку, а перед станком. Так это сделано, например, в станке ИР-500МФ4 (рис. 68).

На неподвижном дополнительном столе 1 имеются две (А и Б) загрузочно-разгрузочные позиции. В одной из них, например Б, устанавливают заготовку, вторая позиция свободна. По окончании операции стол 1 станка смещается к свободной позиции А, и спутник передвигается в нее механизмом, расположенным на дополнительном столе 2. Затем стол станка смещается вправо к позиции Б, и аналогичный механизм подает спутник с новой заготовкой на рабочую позицию.

Если теперь дать возможность дополнительному столу передвигаться влево — вправо, то на станке можно установить магазин спутников. Такое решение реализовано в технологической секции "Модуль 500", состоящей из станка ИР-500МФ4, приемно-передающей транспортной тележки и магазина для приспособлений-спутников с заготовками. Время смены приспособлений-спутников на столе станка не более 45 с.

Еще более широкими технологическими возможностями обладает автоматизированный комплекс из двух МС, разработанный Одесским заводом прецизионных станков (рис. 69). Здесь объединены общим магазином спутников и транспортным устройством два МС. Один из них (1) — горизонтальный 2204ВМФ4 — обрабатывает заготовку, закрепленную на спутнике 2, находящемся на поворотном столе 3. Это позволяет обработать все отверстия и другие поверхности, расположенные с четырех сторон заготовки. Обработка с пятой стороны (сверху) выполняется на втором (4), вертикальном станке 2254ВМФ4, куда спутник с заготовкой передается с помощью транспортной тележки 5. Передача спутников из магазина 6 к станкам и обратно осуществляется автоматически, подобно тому как это сделано в технологической секции "Модуль 500". Емкость магазина — 14 спутников, время смены спутников на станке 22 с.

Подобные комплексы создают и для крупных МС. Здесь в дополнение к магазину спутников устанавливают магазины для сменных инструментальных головок и тем самым еще более расширяют технологические возможности и повышают эффективность использования МС.

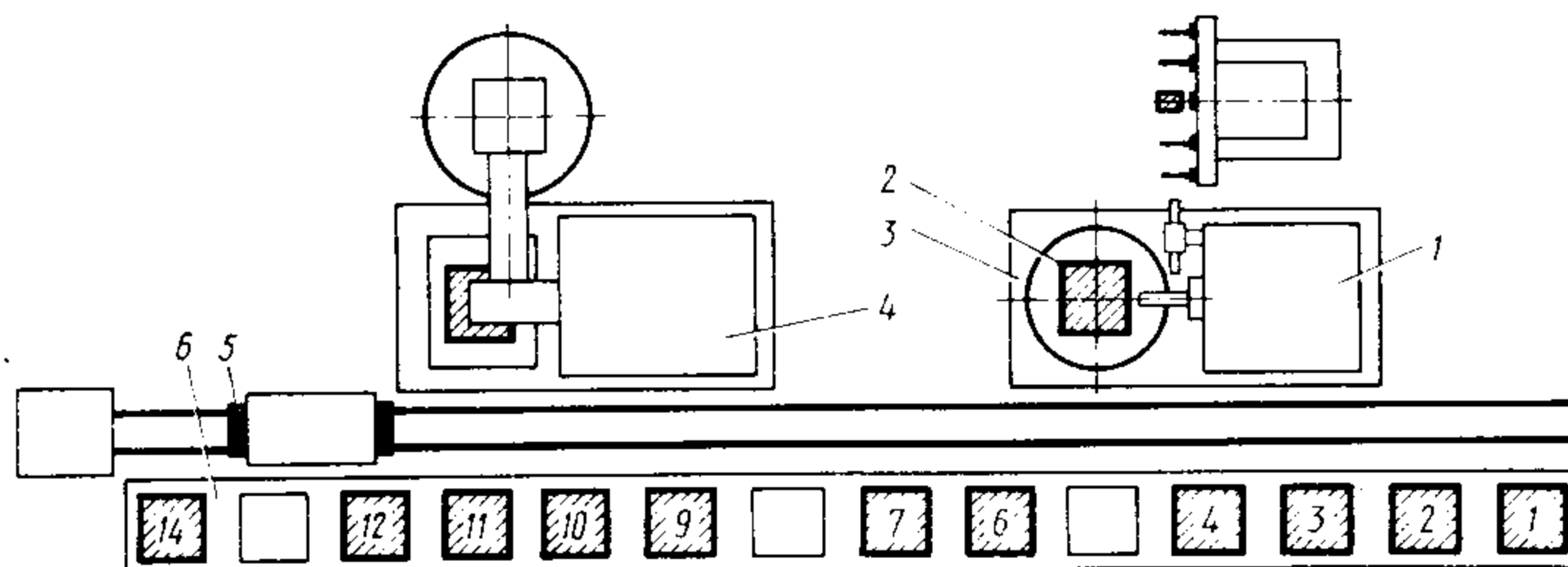


Рис. 69. Схема автоматизированного технологического комплекса

Создание технологических модулей и автоматизированных комплексов открывает перспективы дальнейшего повышения эффективности многооперационных станков. Вместо неподвижного магазина можно установить автоматически действующий кольцевой или другой транспортер, объединив им целую группу станков. Управление всей системой будет выполнять единая ЭВМ. Технологические секции с кольцевыми транспортерами-накопителями применяют и для токарных МС. В этом случае передача заготовок или спутников с заготовками на станок и обратно выполняется с помощью промышленного робота, обслуживающего несколько станков. Автоматизированные комплексы и системы могут работать в три смены при одно- или двухсменной работе большинства рабочих, наладчиков, инженеров. В дневную смену подготавливают и закрепляют заготовки в спутниках, устанавливают их в магазин или на транспортер, выполняют подготовку инструментальных наборов, наладку станков, проводят организационно-техническое обслуживание и т.д. В ночную смену в цехе работают только несколько наладчиков и операторов, наблюдающих за работой оборудования, сменяющих комплекты инструментов, периодически контролирующего качество обработанных деталей, устраняющих в случае необходимости мелкие неполадки и неисправности. Такие системы станут в недалеком будущем основой комплексно-автоматизированного мелко- и средне-серийного производства.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ И РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Для достижения высокой эффективности работы МС всю обработку заготовок стремятся выполнять на одном станке, за один — два установка. Но приходится считаться с опасностью искажения формы обработанных деталей вследствие перераспределения остаточных напряжений, имеющих в исходной заготовке. В этих случаях технологический процесс разделяют на операции черновой (обдирочной) и последующей обработки. Черновую обработку выполняют на мощных, особо жестких станках (с ЧПУ или универсальных), и детали направляют на термообработку для снятия внутренних напряжений. Дальнейшая механическая обработка выполняется на многооперационном станке.

Обработку посадочных отверстий под опоры валов в противоположных стенках корпусных деталей выполняют на МС консольно закрепленными инструментами, последовательно, с поворотом заготовки вместе со столом станка на 180° . Достижимая соосность отверстий зависит от точности делительного стола. Погрешность деления не долж-

на превышать половины поля допуска на отклонение взаимного расположения отверстий по чертежу детали. Для увеличения жесткости шпиндельного узла растачивание отверстий стремятся выполнять с постоянным вылетом шпинделя, за счет перемещения стола или стойки станка. Дело в том, что жесткость выдвижной пиноли в десятки раз меньше жесткости шпиндельной бабки. Поэтому на МС с выдвижной пинолью шпинделя приходится снижать режимы резания, чтобы получить высокую точность обработки. Только при изготовлении особо точных корпусных деталей окончательную обработку наиболее важных отверстий завершают в отдельной операции, на прецизионных расточных станках.

При невысоких требованиях к точности обработку одинаковых отверстий несколькими инструментами на МС чаще выполняют последовательно: сначала все отверстия одним инструментом, затем следующим (при условии, если смена инструмента на данном станке требует больше времени, чем позиционирование стола). Если требования к точности диаметров и формы отверстий высокие, их стремятся обрабатывать полностью по отдельности, со сменой инструментов у каждого отверстия и с перемещением шпинделя только по оси Z. В противном случае погрешность обработки будет увеличиваться за счет погрешности позиционирования.

Фрезерование плоскостей выполняют торцовыми и концевыми фрезами с твердосплавными многогранными неперетачиваемыми пластинами МНП. Обработку обычно ведут в два перехода. Первый — черновое фрезерование при больших припусках целесообразно производить торцовыми фрезами последовательными проходами вдоль обрабатываемой поверхности. Ширину поверхности, обрабатываемой за один рабочий ход инструмента, а следовательно, и диаметр фрезы выбирают такими, чтобы отжатие инструмента не сказывалось на точности чистового перехода. Поэтому при неравномерном большом припуске диаметр фрезы приходится уменьшать. Чистовой переход стремятся выполнять фрезой, диаметр которой позволяет захватить всю ширину обработки.

Для получения особо низкой шероховатости поверхности при малых припусках применяют торцовые фрезы с пластинами из эльбора и минералокерамики.

Концевыми фрезами открытые плоскости обрабатывают реже, главным образом тогда, когда эту же фрезу используют для фрезерования других поверхностей — уступов, пазов, с тем чтобы уменьшить номенклатуру применяемых инструментов.

Обработку пазов, окон и уступов ведут обычно концевыми фрезами, оснащенными твердым сплавом.

Для повышения точности обработки по ширине паза и сокращения номенклатуры фрез диаметр инструмента принимают несколько меньшим ширины паза. Обработку выполняют последовательно: вначале фрезеруют среднюю часть паза, затем обе стороны, используя возможность получения высокой точности паза по ширине за счет введения коррекции на радиус фрезы. В конце цикла коррекцию отменяют.

Для повышения стойкости, улучшения стружкоотвода при обработке глухих пазов применяют концевые фрезы с увеличенным углом наклона спирали и полированными канавками. Для облегчения врезания с осевой подачей применяют фрезы (рис. 70, б) с особой заточкой торцевых зубьев. Увеличение жесткости фрезы достигается в конструкции с усиленной сердцевинной конической формы и переменной глубиной ка-

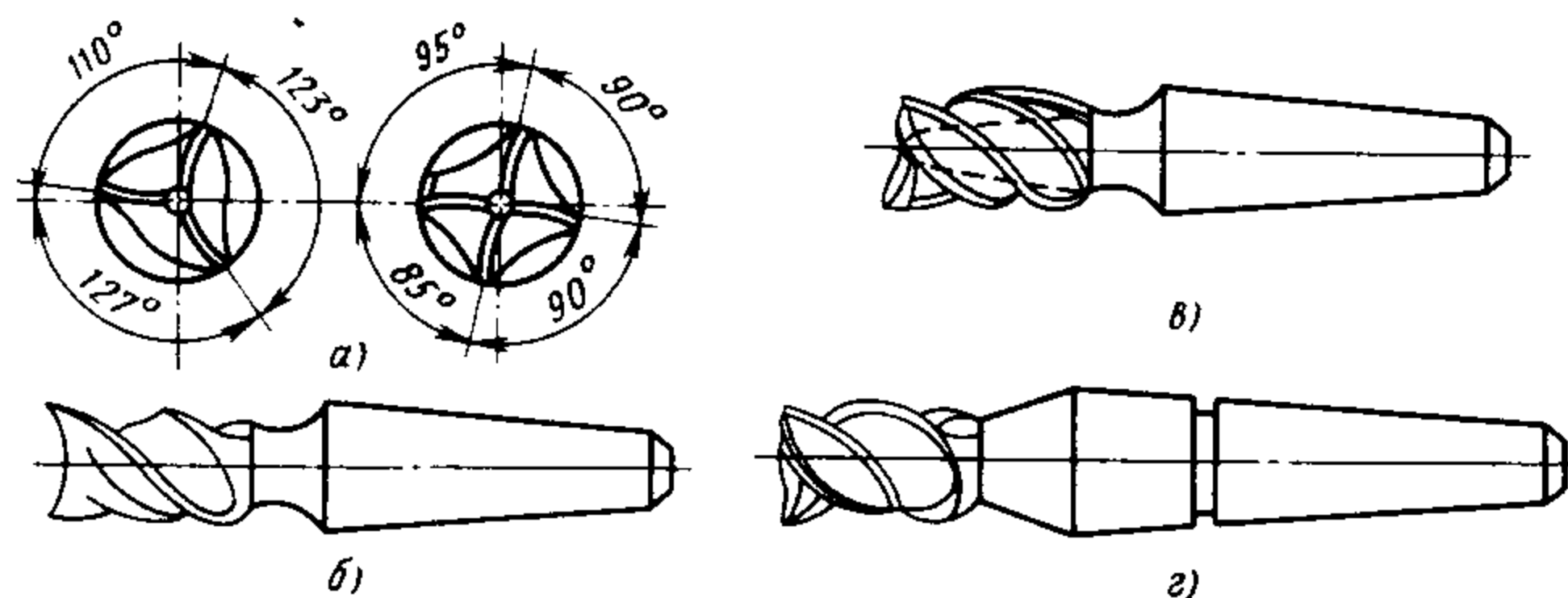


Рис. 70. Концевые фрезы для станков с ЧПУ:

а — разношаговые; б — для работы с осевой подачей; в, г — увеличенной жесткости

навок (рис. 70, в). При увеличенных вылетах фрезы, обусловливаемых конфигурацией заготовки, используют фрезы с усилительным конусом (рис. 70, в). Уменьшение вибрации достигается у фрез с тремя и четырьмя (рис. 70, а) зубьями благодаря различному расстоянию между ними ("разношаговые фрезы").

Обработка отверстий — самый распространенный вид технологических переходов на МС. Среди них: сверление и нарезание резьбы в крепежных отверстиях под болты, винты и шпильки; сверление, зенкерование, развертывание, растачивание точных посадочных отверстий, гладких и ступенчатых; обработка предварительно отлитых отверстий. Черновая обработка отверстий часто производится обдирочными фрезами (рис. 71).

Для сокращения времени сверления спиральными сверлами и повышения стойкости инструментов используют быстрое автоматическое изменение режима резания. После ускоренного подвода сверла к заготовке включается рабочая подача, а после того, как большая часть отверстия будет просверлена, подачу уменьшают во избежание поломки инструмента из-за скачкообразного изменения нагрузки при выходе сверла из отверстия. Если имеется литейная корка на входе или выходе из отверстия, на этих участках предусматривают в программе уменьшение частоты вращения шпинделя.

В связи с тем, что на МС сверление выполняется, как правило, без кондуктора, широко применяют засверливание отверстий короткими жесткими сверлами — своеобразную разметку расположения будущих отверстий. При работе по литейной корке это позволяет решить и другие задачи: облегчить врезание и повысить стойкость сверл небольшого диаметра и вместе с тем снять фаску на входе в отверстие, если она предусмотрена чертежом. Засверливание целесообразно применять для обработки отверстий диаметром до 8 — 15 мм в деталях из черных металлов (рис. 72).

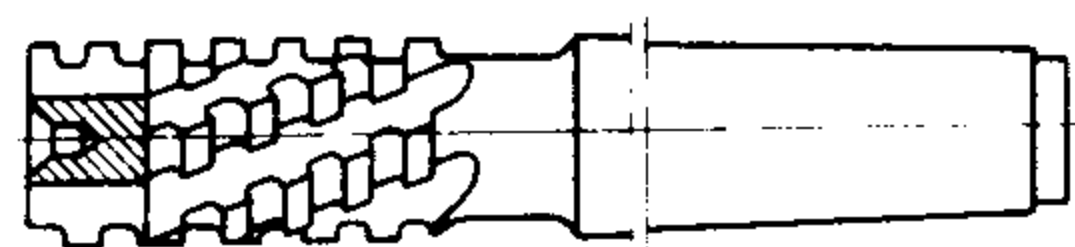


Рис. 71. Концевая обдирочная фреза

Рис. 72. Обработка отверстия с засверливанием:
а — засверливание с получением фаски;
б — сверление

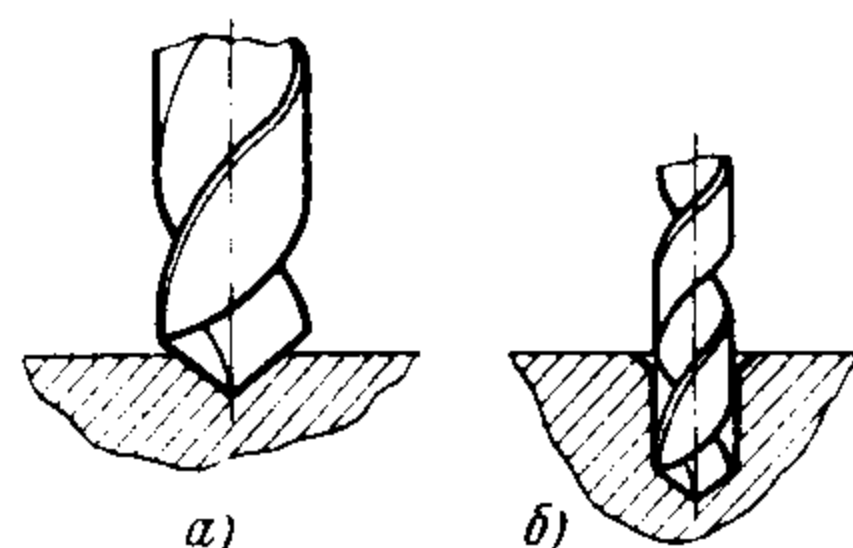
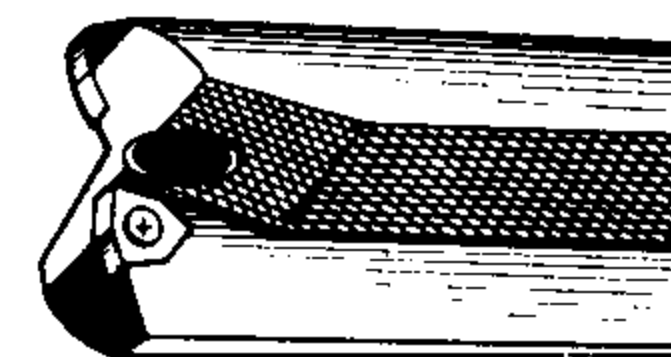


Рис. 73. Сверло с МНП и внутренним подводом охлаждения



Для обработки отверстий в корпусных заготовках весьма эффективным оказалось применение инструментов, предназначенных раньше только для сверления глубоких отверстий, например, двухкромочных сверл. Такие сверла с механическим креплением трехгранных твердосплавных пластин, с делением припуска по ширине среза и внутренним подводом СОЖ позволяют в 3 — 5 раз повысить режим резания по сравнению с обычными спиральными сверлами.

Одна из пластин сверла, показанного на рис. 73, расположена у оси инструмента, вторая — на периферии; она работает при большой скорости резания. Для повышения стойкости пластину покрывают тонким слоем карбида титана. СОЖ подводят через кольцевой водоприемник (на рисунке не показан), установленный на сверле. В шпиндель сверло подается, как обычно, автооператором, но непосредственно перед выполнением сверления необходимо вручную подсоединить к штуцеру водоприемника с помощью быстроразъемной муфты шланг от насоса для подачи СОЖ.

Для сокращения числа переходов, исключения зацентровки и расверливания отверстий целесообразно применять ступенчатые сверла. Усовершенствованная конструкция таких сверл разработана во ВНИИинструменте (рис. 74) [9]. Сверло имеет отдельные винтовые канавки для каждой ступени, что улучшает отвод стружки и позволяет увеличить количество переточек по сравнению со сверлами, имеющими общую винтовую канавку. Испытания сверл при обработке деталей из основных конструкционных сталей показали, что новые сверла по сравнению с ранее применявшимися обеспечивают повышение точности расположения отверстий (отклонение при позиционировании $+0,025 : 0,1$ без предварительной зацентровки) и производительности — в 2 — 2,5 раза. Большие возможности повышения производительности при обработке отверстий имеются в использовании комбинированных инструментов.

Если отверстие в исходной заготовке отсутствует, можно использовать инструменты (рис. 75), сочетающие сверло С и зенкер З. Применяют и трехступенчатые инструменты (рис. 75, б). Передняя часть (первая ступень) изготовлена из инструментальной стали, а вторая и третья части,

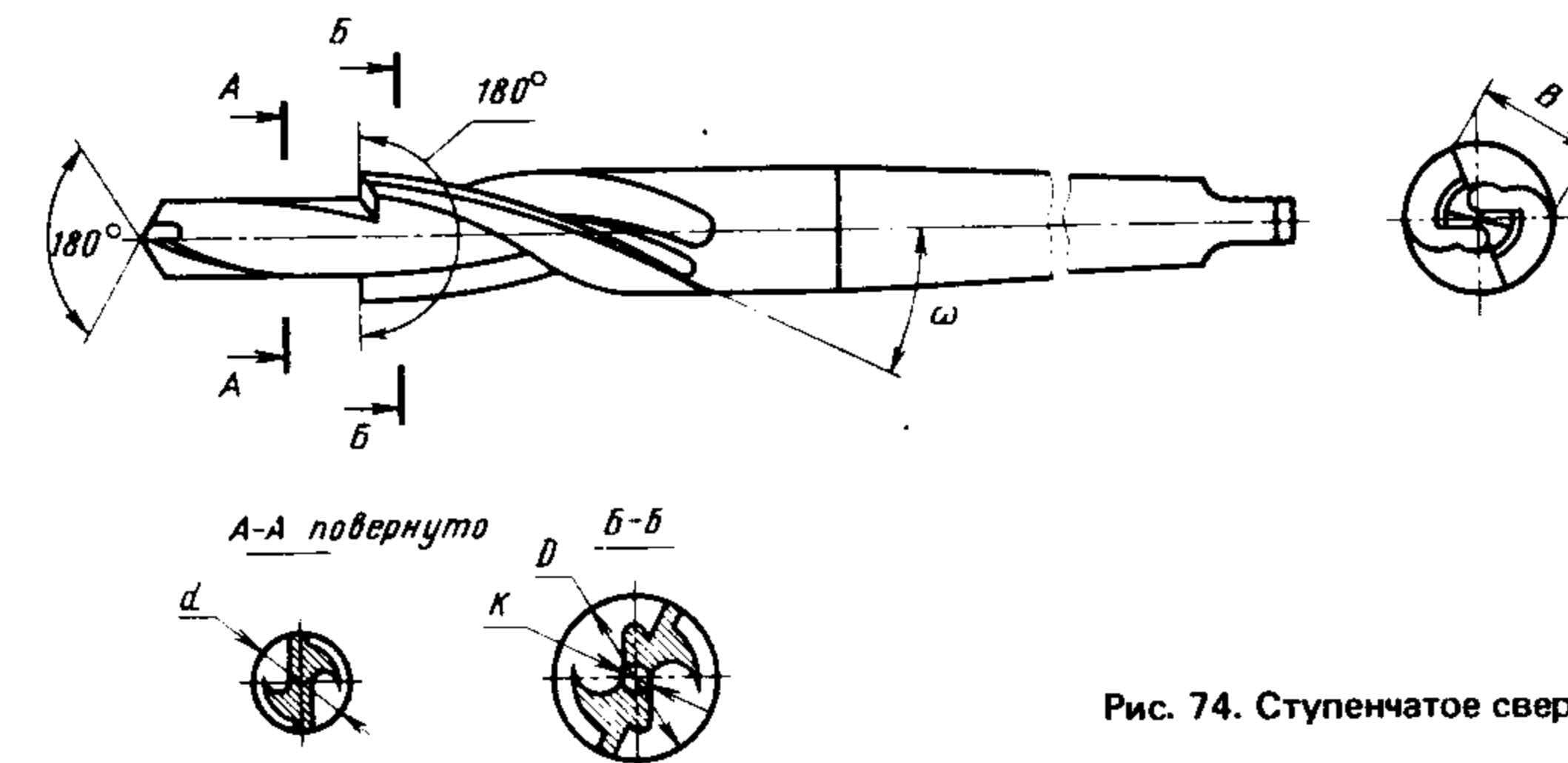


Рис. 74. Ступенчатое сверло

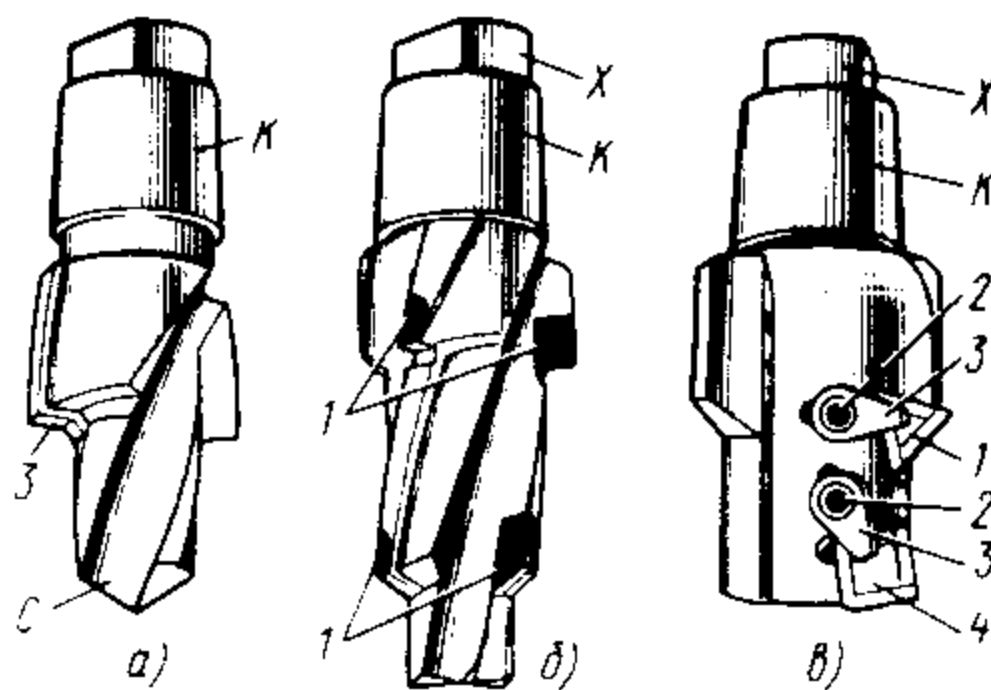


Рис. 75. Инструменты для обработки отверстий:
а — сверло-зенкер; б — ступенчатый зенкер; в, г — ступенчатые зенкеры с МНП

работающие с более высокими скоростями резания, оснащены твердосплавными пластинами 1. Такой инструмент работает по ранее просверленному отверстию. В зависимости от формы, размеров и расположения твердосплавных пластин вторая и третья ступени могут иметь различное назначение. Так, например, обе ступени могут выполнять роль зубьев зенкера, увеличивающего диаметр отверстия. В другом конструктивном варианте третья ступень может служить для подрезания торца на входе в отверстие. При заточке зубьев этой ступени на конус она используется для снятия фаски на выходе. На рисунке показан вариант применения комбинированного зенкера для обработки ступенчатого отверстия. Первые две его ступени обрабатывают отверстие меньшего диаметра, третья — отверстие большого диаметра. Благодаря тому, что зубья третьей ступени заточены с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$ переход от одного диаметра отверстия к другому получается прямоугольным.

В связи с развитием конструкций механического крепления твердосплавных пластин и повышением точности изготовления пластин стало возможным использовать сменные пластины даже в небольших зенкерах и фрезах. Один из примеров такого зенкера показан на рис. 75, в. Первая ступень зенкера образована квадратными пластинами 4, вторая — треугольными пластинами 1. На передней поверхности каждой пластины имеются канавки радиусной формы. Благодаря этому инструмент имеет положительные передние углы. Каждая твердосплавная пластина закрепляется в корпусе прихватом 3 и винтом 2 с внутренним шестигранником. Первая ступень этого зенкера предназначена для обработки отверстия, вторая — для снятия фаски на выходе.

Конструкция зенкера, приведенная на рис. 75, г, отличается возможностью регулирования настроечного размера для одной из ступеней. Первую ступень образуют здесь квадратные твердосплавные пластинки 1, прикрепленные винтами 2 непосредственно к корпусу инструмента. Пластинки 4 второй ступени закреплены винтами 2 на державках 5, положение которых в корпусе можно регулировать с помощью винтов 6. Настройка каждой державки с пластиной на заданный размер выполняется в инструментальном цехе по специальному прибору — используется метод взаимозаменяемой настройки. Державка закрепляется в корпусе винтами. Все инструменты, показанные на рисунке, закрепляются в переходных втулках. Инструмент посадочным конусом К центрируется в отверстии оправки и закрепляется хвостовиком Х. Переходная оправка вместе с инструментом вставляется в основную инструментальную оправку станка и закрепляется от выпадения одним или двумя винтами. Крутящий момент передается с помощью шпонки 8. Для регулирования осевого вылета инструмента из шпинделя служит регулиро-

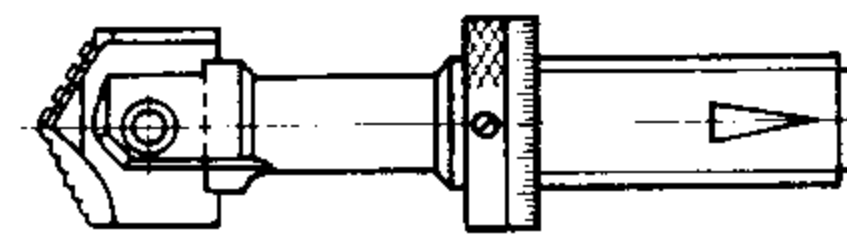


Рис. 76. Перовое сборное сверло

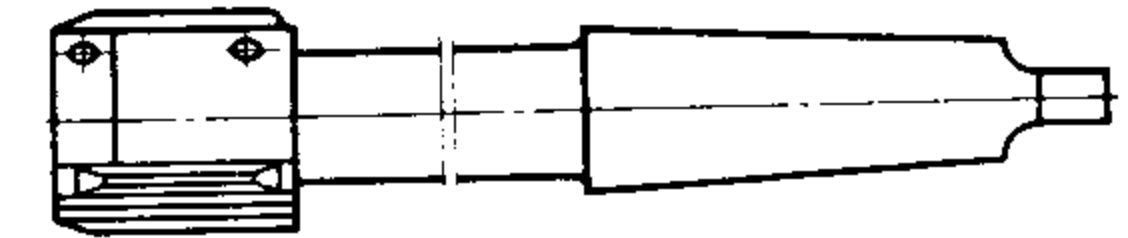


Рис. 77. Однолезвийная развертка со сменным ножом

вочная гайка 7. При вставлении переходной оправки в основную гайка упирается в торец последней.

В машиностроении находят широкое применение высокопроизводительные перовые сверла (рис. 76).

Для окончательной обработки точных отверстий кроме обычных разверток применяют предназначенные для МС однолезвийные развертки со сменными перетачиваемыми пластинами из твердых сплавов групп ВК и ТК (рис. 77).

Нарезание крепежных резьб диаметрами 8 — 27 мм целесообразно выполнять усовершенствованными метчиками с рабочей частью из быстрорежущей стали с покрытием TiN, производство которых освоено многими отечественными инструментальными заводами.

Обтачивание и растачивание на токарных и других МС выполняют резцами с механическим креплением трех-, четырех-, пятигранных, круглых, ромбических твердосплавных пластин. Разработана прогрессивная конструкция крепления пластин (рис. 78) [8]. Пластина поджимается к базовым поверхностям державки рычагом, поворачиваемым под действием шарика, на который воздействует винт с внутренним шестигранником. Разработаны также способы крепления твердосплавных пластин, не имеющих центрального отверстия.

В нескольких конструкциях державок резцов (рис. 79) предусмотрены винты для настройки инструментов на размер вне станка.

Специально для станков с автоматической сменой инструментов предназначены регулируемые расточные головки с многогранными твердосплавными пластинами с износостойким покрытием (рис. 80).

Чистовое растачивание отверстий обеспечивает более высокую точность расположения и формы отверстия, чем развертывание. Для получения наиболее точных диаметров отверстий широко используют резцы-вставки к расточным оправкам с микрометрической настройкой на размер. Устройство микроработы показано на рис. 81. Державка 7 с закрепленным с помощью винта 9 резцом 8 перемещается во время настройки на размер во втулке 5 при вращении лимба 6. Шпонка 4 предотвращает поворот державки. Для устранения зазоров в сопряжениях имеется комплект тарельчатых пружин 1, размещенный в выточке втулки 5. Пружины упираются в буртик втулки 3, ввернутой в державку, и стремятся сдвинуть ее вниз. Винт 2 служит для грубой

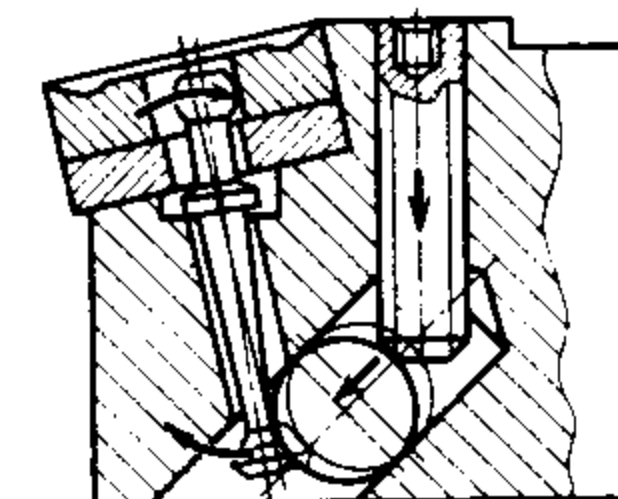


Рис. 78. Схема крепления пластин резцов

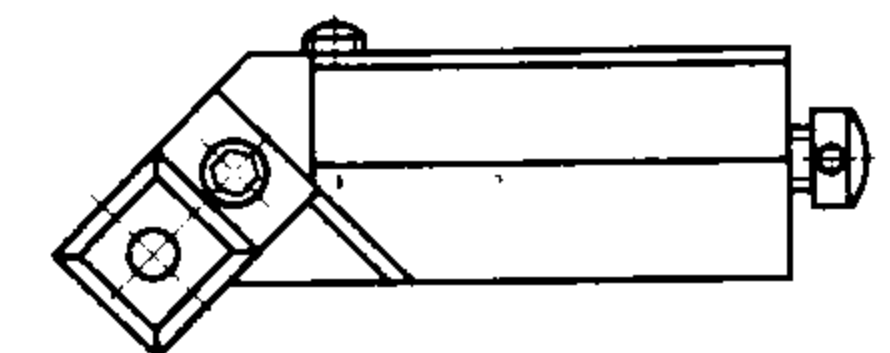


Рис. 79. Резец с настроечными винтами

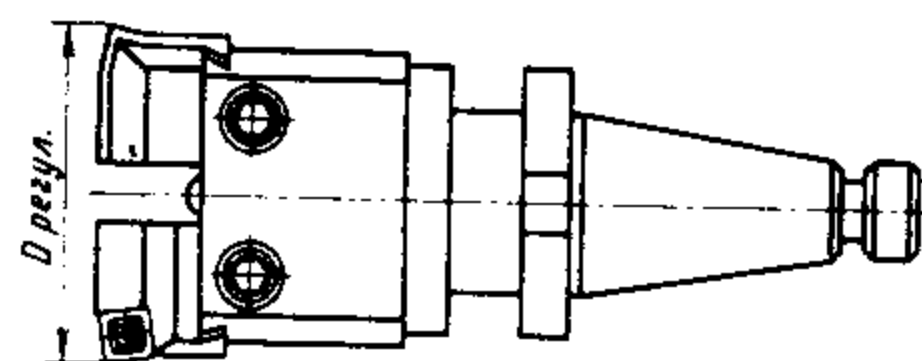


Рис. 80. Расточная регулируемая головка для МС

Рис. 81. Расточная оправка с тонкой регулировкой на размер

настройки резца на размер. Тонкая настройка достигается поворотом лимба с ценой деления 0,01 мм. На торце втулки 5 имеется нониус, позволяющий производить отсчет перемещений резца с точностью 1 мкм. При изменении размера на величину более 0,5 мм используют винт 2.

На некоторых машиностроительных заводах разрабатывают и изготавливают оправки с микрометрическим регулированием на размер собственных конструкций. Одна из них показана на рис. 82.

Резец 1 круглого сечения имеет со стороны, противоположной

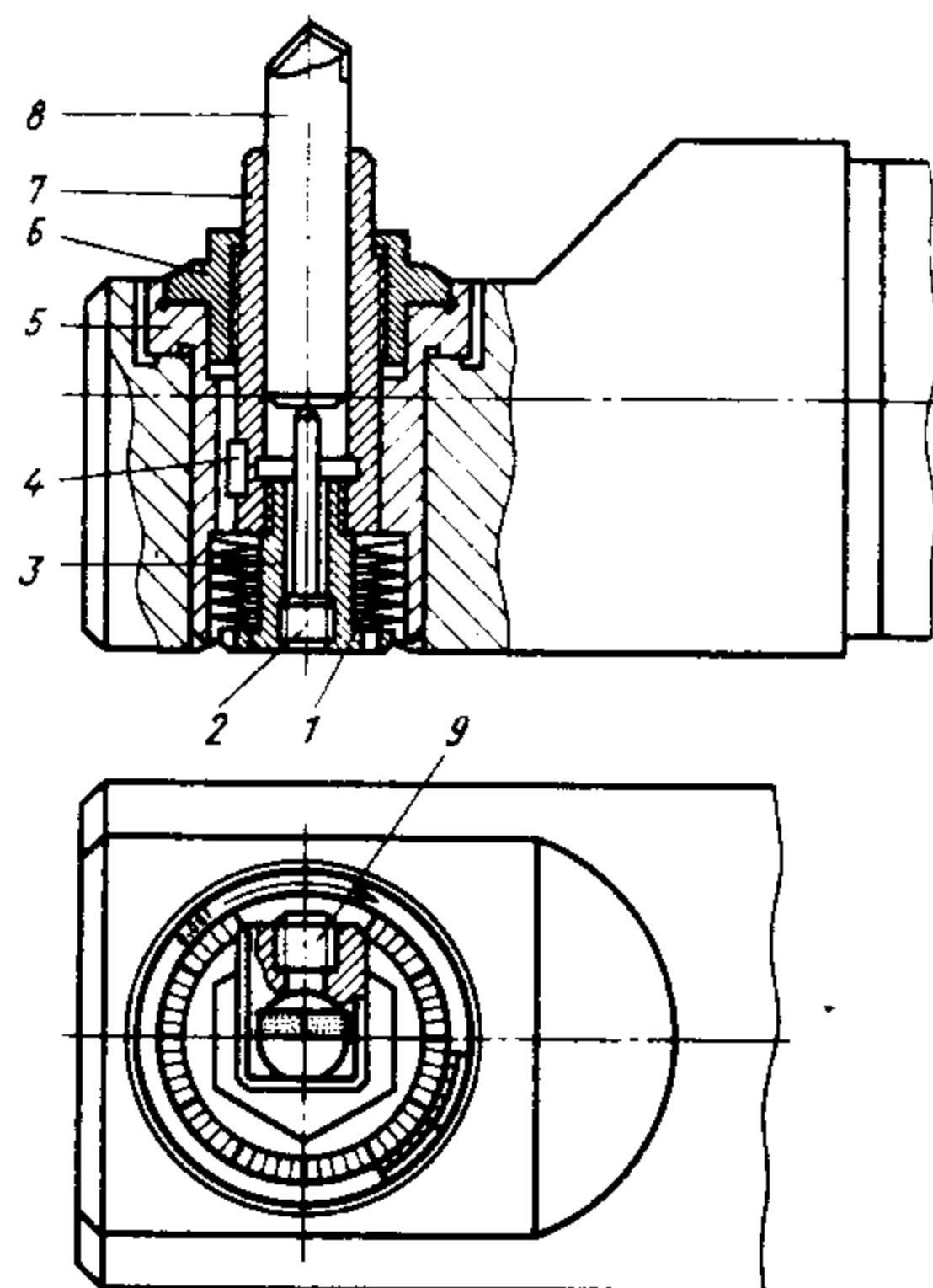
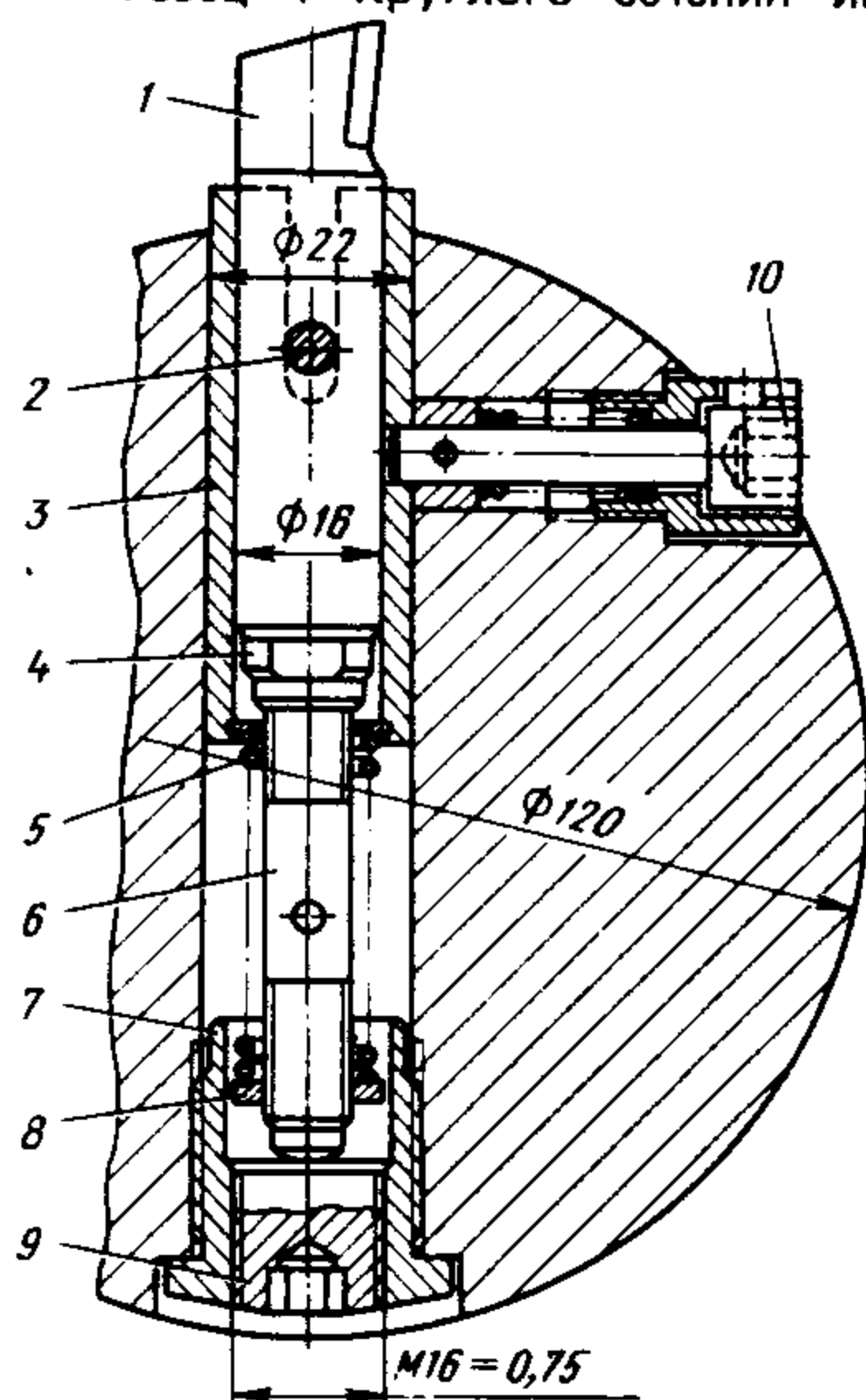


Рис. 82. Конструкция расточной оправки с регулируемым резцом

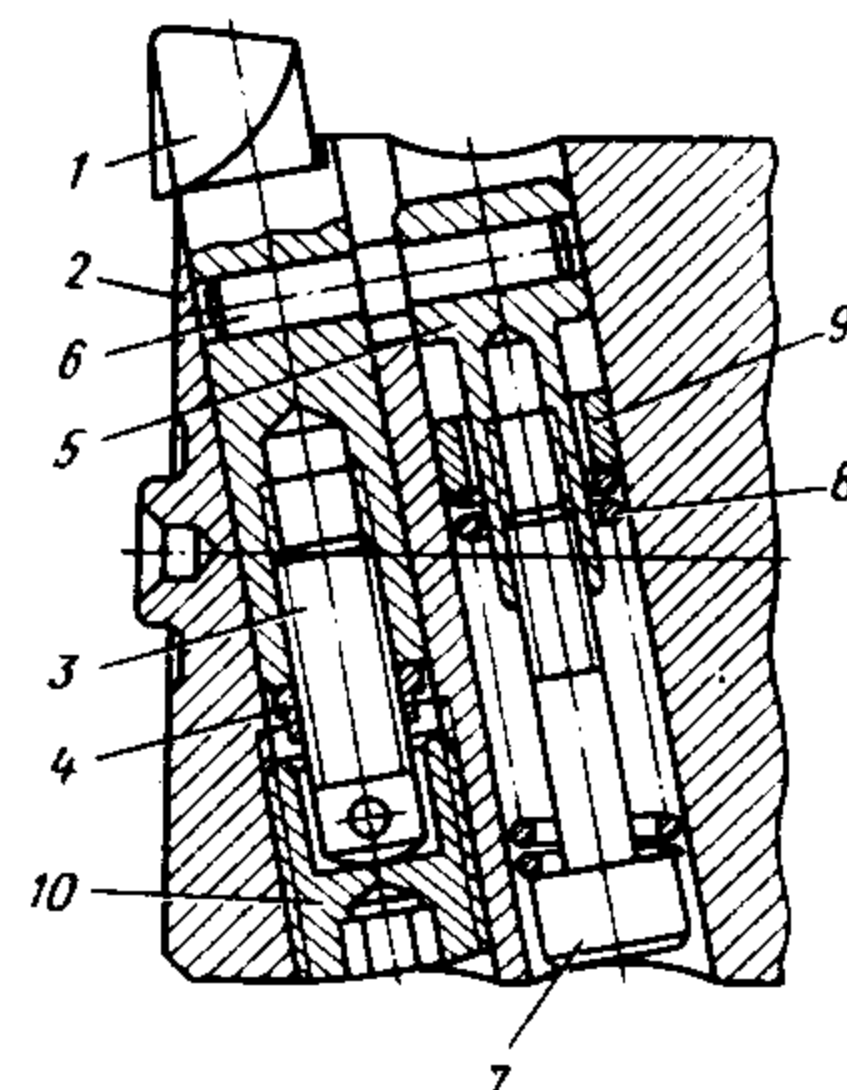


Рис. 83. Резцовая быстросменная регулируемая вставка с резцом, установленным на размер вне борштанги

режущей кромке, резьбовое отверстие, в которое вворачивается регулировочная шпилька 6 со сферой на рабочем торце. Шпилька крепится контргайкой 4. Резец вставляется во втулку 3, на шпильку надевается пружина 5 и наворачивается гайка 8. Резец ориентируют во втулке с помощью штифта 2. Затем резец вместе с втулкой вводят в отверстие оправки до тех пор, пока он не упрется в торец микрометрического винта 9. Необходимо надавить на втулку 3, сжимая пружину 5 так, чтобы фиксатор 10 вошел в отверстие втулки 3. Микрометрический винт 9 расположен в гайке 7, которая вворачивается в оправку.

На рис. 83 показана конструкция резцовой вставки. Резец 1 круглого сечения расположен в наклонном отверстии расточной оправки 2. Резец имеет регулировочный винт 3 и контргайку 4. После настройки длины резца вне оправки в специальном приспособлении резец устанавливают в оправку вместе с тягой 5 и штифтом 6. Винт 7 вворачивается в тягу и с помощью пружины 8 обеспечивает натяг для прижима резца к торцу микрометрического винта 10. Упорная втулка 9 крепится в отверстии оправки винтом, не показанным на рисунке.

Длительный опыт эксплуатации таких резцовых вставок показал их высокую надежность и точность регулировки резца в обоих направлениях. Для чистовой обработки отверстия крепление резца не требуется. Отсутствие крепления резца позволяет устранить погрешность его зажима.

При обработке отверстий, полученных в заготовке при отливке, возможны различные варианты. Характерным для станков с ЧПУ, оснащенных контурной системой управления, является использование контурного фрезерования. Этим способом можно обработать отверстие (рис. 84, а) и его наружный торец (рис. 84, б). Фреза совершает планетарное движение: вращение вокруг своей оси и относительно оси обрабатываемого отверстия. Устанавливая в шпиндель дисковую фрезу, обрабатывают методом контурного фрезерования внутренний торец отверстия и кольцевые канавки (рис. 84, в). Для получения точных отверстий после контурного фрезерования следует одно-, двух- или трехкратное растачивание.

Вместе с тем применяют и традиционную черновую обработку — растачивание отверстия твердосплавным резцом или резцовым блоком. Выбирая наиболее рациональный вариант обработки, можно руководствоваться рекомендациями, приведенными в табл. 1. При этом нужно учитывать, что контурное фрезерование обеспечивает повышение производительности по сравнению с растачиванием в случаях снятия больших и неравномерных припусков, обработки крупных отверстий при длине отверстия, не превышающей длину режущей части фрезы.

Еще один характерный способ обработки применяют при высоких требованиях к точности формы и взаимного расположения отверстий в литых корпусных заготовках. Чтобы смещение отверстий и неравномерный припуск, вызванные погрешностями литья, не влияли на точность изделия, отверстия не отливают, а сверлят непосредственно в сплошном металле, используя инструмент для кольцевого свер-

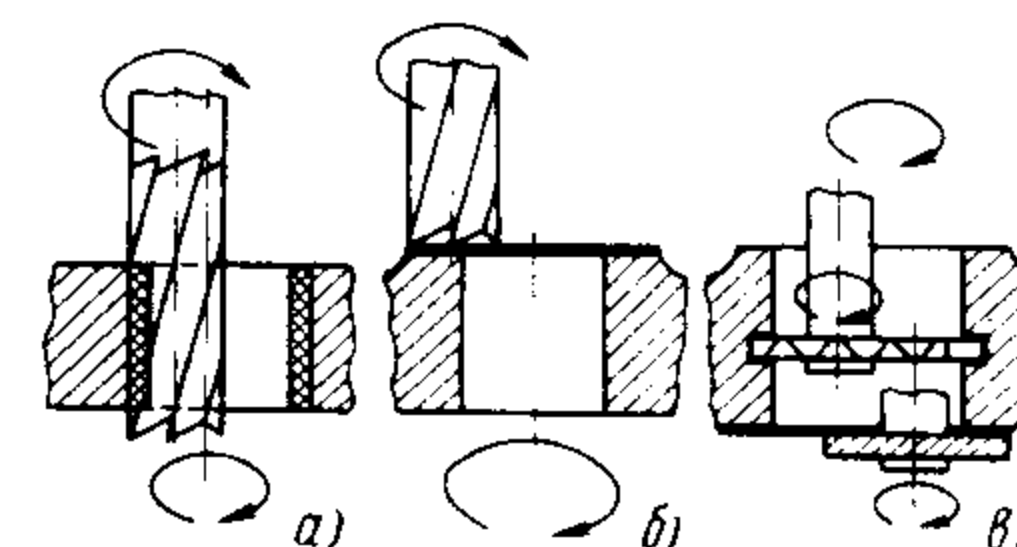


Рис. 84. Способы использования контурного фрезерования для обработки отверстий

**1. Рекомендуемый порядок обработки
отлитых (проштых) отверстий диаметром 50 мм и более
на многооперационных станках**

Заданные требования к качеству обработки отверстия		Порядок обработки при допуске на межцентровое расстояние, мм	
Квалитет точности	Rz, мкм	0,05 – 0,3	Св. 0,3
12 – 13	80	Ф + РТ	Ф или РТ
11	40	Ф + РТ или 2 РТ	Ф + РТ или 2 РТ
	20	Ф + 2РТ или 3РТ	Ф + РТ или 2РТ
9	20	Ф + 2РТ	
	10	Ф + 3РТ или 4РТ	
6	10	Ф + 3РТ или 4РТ	

Обозначения: Ф — контурное фрезерование; РТ — растачивание; 2РТ, 3РТ, 4РТ — двух-, трех- и четырехкратное растачивание.

ления, который прорезает насквозь кольцевую канавку в стенке отверстия. Для лучшего направления инструмента предварительно засверливают отверстие сверлом небольшого диаметра.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Вспомогательные инструменты служат для соединения режущих инструментов со шпинделями станков или суппортами. На МС для обработки корпусных заготовок вспомогательными инструментами являются оправки различного назначения. Необходимость применения нескольких оправок связана с разнообразием конструкций, размеров и другими особенностями режущих инструментов. Для того, чтобы сократить номенклатуру оправок, снизить затраты на их изготовление и эксплуатацию, разрабатывают и используют системы унифицированных вспомогательных инструментов. Система вспомогательных инструментов для МС (кроме токарных) включает наборы элементов для инструментальных оправок с конусностью 7:24, размерами (по ИСО) 30, 40, 45, 50 и 60 мм.

В каждый из наборов кроме основной оправки, закрепляемой в шпинделе станка, входят различные оправки, переходные втулки и патроны для закрепления режущих инструментов. Среди них — переходные втулки с посадочным отверстием конуса Морзе и дополнительным осевым креплением винтом концевой режущего инструмента, цанговые патроны, расточные головки с тонкой регулировкой на размер, оправки и патроны для закрепления фрез и другие. Схема построения инструментального комплекса для многооперационных станков представлена на рис. 85. В него входят шпиндельные оправки ШО, предназначенные для непосредственного закрепления режущего инструмента РИ или для установки переходных оправок ПО, позволяющих регулировать вылет закрепляемых в них инструментов. Оправка ШО встав-

Рис. 85. Схема построения инструментального комплекса

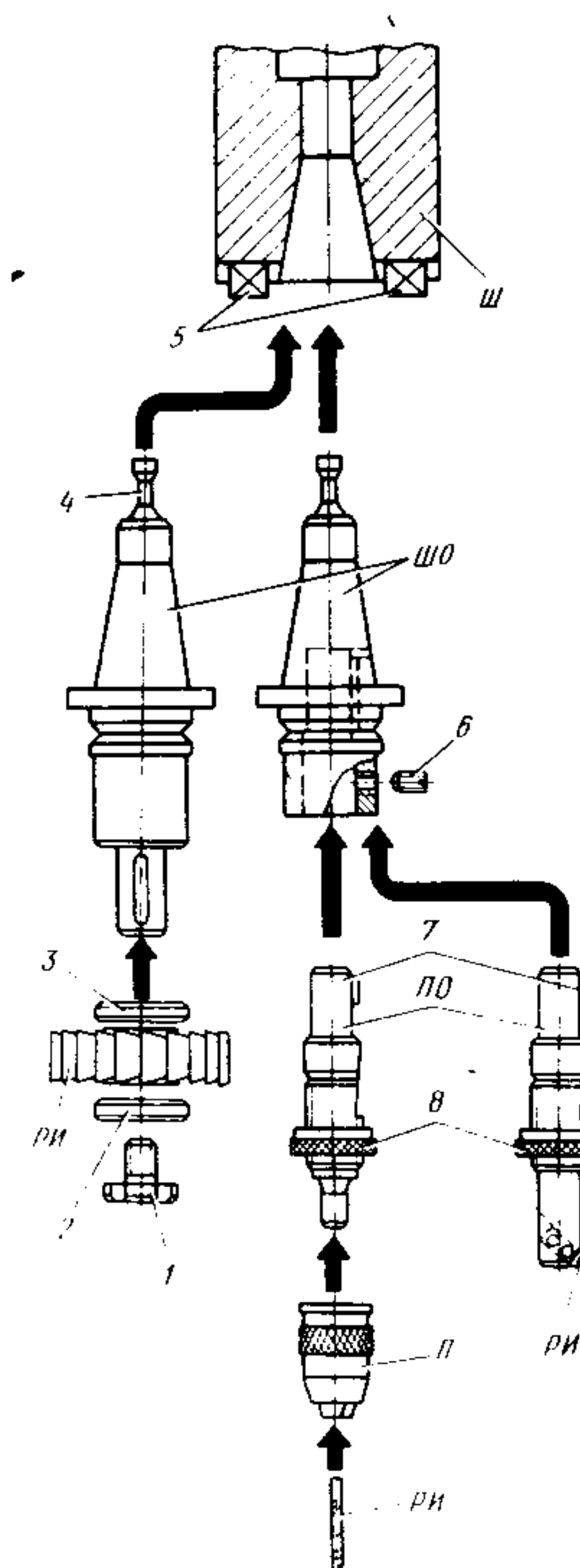
ляется в коническое отверстие шпинделя Ш и затягивается в нем с помощью хвостовика 4. Крутящий момент передается шпонками 5, входящими в пазы фланца оправки. Для закрепления инструментов используют винты 1, шайбы 2, 3, патроны П. Вылет переходной оправки из шпинделя регулируется гайкой 8, а ее закрепление осуществляется винтом 6. Крутящий момент передается шпонкой 7.

Инструментальный комплекс в целом представлен на рис. 86. Показаны типичные конструкции шпиндельных и переходных оправок и закрепляемые в них инструменты.

Большая работа по унификации вспомогательных инструментов для станков с ЧПУ и МС проведена в ЭНИМСе. Разработан руководящий материал РТМ2 П10-2-79 "Система вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ". Система включает три подсистемы: 1 — для станков с коническим посадочным отверстием шпинделя; 2, 3 — для токарных станков.

Первая подсистема (рис. 87, а) включает ряд шпиндельных оправок (1.1 — 1.15), переходных оправок (1.16 — 1.25) и патронов (1.26 — 1.29). Среди оправок, закрепляемых непосредственно в шпинделе станка, оправки 1.1 — 1.3 для закрепления фрез с использованием торцовых или продольных шпонок для передачи инструменту крутящего момента; цанговые патроны 1.4 и 1.6 для стандартных сверл, зенкеров, разверток, фрез диаметром до 20 мм и специальных фрез диаметром 20 — 40 мм, имеющих цилиндрический хвостовик; патрон 1.5 для специальных концевых фрез.

Серия оправок 1.10 — 1.15 предназначена для расточных инструментов: 1.10 — для стандартных расточных резцов, выполняющих черновое растачивание отверстий диаметром 55 — 180 мм; 1.11 и 1.12 — для вставок, выполняющих чистовое растачивание отверстий диаметром 45 — 350 мм; 1.14 — для закрепления неперетачиваемых твердосплавных пластин, предназначенных для чернового растачивания отверстий диаметрами 80 — 250 мм; 1.15 — универсальная оправка для резцов, обрабатывающих канавки на торце заготовки; 1.13 — для специальных резцов.



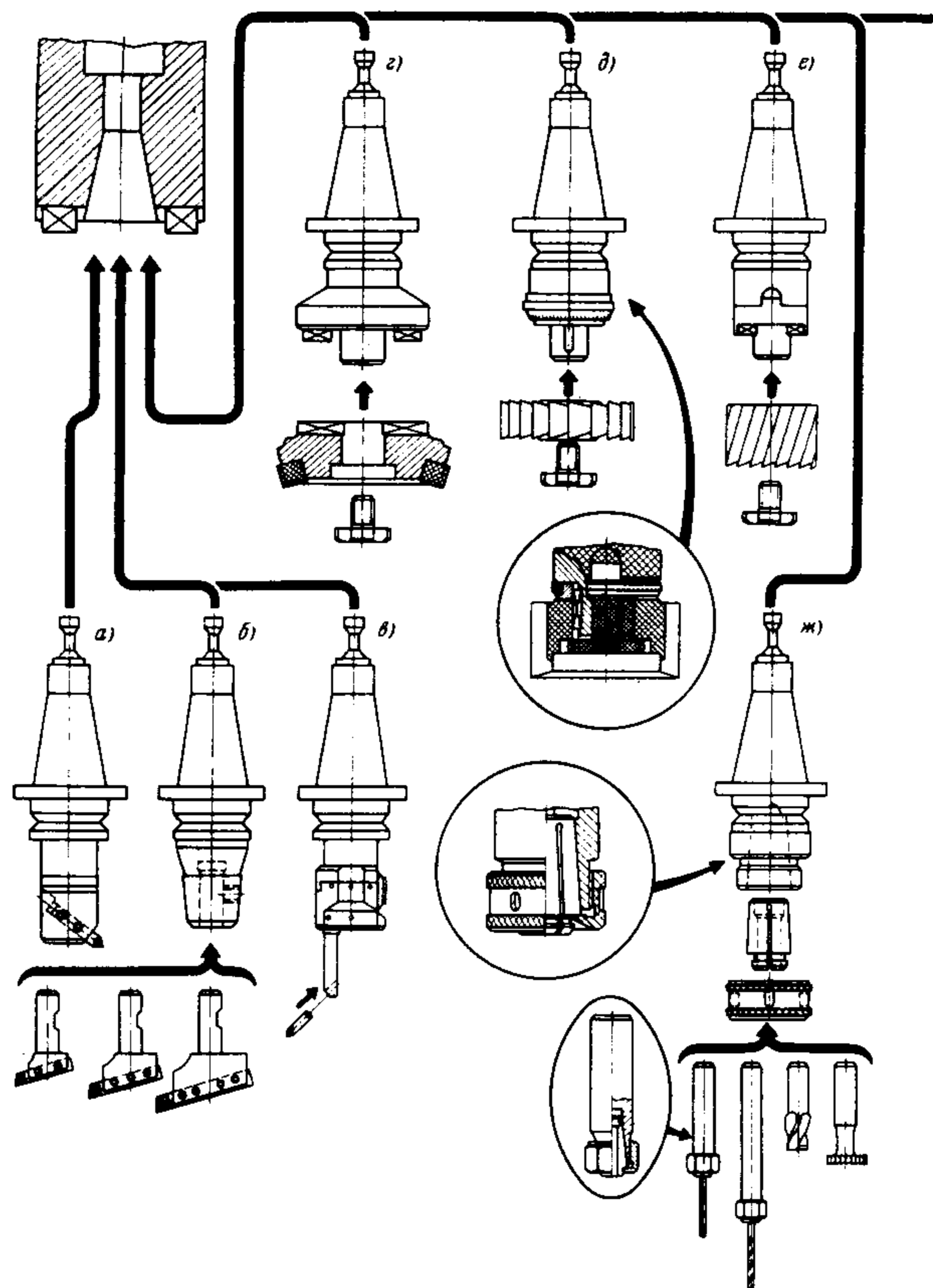
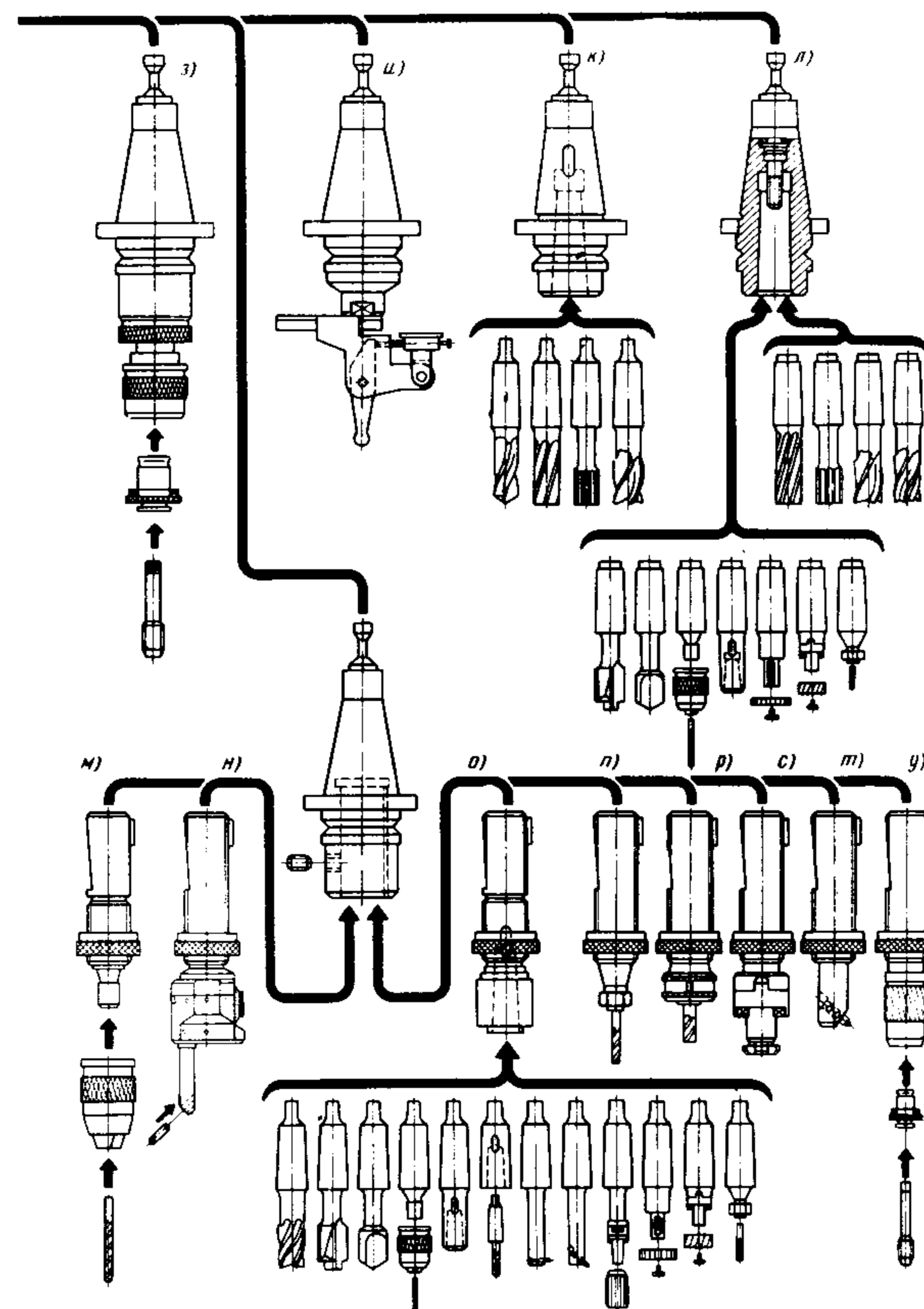


Рис. 86. Схема инструментального комплекса
а — л — шпиндельные оправки; м — у — переходные оправки

Инструменты с коническим хвостовиком можно устанавливать непосредственно в оправки 1.7 и 1.8 или в переходные втулки. В оправке 1.7 инструмент удерживается силой трения в коническом сопряжении (конус Морзе), в оправке 1.8 затягивается винтом, вставленным со стороны хвостовика оправки. Такими же способами присоединяются патроны 1.26 — 1.29, предназначенные для сверл 1.26, метчиков 1.27, расточных резцов 1.28 и насадных разверток 1.29.

Применение переходных оправок 1.16 — 1.25, закрепляемых в шпиндельной оправке 1.9, позволяет регулировать вне станка осевые размеры инструментов. Кроме оправок, аналогичных по назначению ранее рассмотренным, имеются оправки для насадных зенкеров и разверток 1.19, перовых сверл 1.23, расточная головка 1.22.



При разработке конструкций оправок учтен многолетний опыт проектирования и изготовления вспомогательных инструментов для агрегатных станков. Это позволяет использовать одинаковые переходные оправки подсистемы в агрегатных станках и МС.

Вспомогательные инструменты для токарных станков с ЧПУ объединены во вторую и третью подсистемы (рис. 87 б, в). Одна из них (рис. 87, б) включает вспомогательные инструменты с цилиндрическим хвостовиком, другая (рис. 87, в) — инструменты с базирующей призмой.

Резцедержатели 2.1 — 2.9 служат для резцов с державками сечением 16 x 16 — 40 x 40 мм, предназначенных для наружного и внутреннего точения, обработки канавок различной формы. Среди них — резцедержа-

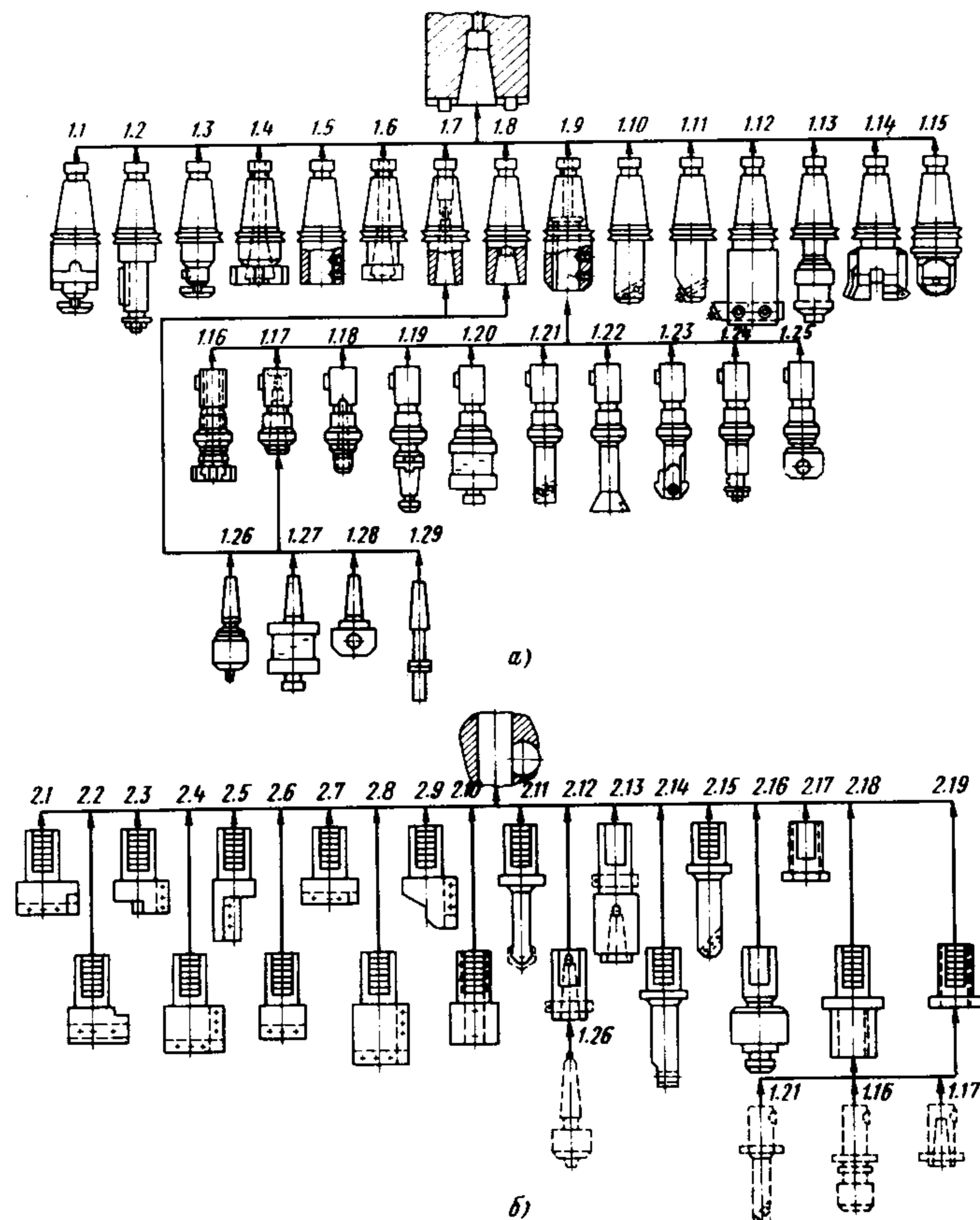
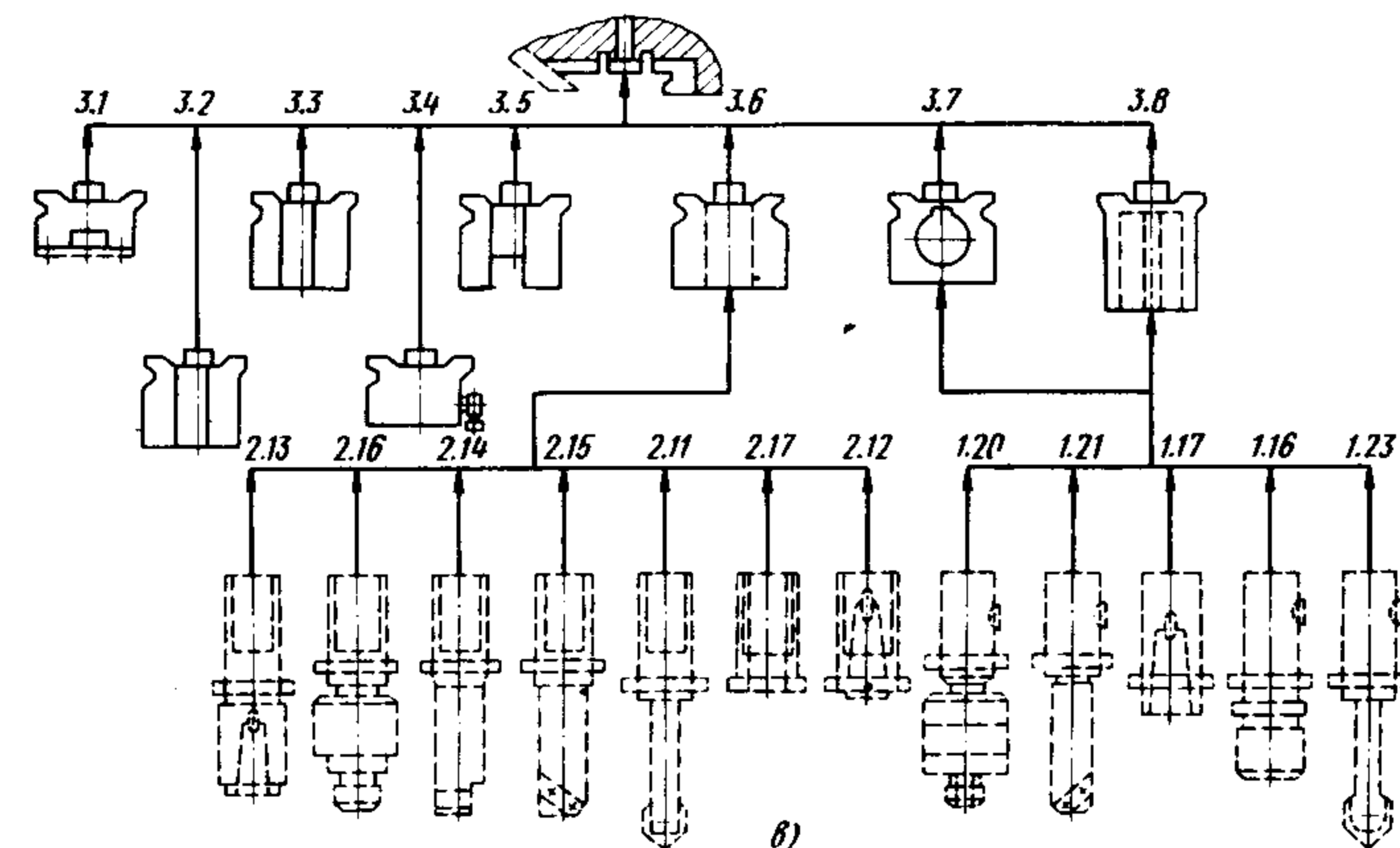


Рис. 87. Система вспомогательных инструментов для станков с коническим посадочным отверстием шпинделя (а) и токарных станков (б, в)

тель 2.9 для контурной наружной обработки. Державка 2.11 служит для закрепления режущих пластин — перовых сверл. Другие державки имеют конструкцию, близкую к оправкам с коническим хвостовиком. В подсистему включены также оправки 1.21, 1.16 и 1.17 и патрон 1.26 из первой подсистемы.

Третья подсистема отличается конструкцией основного базового элемента (призмы), в который можно устанавливать вспомогательные инструменты первой и второй подсистемы. В подсистему включены также резцедержатели 3.1 и 3.2 для обдирочных резцов, 3.3 для крепления двух резцов, универсальный трехсторонний резцедержатель 3.5, резцедержатель 3.4 с дополнительным подводом СОЖ.



Разработка унифицированной системы вспомогательных инструментов создает условия для организации массового производства вспомогательных инструментов, снижения его стоимости, упрощения инструментального хозяйства заводов.

Необходимая жесткость соединения вспомогательного инструмента со шпинделем достигается высокой силой закрепления (затяжки) оправки. На различных МС она составляет порядка 12 — 15 кН и чаще всего обеспечивается набором (пакетом) тарельчатых пружин. Пакет пружин предварительно сжимают регулировочными гайками. При определенном числе и размерах пружин сила, создаваемая набором, зависит от степени сжатия пружин, т.е. от его длины. Так, например, на МС модели ИР-500МФ4 пакет из 132 попарно сложенных пружин, сжатый до размера 395 мм, обеспечивает силу затяжки шпиндельной оправки 12,5 кН. Уменьшение длины пакета заворачиванием гайки на 1 мм приводит к увеличению силы затяжки на 0,5 кН.

ГЛАВА ПЯТАЯ

МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ СТАНКИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ МНОГООПЕРАЦИОННЫЙ СТАНОК ИР-500МФ4

Многооперационный станок ИР-500МФ4 Ивановского станкостроительного производственного объединения им. 50-летия СССР предназначен для обработки корпусных заготовок средних размеров в условиях серийного производства (рис. 88).

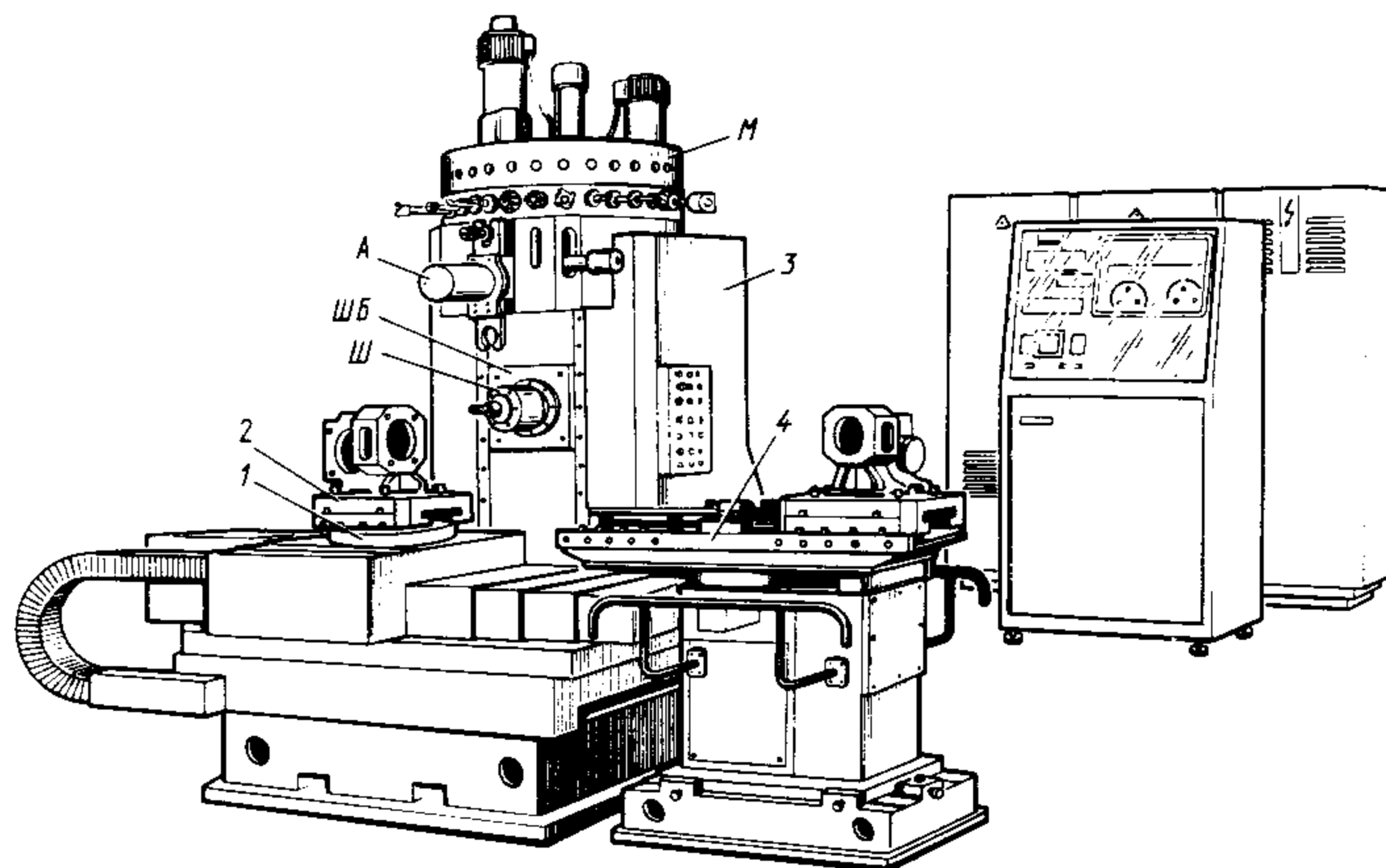


Рис. 88. Горизонтальный многооперационный станок IP-500MF4

Обратим внимание прежде всего на мощный шпиндель Ш и шпиндельную бабку ШБ, размещенную не сбоку, как у горизонтально-расточного станка, а в проеме стойки 3, где бабка перемещается по направляющим, охватывающим ее с двух боковых сторон. Такая компоновка, сочетающаяся с массивной, усиленной ребрами жесткости стойкой portalного типа, обеспечивает высокую жесткость шпиндельного узла и точность его линейных перемещений.

На поворотный стол 1 станка можно устанавливать заготовку массой 7 т. Поворачивая стол, можно изменять угловое положение заготовки по отношению к шпинделю и производить обработку с четырех сторон при одном установе. Позиционно-контурная система ЧПУ позволяет выполнять разнообразную обработку плоских и фасонных поверхностей и отверстий, включая контурное фрезерование с линейной и круговой интерполяцией.

Обработку плоскостей можно вести торцовыми фрезами диаметром до 160 мм или концевыми фрезами. Возможно сверление отверстий в стали средней твердости при диаметрах до 40 мм, растачивание до 160 мм, нарезание резьб до M20 метчиками, закрепленными в специальных патронах. Наибольшие перемещения подвижных узлов составляют: шпиндельной бабки (по оси Y) 800 мм, стола (по оси X) 800 мм, стойки (по оси Z) 500 мм.

Координаты положения нуля станка: x — расстояние от оси поворота стола до оси шпинделя 400 мм; y — расстояние от плоскости стола до оси шпинделя 600 мм; z — расстояние от оси поворота стола до торца шпинделя 620 мм.

Дискретность задания координатных размеров 0,002 мм. Контроль перемещений шпиндельной бабки, стола и стойки обеспечивается датчиками обратной связи — индуксинами или (на некоторых модификациях станка) револьверами.

Режущие инструменты, закрепленные вне станка в унифицированных инструментальных оправках, размещаются при наладке в гнездах

инструментального магазина М. Над каждым гнездом имеется номер (в станке принята система кодирования гнезд магазина). Для передачи инструментов из магазина в шпиндель и обратно служит двухзахватный автооператор А (на рисунке показан момент, когда верхний захват извлек нужный инструмент из магазина и автооператор сместился вниз, подготавливаясь к смене обрабатывающего инструмента — сверла, находящегося в шпинделе).

Для сокращения вспомогательного времени на установку и снятие заготовок имеется двухпозиционный поворотный стол 4.

Обработка заготовок ведется с закреплением их в приспособлениях-спутниках. Один из спутников (2) находится на основном поворотном столе станка вместе с обрабатываемой заготовкой. На другом спутнике 5 в это время устанавливают следующую заготовку. После окончания обработки первой заготовки она автоматически передвигается вместе со спутником 2 вправо, на двухпозиционный стол 4. После этого стол 4 поворачивается на 180° , и спутник 5 со "своей" заготовкой поступает на стол 1 в рабочую зону станка, где начинается обработка заготовки. Обработанная деталь снимается со спутника 2, и вместо нее устанавливают и закрепляют следующую заготовку.

Рассмотрим кинематическую схему станка (рис. 89).

Движения на станке. Главное движение — вращение шпинделя с закрепленным в нем инструментом. Движения подачи: по оси X — перемещение стола с заготовкой, по оси Y — вертикальное перемещение шпиндельной бабки, по оси Z — горизонтальное перемещение стойки.

Вращение шпинделя 2 обеспечивается электродвигателем М1 постоянного тока типа 2ПФ-80Г мощностью 14 кВт (номинальная частота вращения 1000 об/мин, номинальное напряжение 220 В). Изменение частоты вращения шпинделя обеспечивается регулированием двигателя и двухступенчатой коробкой скоростей. Для переключения механических диапазонов служит подвижный блок зубчатых колес 23 — 56, который может входить в зацепление с шестернями $z=33$ или $z=66$, закрепленными на общей ступице и связанными со шпинделем зубчатой муфтой, размещенной в отверстии ступицы. Подвижный блок может занимать два положения, соответствующие первому и второму диапазону. Блок перемещается гидроцилиндром и вилок (на схеме не показаны). При включении первого механического диапазона возможно получение частоты вращения шпинделя в пределах 21,2 — 1000 об/мин при большом постоянном крутящем моменте 700 Н·м. Второй диапазон обеспечивает частоту вращения шпинделя 1000 — 3150 об/мин при постоянной мощности 14 кВт. Изменение направления вращения достигается реверсированием электродвигателя.

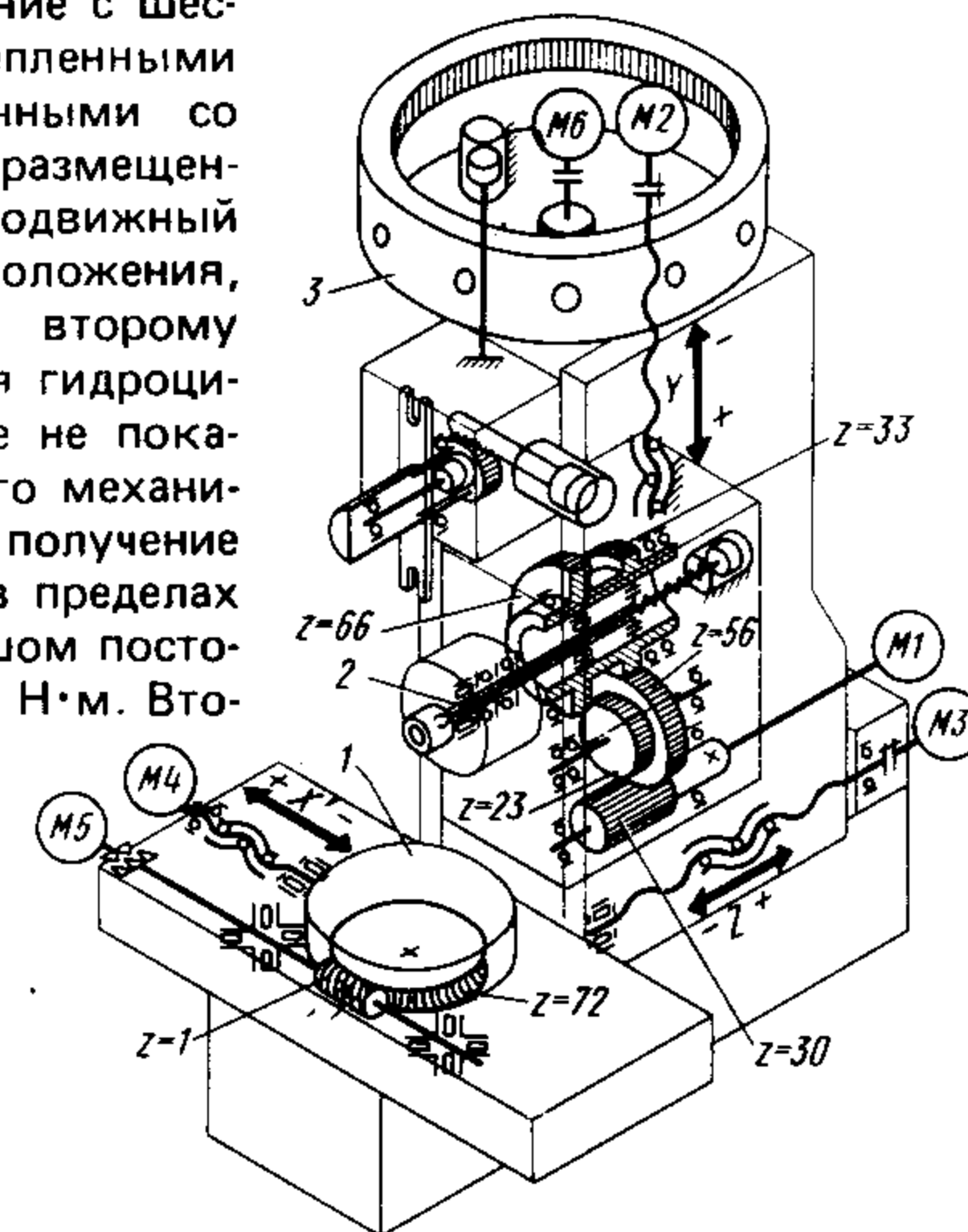


Рис. 89. Кинематическая схема станка IP-500MF4

Перемещение шпиндельной бабки (по оси Y), стойки (по оси Z) и стола (по оси X') обеспечивается одинаковыми высокомоментными электродвигателями М2 — М4 с возбуждением от постоянных магнитов. Мощность каждого двигателя 2,8 кВт (при $n = 1000$ об/мин).

Установленные электродвигатели позволяют без применения коробки подач получать рабочую подачу по любой из координат в пределах 1 — 2000 мм/мин и быстрые установочные перемещения со скоростью 8000 или 10 000 мм/мин (последняя зависит от принятой системы ЧПУ).

Наибольшая сила подачи стола и стойки 8 кН, шпиндельной бабки 4 кН. Такие же электродвигатели использованы для вращения поворотного стола 1 (двигатель М5) инструментального магазина 3 (двигатель М6).

Устройство основных сборочных элементов и механизмов. Шпиндель вращается в опорах качения в виде двух двухрядных сдвоенных роликовых радиальных подшипников и двухрядного упорного шарикового подшипника. Для установки инструментальной оправки гнездо шпинделя имеет конусность 7 : 24; крутящий момент передается двумя торцовыми шпонками, входящими в пазы фланца оправки. Для того, чтобы при смене инструмента пазы оправки и шпонки шпинделя всег-

да совпадали, необходимо предварительно ориентировать оправку и шпиндель в угловом положении.

Механизм угловой ориентации шпинделя действует следующим образом (рис. 90). Для остановки шпинделя подается команда на подачу масла под давлением в гидроцилиндр 1, шток которого поворачивает рычаг 4 с роликом 5, прижимая его к диску 6, закрепленному на заднем конце шпинделя. В момент, когда ролик попадает на скошенную часть диска (рис. 90, б), планка 2, прикрепленная к штоку гидроцилиндра, оказывается в положении, когда срабатывает бесконтактный выключатель Д1, посылая команду на остановку вращения шпинделя. За время торможения диск успевает повернуться на небольшой угол, после чего ролик 5 попадает в паз диска и фиксирует диск и шпиндель в определенном угловом положении (рис. 90, в).

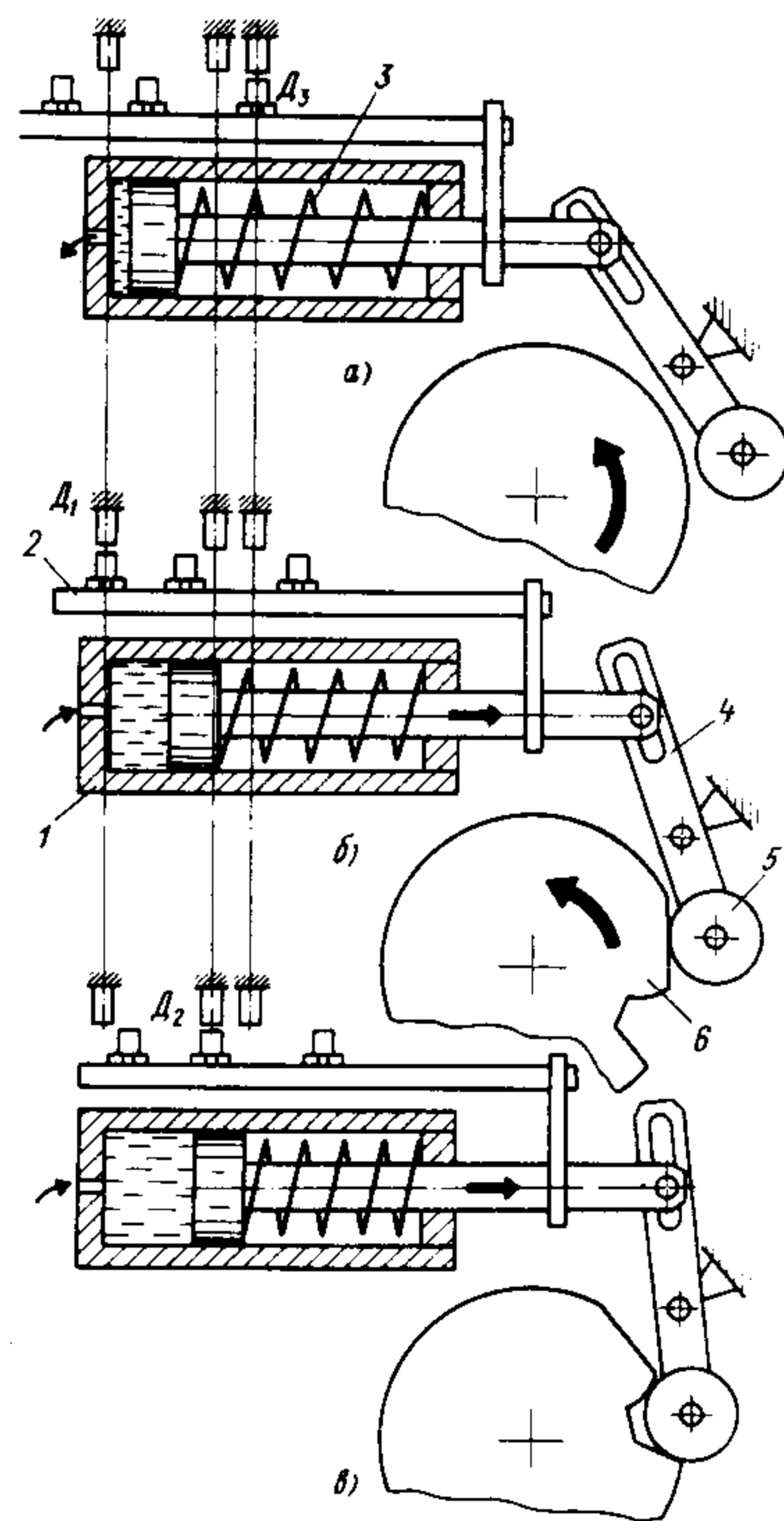


Рис. 90. Устройство угловой ориентации шпинделя

Рис. 91. Инструментальный магазин

Бесконтактный выключатель Д2 сигнализирует об окончании шпинделя. Для расфиксации шпинделя масло из гидроцилиндра направляется на слив (рис. 90, а) и поршень со штоком перемещается в левое положение пружины 3. Ролик 5 выходит из контакта с диском, выключатель Д3 подает сигнал о расфиксации, разрешающей включение вращения шпинделя.

Устройство автоматической смены инструмента состоит из инструментального магазина и автооператора А. Магазин барабанного типа с радиально рас-

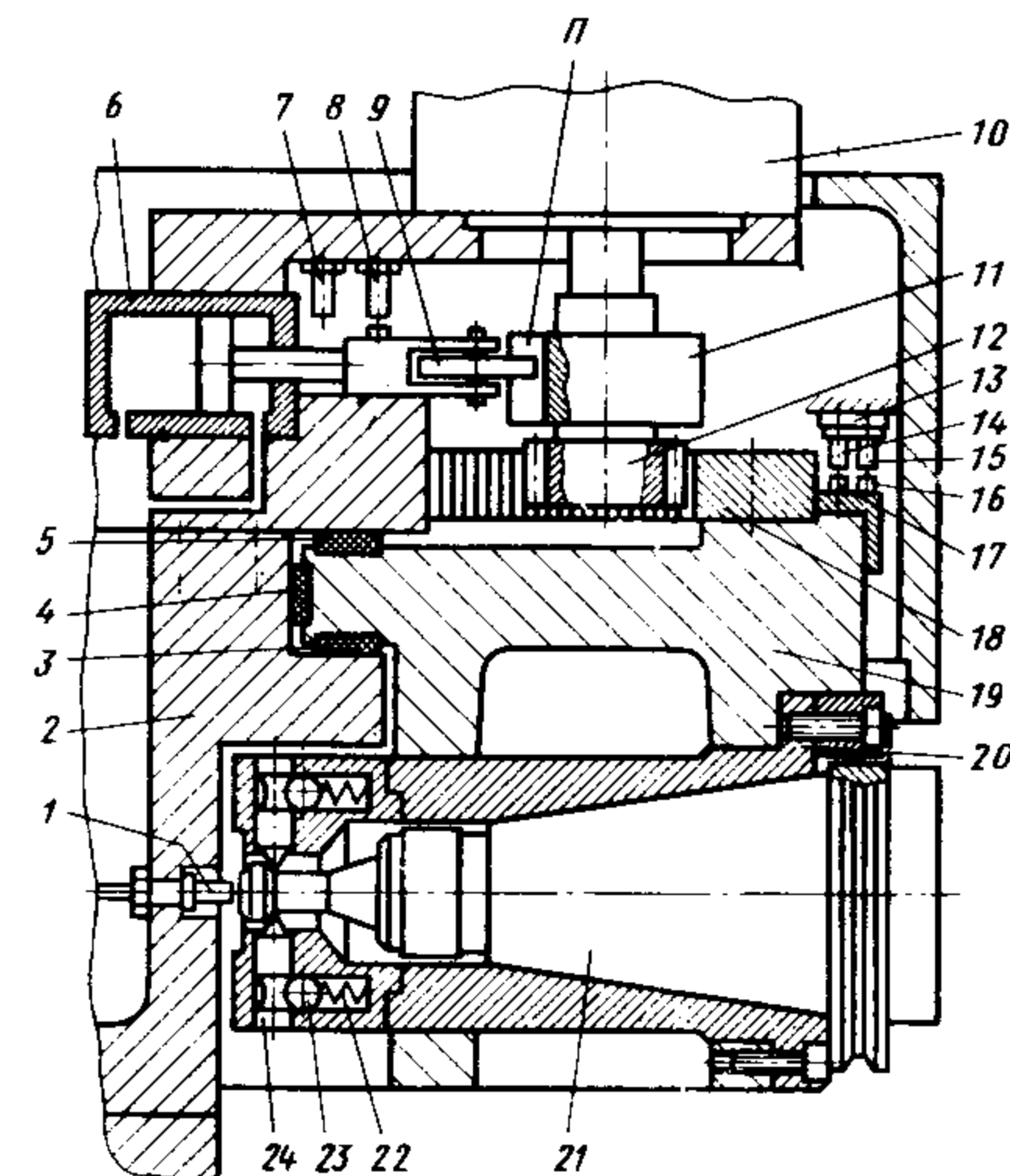
положенным гнездом для инструментальных оправок. Емкость магазина — 30 инструментов. В каждое гнездо можно поместить оправку с инструментом, диаметральный размер которого не превышает 125 мм. Если нужно использовать более крупный инструмент диаметром (до 160 мм), соединение гнезда магазина оставляют свободными.

Максимальный вес инструмента с оправкой не должен превышать 0,2 кН. Для поиска и смены инструмента принято кодирование гнезд магазина, т.е. каждый инструмент имеет свое определенное место, предусмотренное программой.

Рассмотрим более подробно устройство инструментального магазина (рис. 91).

Корпус 19 магазина с гнездами 20 для инструментальных оправок 21 размещен на верхнем торце стойки станка 2 и может поворачиваться относительно центральной оси. Сопряжение корпуса магазина с основанием происходит по поверхностям направляющих 3 — 5, изготовленных из полимерного материала. Для поворота магазина служит высокомоментный электродвигатель 10 с возбуждением от постоянных магнитов. На валу двигателя, на шпонке, закреплена шестерня 12, входящая в зацепление с зубчатым венцом 18, привернутым к корпусу магазина. Угол поворота магазина задается с помощью конечных выключателей, установленных на неподвижном кронштейне 13. Один из них (14), взаимодействует с упором 17, фиксирующим нулевое положение магазина, другой служит для отсчета гнезд магазина. Против каждого гнезда имеется такой же упор 16, взаимодействующий с конечным выключателем 15 при повороте магазина. Для того, чтобы гнездо после очередного поворота на заданный угол останавливалось точно в положении смены инструмента, предусмотрено фиксирующее устройство.

На валу электродвигателя с помощью муфты закреплен диск 11 с



двумя полукруглыми пазами П. При подходе инструментального гнезда с позиции смены ролик 9 штоком гидроцилиндра 6 вводится в паз диска. Отключается электродвигатель 10, и происходит точная фиксация магазина. Бесконтактный выключатель 8 сигнализирует об этом в систему управления. После этого вступает в работу механизм автоматической смены инструмента.

Перед следующим поворотом ролик фиксатора выводится из зацепления с диском (шток гидроцилиндра смещается влево). Бесконтактный выключатель 7 формирует сигнал, разрешающий выключение электродвигателя поворота магазина.

Инструментальные оправки 21 удерживаются в гнездах от выпадения фиксаторами 24 и шариками 23 с пружинами 22. Сила прижатия фиксаторов к хвостовику оправки невелика и не препятствует вытаскиванию оправки из гнезда магазина автооператором. Контроль наличия оправки в гнезде обеспечивает бесконтактный выключатель 1.

При наладке станка каждая оправка с инструментом устанавливается в гнездо магазина в строго определенном угловом положении так, чтобы паз во фланце оправки совпал с направляющей шпонкой 20. Это необходимо для того, чтобы при переносе оправки автооператором в шпиндель станка пазы оправки совпали со шпонками шпинделя. При смене инструмента шпиндель всегда останавливается автоматически тоже в определенном угловом положении.

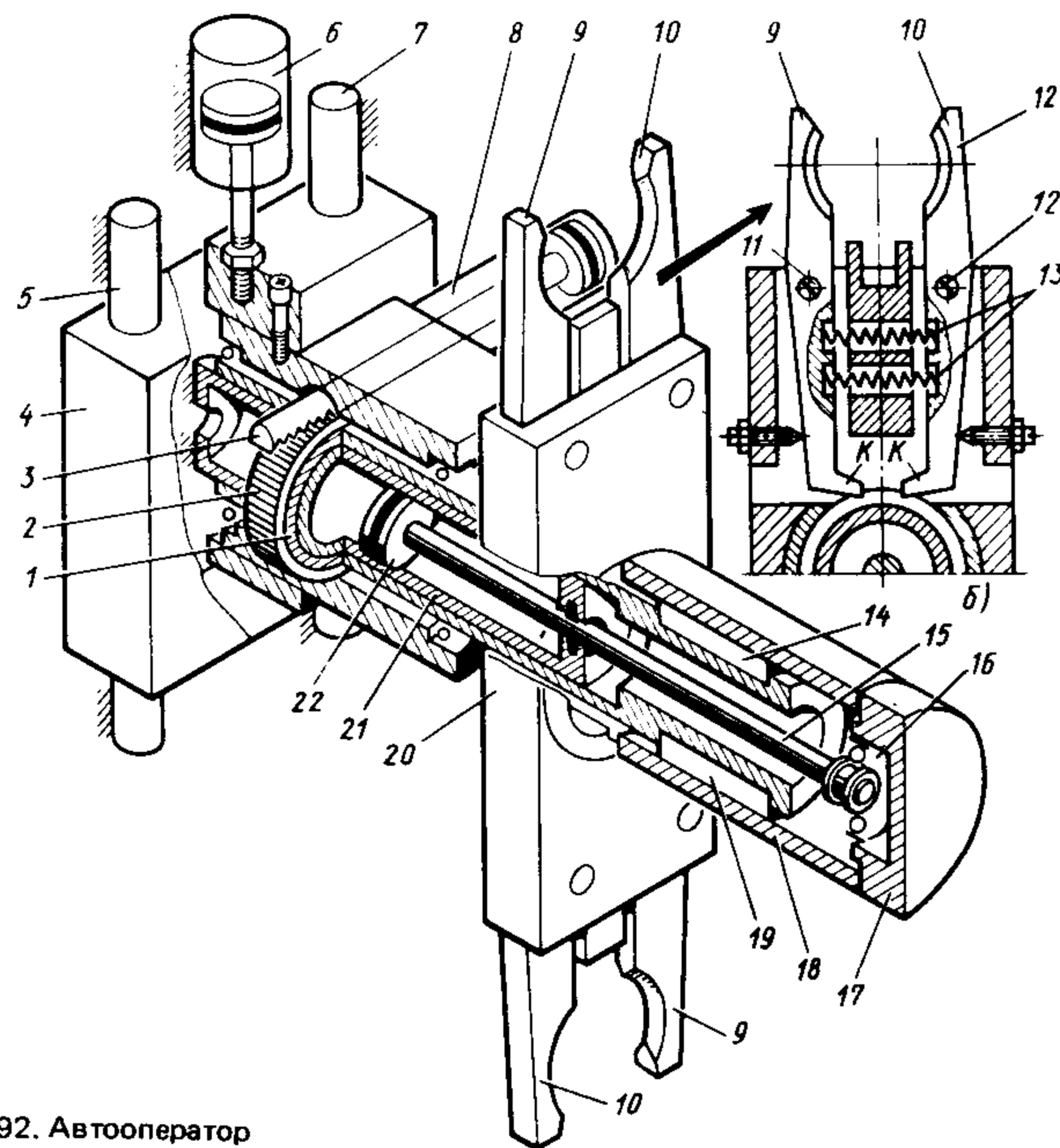


Рис. 92. Автооператор

Автооператор (рис. 92) размещен над шпиндельной бабкой станка. Его захваты выполнены в виде рычагов 9 и 10, между которыми установлены пружины 13, стремящиеся повернуть рычаги относительно осей 11 и 12. Захваты находятся в корпусе 20, соединенном с гильзой 18. В крышке 17 гильзы закреплен шарикоподшипник 16, посаженный на конец штока 15 гидроцилиндра 21. При перемещениях поршня 22 со штоком движется и гильза 18 с захватами. Это движение используется для вытаскивания инструментальных оправок из гнезда магазина или посадочного конуса шпинделя. Затем нужно поменять инструменты местами, а для этого повернуть корпус захвата на 180° . Гидроцилиндр 8 поворота имеет шток, соединенный с рейкой 3, которая находится в зацеплении с зубчатым венцом 2, закрепленным на стакане 1. Правый конец стакана сцеплен с гильзой 18 двумя длинными шпонками 14 и 19. Поэтому гильза, а вместе с ней и корпус захвата поворачивается одновременно со стаканом 1. Длинные шпоночные пазы позволяют гильзе с захватами совершать необходимые продольные перемещения без потери связи со стаканом.

Для захвата инструмента из магазина корпус автооператора 4 поднимается гидроцилиндром 6 по направляющим 5 и 7 в крайнее верхнее положение, при котором один из захватов автооператора охватывает своими рычагами фланец инструментальной оправки, подготовленной путем соответствующего поворота магазина к подаче в шпиндель станка. В дальнейшем при вытаскивании оправки из магазина и переносе в шпиндель она удерживается пружинами 13. Чтобы в момент поворота корпуса захватов на 180° оправка с тяжелым инструментом не выскочила из захвата под действием центробежной силы, предусмотрено предохранительное устройство. В крайнем правом положении конуса захватов, когда только и происходит поворот, внутренние концы К рычагов захвата (рис. 92, б) оказывают по обеим сторонам кнопок 14 и 19. Шпонки не позволяют рычагам сблизиться и освободить оправку.

Автоматическая смена инструментов происходит в следующем порядке: 1) поиск сменяющего инструмента поворотом магазина; 2) извлечение инструмента из магазина; для этого автооператор совершает ход вверх, захватывает инструмент за оправку, ходом вперед вдоль оси вытаскивает ее из гнезда, опускается в нижнее положение и ходом назад вдоль оси становится в положение подготовки к смене инструментов; 3) подъем шпиндельной бабки в позицию смены инструментов; в конце хода захваты автооператора зажимают оправку обрабатываемого инструмента; 4) смена инструментов в шпинделе: ход автооператора вперед, поворот на 180° , возврат вдоль оси; 5) переход шпиндельной бабки в рабочую позицию; 6) перенос отработавшего инструмента в свое гнездо магазина: ход автооператора вперед, вверх и назад вдоль оси. Поиск гнезда для отработавшего инструмента происходит за время выполнения трех-пяти элементов цикла; 7) опускание автооператора в нижнее положение с тем, чтобы его верхний захват не мешал повороту магазина для поиска очередного инструмента. Время, затрачиваемое непосредственно на смену инструментов в шпинделе, составляет 6 с, а время на смену "от стружки до стружки" может составлять 16 — 21 с в зависимости от того, на каком расстоянии находилась шпиндельная бабка от позиции смены после окончания предыдущего рабочего перехода.

Ходовые винты подачи получают вращение непосредственно от высокомоментных электродвигателей. Для увеличения жесткости соединения вал двигателя — ходовой винт применены специальные муфты.

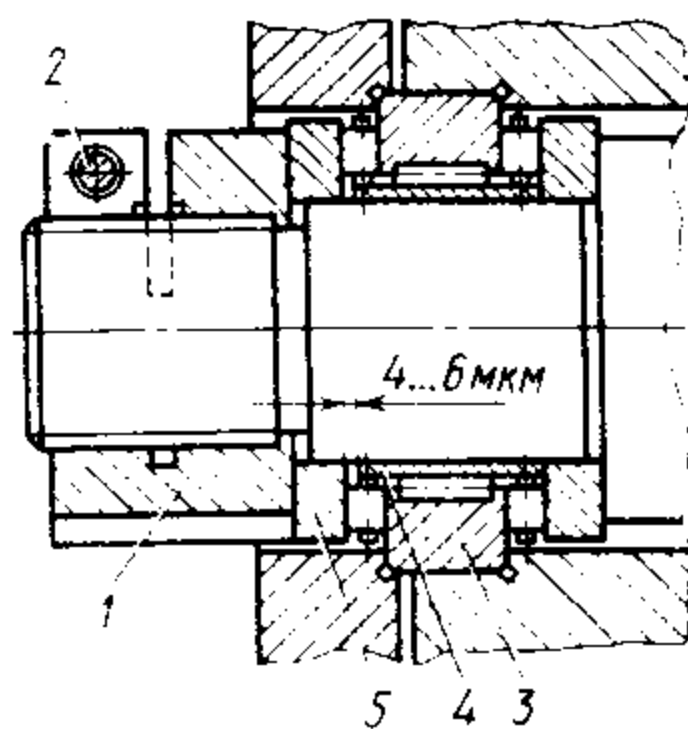


Рис. 93. Схема регулирования натяга в опорах шариковых винтов

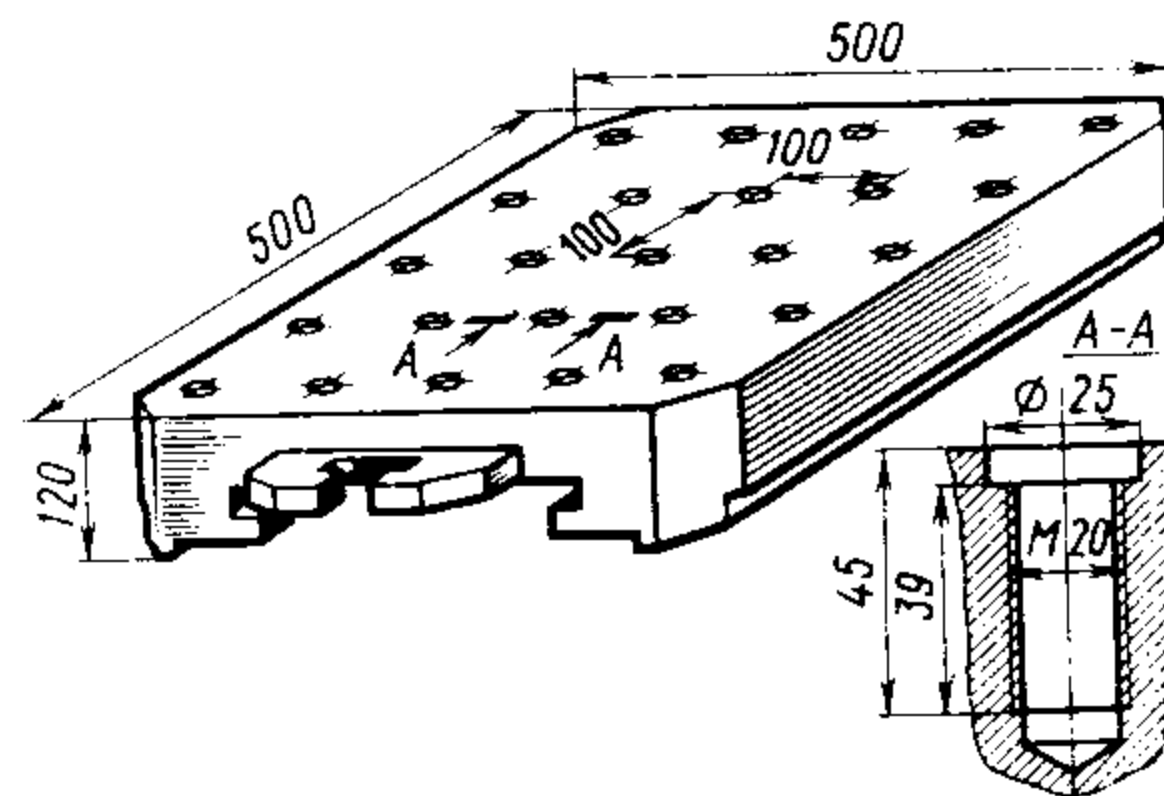


Рис. 94. Приспособление-спутник станка IP-500MF4

В опорах шариковых винтов всех приводов подачи установлены с натягом прецизионные комбинированные упорно-радиальные роликовые подшипники, отличающиеся высокой нагрузочной способностью и жесткостью (рис. 93). Натяг создается с помощью разрезной гайки 1, накрученной на резьбовой конец ходового винта. В собранном подшипнике 3 между кольцами 4, 5 имеется зазор 4 — 6 мкм. При затягивании гайки 1 этот зазор устраняется и создается нужный натяг между всеми кольцами и роликами. В затянутом состоянии гайка 1 стопорится винтом 2.

Величина предварительного натяга для винтов подачи по осям X и Y одинаковая и составляет $9,67 + 1,94$ кН, а для винта перемещения стойки (как наиболее нагруженного) увеличена до $10,16 + 20,3$ кН.

Направляющие неподвижных частей станка выполнены накладными стальными закаленными. Направляющие подвижных узлов — комбинированные: лицевые части накладные, изготовленные из полимерного антифрикционного материала, боковые и нижние части имеют опоры качения. Зазор направляющих качения устраняется регулировочными клиньями.

Установка и закрепление заготовок на станке IP-500MF4 производится, как правило, в приспособлениях-спутниках. Массивная стальная плита (рис. 94) спутника имеет сетку базовых отверстий для установки базовых и крепежных элементов.

Установка заготовок и снятие обработанных деталей со спутника производится на расположенном рядом со станком двухпозиционном столе. Для перемещения спутника имеются направляющие и хорошо видный на рисунке захват, которым спутник сцепляется с тягой гидроцилиндра двухпозиционного стола.

Станок IP-500MF4 имеет встроенный поворотный стол (рис. 95). Платформа 5 стола, опирающаяся на гильзу 11, установлена в корпусе основного стола 18 станка на оси 1. Для поворота стола служит червячная пара 15 — 14. Червяк 14 закреплен на ведущем валу, связанном соединительной кулачковой муфтой (см. рис. 89) с высокомоментным электродвигателем постоянного тока М5.

В неподвижном положении платформа поворотного стола фиксируется по отношению к корпусу 18 зубчатыми полумуфтами 2 и 3, имеющими торцевые треугольные мелкие зубья (рис. 95). Перед поворотом необходимо стол приподнять, чтобы расцепить зубья полумуфт. Для этой цели служит гидропривод, образованный гильзой 11 и поршнем 10.

При подаче масла под давлением по каналу K_4 в верхнюю полость

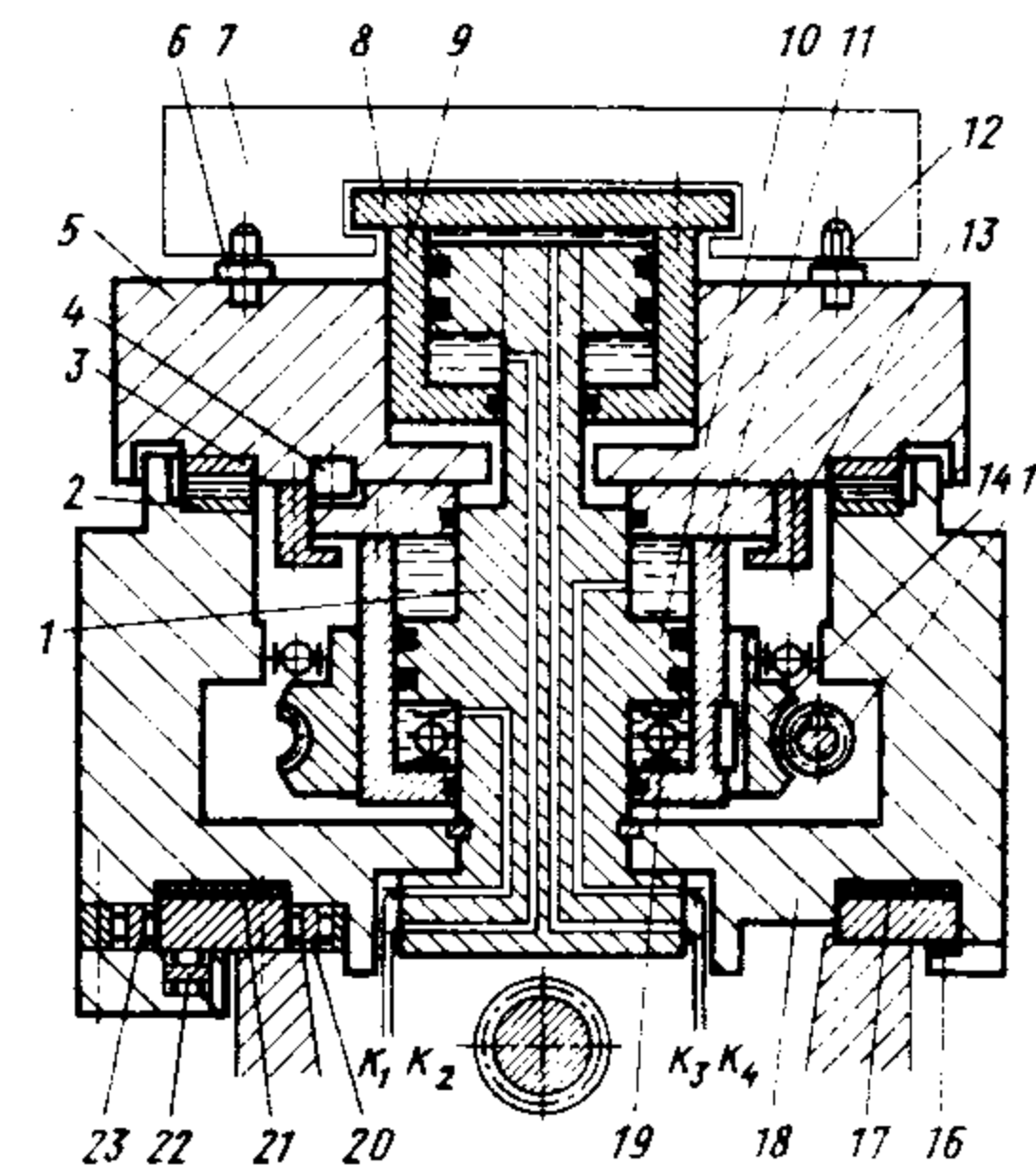
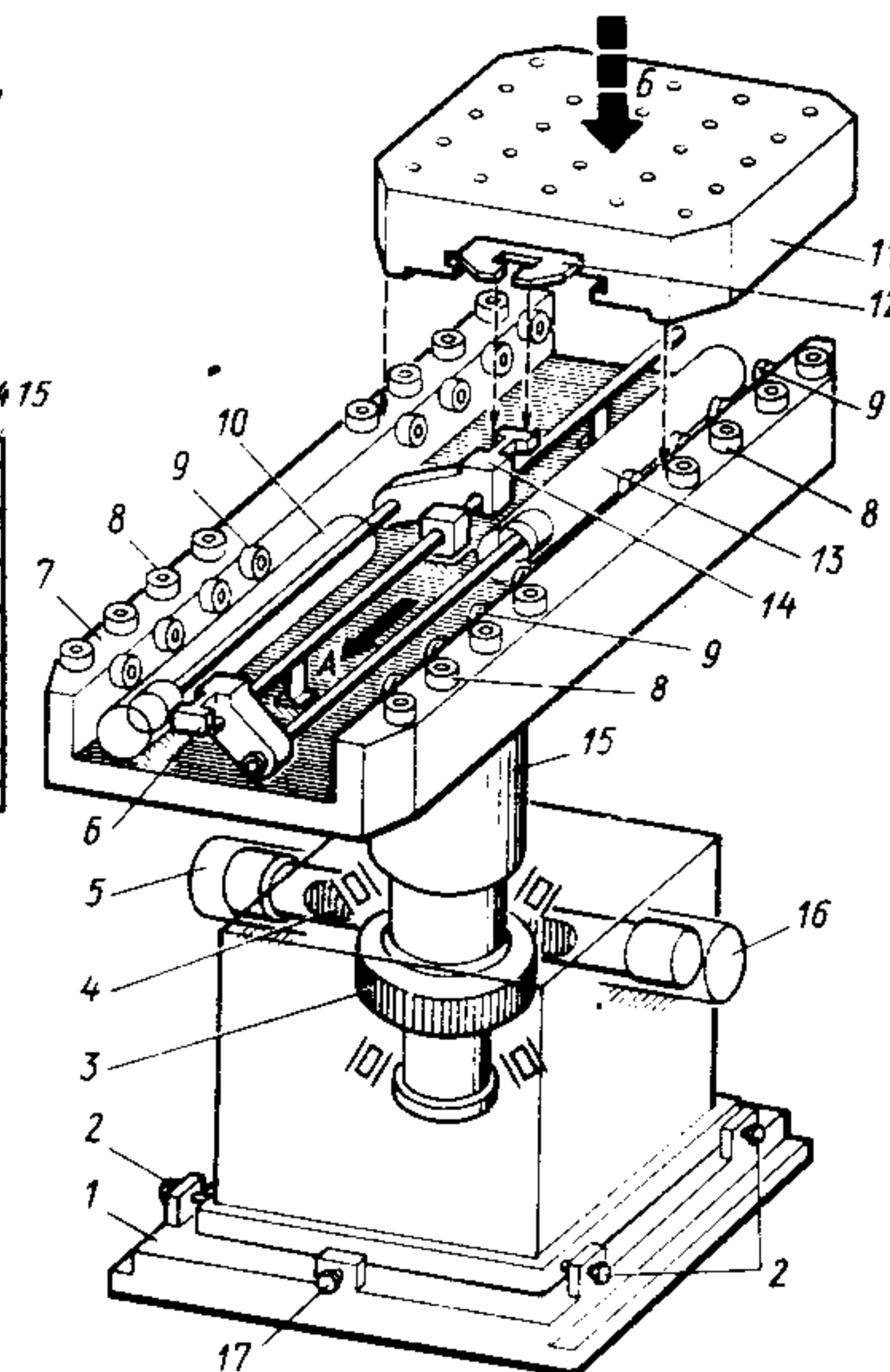


Рис. 95. Поворотный стол станка IP-500MF4

Рис. 96. Устройство для автоматической смены приспособлений-спутников



гидроцилиндра гильза и платформа стола поднимутся до тех пор, пока не расцепится муфта и не будет устранен зазор между верхним кольцом упорного шарикоподшипника 19 и поршнем 10. Теперь при включении электродвигателя поворота стола червячное колесо 15 повернет гильзу и сцепленную с ней шпонкой 4 платформу 5 стола на заданный угол. После завершения поворота платформа должна быть точно зафиксирована и поджата к основанию. Для этого подается масло под давлением в плотность K_1 гидроцилиндра. Гильза 11 опускается. Вместе с ней опускается и фиксируется зубьями полумуфт платформа 5 стола. При дальнейшем опускании гильзы платформа плотно поджимается к опоре кольцом 13.

В верхней части стола имеется еще один гидроцилиндр 9, предназначенный для закрепления на поворотном столе приспособления-спутника 7. После автоматической подачи спутника на стол для его фиксации с помощью пальцев 6 и 12 и закрепления он пускается и поджимается к столу фланцем 8 гидроцилиндра, в нижнюю полость которого подается масло по каналу K_2 . Для снятия спутника с фиксаторов масло под давлением подается по каналу K_3 в верхнюю полость гидроцилиндра. Контроль закрепленного (нижнего) и разжатого (верхнего) положения платформы стола обеспечивается бесконтактными выключателями, встроенными в корпус стола.

Направляющие основного стола станка выполнены комбинированными: с пластмассовыми накладками 21, 17 и 16 и в виде роликовых опор качения 23, 22, 20. Опоры качения регулируются таким образом, чтобы устранить зазоры в сопряжениях.

Устройство для автоматической смены приспособлений-спутников

устанавливаются рядом со станком, справа от стола станка (см. рис. 88). Принцип действия устройства поясняет рис. 96. Основная его часть — поворотная платформа 7, на которую можно устанавливать приспособления-спутники 11. Платформа имеет две позиции для спутников и механизмы для их перемещения на стол станка и обратно. В выемке платформы размещены навстречу друг другу одинаковые гидроцилиндры 10 и 13, на концах штоков которых имеются Т-образные захваты 14 и 6, предназначенные для сцепления со спутником. При установке спутника на платформу (перемещение по стрелке Б) он своим фигурным вырезом 12 входит в зацепление с захватом 14 штока гидроцилиндра. На платформе спутник базируется своими нижними направляющими на роликах 9 и центрируется по боковым сторонам ролика 8. Это исходное положение спутника в позиции ожидания. Если шток гидроцилиндра 10 начнет перемещаться, вместе с ним покатится по роликам спутник.

На рис. 96 показано выдвинутое положение штока второго гидроцилиндра 13. Захват 6 переместился по направляющей штанге и заставил спутник прокатиться по роликам 9 и 8 в направлении стрелки А на поворотный стол станка (этот спутник и стол станка на схеме не показаны). На поворотном столе спутник автоматически опустился на фиксаторы. Благодаря этому захват 6 штока гидроцилиндра 13 расцепился со спутником, стол станка вместе с закрепленным на нем спутником на быстром ходу переместился в зону обработки.

Закрепляют заготовку на спутнике во время обработки другой заготовки, когда спутник находится в позиции ожидания или заранее вне станка. Во втором случае спутник поступает на платформу 7 вместе с закрепленной на нем заготовкой.

После того, как очередная заготовка будет обработана, стол станка автоматически на быстром ходу передвинется вправо к устройству для смены спутников и остановится в положении, когда фигурный паз спутника окажется точно под захватом Б. Гидроцилиндр поворотного стола станка приподнимает спутник над фиксаторами, и произойдет сцепление спутника с захватом 6. Вслед за этим масло под давлением поступит в штоковую полость гидроцилиндра 13, шток сместится в крайнее правое положение, увлекая за собой спутник с заготовкой. К этому времени оператор, обслуживающий станок, установит и закрепит на спутнике 11 следующую заготовку. Теперь на платформе окажутся два спутника. Левый — с обработанной деталью, правый — с ожидающей обработки заготовкой. Нужно поменять их местами. Для этого платформа поворачивается на стойке 15 зубчатым колесом 3, сцепленным с рейкой 4. Рейку перемещают гидроцилиндры 5 и 16. После поворота платформы на 180° спутник 11 с заготовкой, поступившей в левую позицию, выталкивается гидроцилиндром 10 на поворотный стол станка, а со второго спутника снимают (во время работы станка) обработанную деталь и на него устанавливают следующую заготовку. В дальнейшем цикл работы устройства повторяется. Установка и снятие заготовок и обработанных деталей перекрывается машинным временем. Вспомогательное время затрачивается только на подход стола станка к платформе смены спутников, на отцепление и перемещение спутника с обработанной деталью на платформу, на поворот платформы на 180°, подачу другого спутника с закрепленной заготовкой на стол станка и возврат стола в рабочую зону.

Поясним некоторые конструктивные особенности устройства для автоматической смены спутников.

Подвод масла под давлением к гидроцилиндрам 10 и 13 осуществ-

ляется через вертикальные каналы, имеющиеся в стойке, и муфту, не показанные на схеме. В конце хода штоков для плановой остановки используется торможение.

Для упрощения подачи масло подается в полости гидроцилиндров параллельно. Однако во время сталкивания спутника с платформы должен срабатывать только один цилиндр, тот, против захвата которого находится в этот момент стол станка. Поэтому пришлось предусмотреть установку в платформе выдвижных (снизу вверх) упоров, размещенных около захватов в тех местах, где они находятся при уплотненных штоках.

Для затормаживания одного из штоков, который в данной части цикла не должен перемещаться, соответствующий упор выдвигается из платформы. Для поднятия каждого из упоров служит копир, на который наезжает стержень упора при повороте платформы на 180° в ту или другую сторону.

Контроль срабатывания гидроцилиндров и выполнения всех элементов цикла смены спутников обеспечивают бесконтактные конечные выключатели.

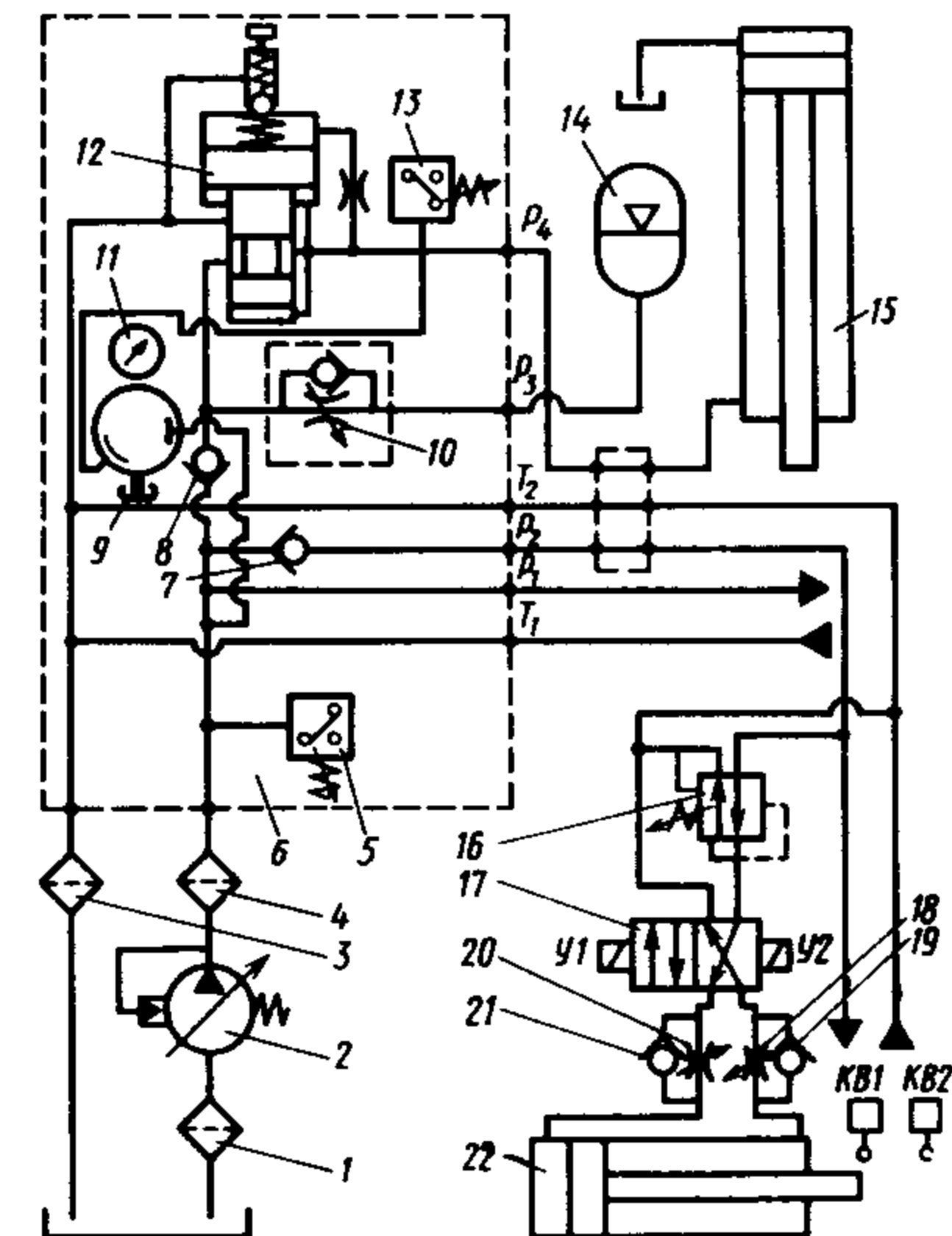
Полное время, затрачиваемое на автоматическую смену спутников на столе станка, составляет 45 с.

Точная выверка положения платформы устройства смены спутников по отношению к столу станка производится с помощью регулировочных болтов 2 и 17, ввернутых в выступы базовой плиты 1, неподвижно закрепленной на фундаменте.

Гидравлическое оборудование. Гидростанция, гидродвигатели, распределительная и регулирующая аппаратура станка ИР-500МФ4 выполняют следующие функции: гидравлическое уравнивание шпиндельной бабки; переключение блока шестерен в коробке скоростей; угловую ориентацию шпинделя; разжим инструментальной оправки; фиксацию инструментального магазина; привод механизмов автооператора; закрепление и раскрепление поворотного стола и спутника; автоматическую смену приспособлений-спутников.

В гидростанции имеются насос для питания гидродвигателей (поршневых гидроцилиндров), насос для циркуляционной смазки главного привода, агрегатная установка для автоматического централизованного смазывания направляющих, теплообменник для охлаждения масла, циркулирующего в гидросистеме.

Рис. 97. Схема гидростанции питания гидроцилиндров



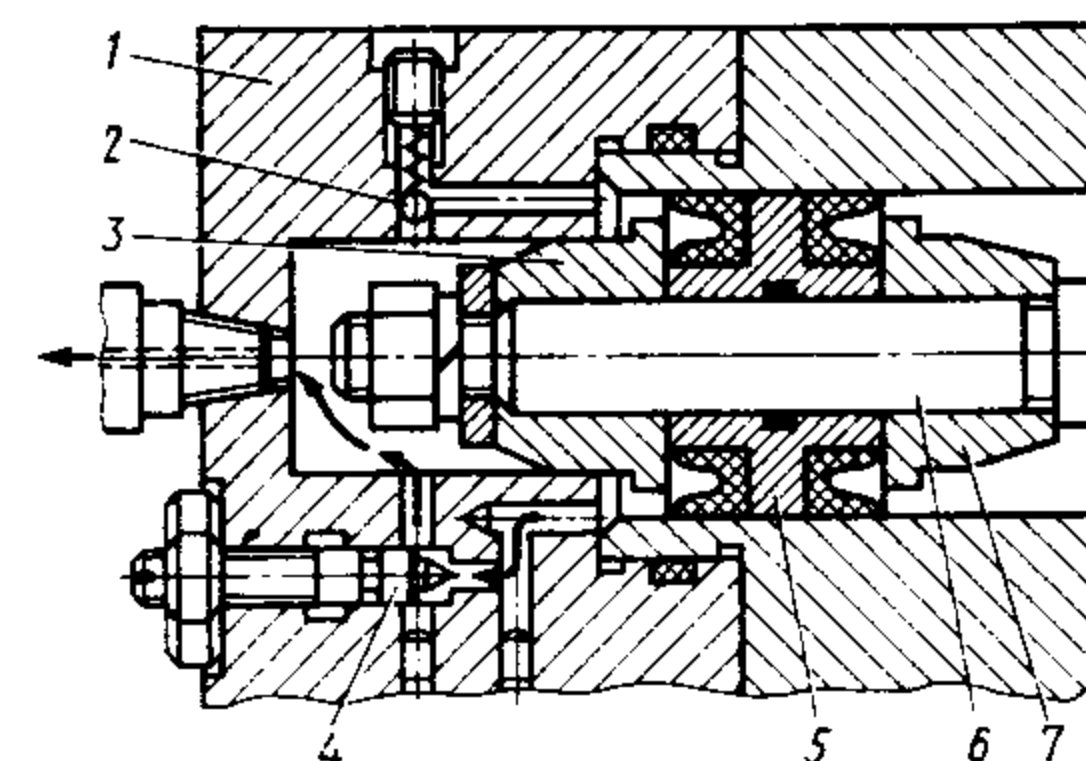
Регулируемый гидравлический насос 2 (рис. 97), приводимый в действие электродвигателем, нагнетает масло в гидросистему. Реле давления 5 контролирует давление масла в линии нагнетания и в случае аварийного падения давления отключает гидросистему станка. Для визуального контроля давления имеется манометр 11, включаемый кнопкой 9.

Гидравлическая панель 6 распределяет масло по нескольким направлениям. Гидроцилиндр P_1 направляет масло под давлением к гидропанели, обслуживающей гидроцилиндры поворотного стола и устройства для автоматической смены приспособлений-спутников. Гидролиния P_3 служит для подачи масла в гидроаккумулятор 14, гидролиния P_4 обеспечивает работу гидроцилиндра 15 уравнивания шпиндельной бабки. Постоянно работающий гидравлический насос поддерживает такое давление масла, при котором гидроцилиндр 15 уравнивает шпиндельную бабку. В линии уравнивания имеется регулятор давления 12, настраиваемый таким образом, чтобы крутящий момент на валу двигателя вертикальной подачи, необходимый для перемещения шпиндельной бабки вверх — вниз, был минимальным. Фактическое давление в линии уравнивания контролируется с помощью реле давления 13. Гидравлический аккумулятор 14 накапливает энергию, поступающую от гидронасоса в периоды уменьшенного расхода ее исполнительными органами. Он восполняет потери давления в гидроцилиндре уравнивания при быстрых перемещениях шпиндельной бабки электродвигателем. Еще одно назначение гидроаккумулятора — компенсация утечек в гидросистеме. Накопление энергии гидроаккумулятором происходит за счет деформации упругой диафрагмы, разделяющей его полость на две части — одну, заполненную маслом, и вторую, заряженную азотом под давлением 3,8 МПа (использовать для этой цели кислород или воздух нельзя, так как они взрывоопасны).

Большинство гидроцилиндров привода различных устройств станка получает питание по гидролинии P_2 (слив осуществляется по гидролинии T_2). Для примера на рисунке показана схема подключения одного из этих гидроцилиндров, предназначенного для перемещения автооператора параллельно оси шпинделя при смене инструмента. Скорость движения штока гидроцилиндра и давление масла регулируются дросселями 18 и 20, обратными клапанами 19, 21 и редукционным 16.

Управление работой гидроцилиндра осуществляется с помощью двухпозиционного распределителя 17 с электромагнитами Y_1 и Y_2 . Положение распределителя на схеме соответствует включенному электромагниту Y_1 . Масло под давлением поступает в левую полость гидроцилиндра 22. Поршень со штоком совершает ход вправо. Автооператор извлекает оправку с инструментом из шпинделя. В конце хода срабатывает бесконтактный конечный выключатель KB2, подающий сигнал о том, что заданный ход автооператора выполнен. После этого автоматически срабатывает гидроцилиндр поворота автооператора на 180° (включенного по аналогичной схеме параллельно в ту же гидролинию P_2 — T_2). После окончания поворота, фиксируемого соответствующим конечным выключателем, и поворота магазина для поиска нужного гнезда подается команда на обратный ход штока гидроцилиндра 22. Для этого включается электромагнит Y_1 , и распределитель 17 переключается в правое положение. Автооператор

Рис. 98. Устройство для торможения штока гидроцилиндра



вставляет в шпиндель новый инструмент, а отработавший подает в гнездо магазина. Контроль выполнения этого движения обеспечивает бесконтактный конечный выключатель KB1.

В гидравлической схеме имеются фильтры, очищающие масло перед насосом 2 (фильтр 1), перед поступлением его в гидропанель (фильтр 4) и сливом в гидробак (фильтр 3). В линиях нагнетателя имеются обратные клапаны 7 и 8.

В гидравлических цилиндрах станка имеются устройства для быстрого торможения штока, обеспечивающие плавную остановку рабочего органа станка (рис. 98). В конце хода (на схеме — слева) наконечник 3, закрепленный на штоке 6 гидроцилиндра, перекрывает свободный выход масла из цилиндра через центральное отверстие в крышке 1. Масло вытесняется поршнем 5 через нижнее отверстие и дроссель 4, а потом уже попадает в центральное отверстие и далее на слив. Замедление хода штока зависит от настройки дросселя 4 (настройка выполняется на заводе при сборке станка).

При рабочем ходе (слева направо на рисунке) масло под давлением поступает через штуцер в центральное отверстие крышки и, кроме того, через открывающийся при этом обратный клапан 2. В результате поршень и шток совершают рабочий или ускоренный ход в соответствии с назначением гидроцилиндра. В конце хода вправо торможение штока обеспечивают наконечник 7 и второй дроссель.

Для очистки от стружки и грязи посадочного конуса шпинделя в него подается сжатый воздух, предварительно осушенный пропусканием через влагоотделитель и смешанный с мелкими частицами масла в устройстве подготовки воздуха. К станку сжатый воздух подают из цеховой магистрали под давлением 0,3 — 0,5 МПа.

Система смазки станка — комбинированная. Для смазки подшипников колес шпиндельной бабки служит система циркуляционной смазки от отдельного лопастного насоса, подающего масло через фильтр тонкой очистки и регулируемый распределитель к местам смазки.

Для смазки направляющих подвижных узлов, опор шпинделя, шариковых винтовых пар и подвижных механизмов устройства автоматической смены инструментов имеется автоматическая централизованная дозирующая система, включающая специальную агрегатную установку, главный и вторичные питатели и трубопроводы для подачи масла к местам смазки. Управление агрегатной установкой обеспечивает электронное устройство.

Для роликовых радиально-упорных подшипников приводов подачи стола, шпиндельной бабки и стойки, подшипников червячного вала поворотного стола и передачи рейка — шестерня устройства для смены приспособлений-спутников применяется консистентная смазка. Смазку этих узлов выполняют вручную.

Компоновка и общая характеристика МС 2623ПМФ4 Ленинградского станкостроительного производственного объединения им. Я.М.Свердлова были рассмотрены в первой главе, приводы главного движения и подач — во второй. Познакомимся с устройством других основных сборочных элементов станка.

Устройство осевой подачи расточного шпинделя. Важная особенность станка 2623ПМФ4 — наличие выдвижного расточного шпинделя, помещенного внутри полого (рис. 99). Вращение полого шпинделя передается расточному с помощью шпонки, а для осевой подачи служит отдельный привод. На заднем конце расточного шпинделя 3 установлен ползун 7 с кронштейном, в котором закреплен корпус шариковой гайки 15. При вращении шарикового винта 16 двигателем М ползун вместе с расточным шпинделем движется с осевой подачей. Шпиндель может вращаться в ползуне на упорных подшипниках 6 и 8: шариковый винт имеет опоры качения в виде двух игольчатых 18, упорных 19, 17 и радиального шарикового 14 подшипников. Все упорные подшипники и шариковая пара ходовой винт — гайка собраны с предварительным натягом, соединение вала с двигателем обеспечивается муфтой 12, допускающей небольшое несовпадение вала и винта и отличающейся высокой крутильной жесткостью.

Благодаря этому обеспечивается точная кинематическая связь шпинделя с электродвигателем подачи. Для точной остановки шпинделя в осевом положении служит тормозная муфта 13.

Внутри расточного шпинделя размещен механизм закрепления инструментальных оправок. На схеме он показан в зажатом состоянии. Тяга (шомпол) 4 находится в крайнем правом положении под действием тарельчатых пружин 5 и прочно удерживает инструментальную оправку 1 за хвостовик 2 рычагами 21 в посадочном гнезде шпинделя. Для раскрепления оправки служит гидроцилиндр одностороннего действия 9. При подаче масла под давлением в правую полость гидроцилиндра его шток через упорный подшипник воздействует на тягу 4 и сдвигает ее влево, сжимая комплект тарельчатых пружин. Рычаги 21, попадая в расточку шпинделя, освобождают хвостовик 2, а тяга при

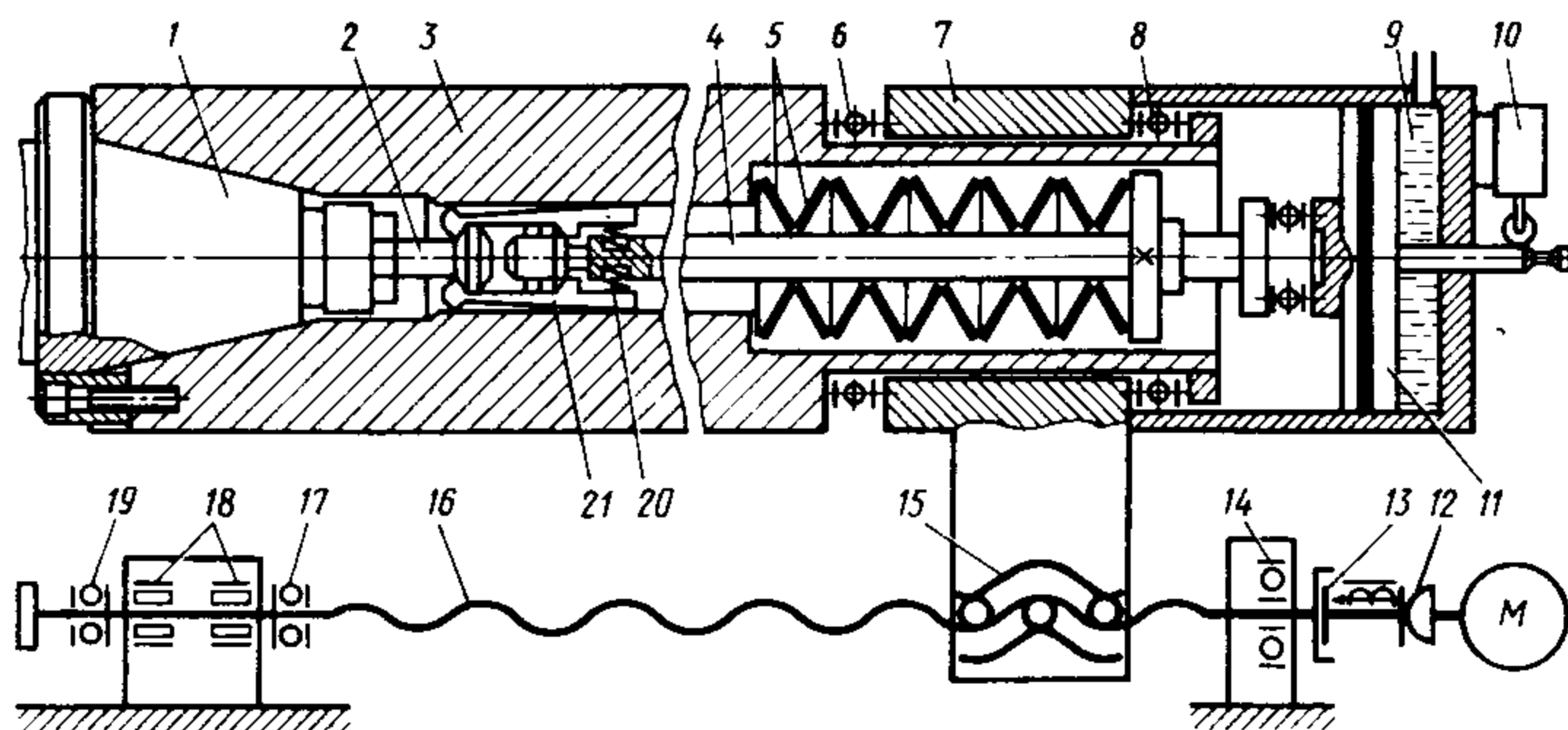


Рис. 99. Схема привода осевой подачи шпинделя и закрепления инструментальных оправок на станке 2623ПМФ4

дальнейшем ходе упирается в хвостовик и выталкивает оправку с инструментом из шпинделя примерно на 6 мм. Автооператор легко вынимает оправку из шпинделя и заменяет ее следующей по программе. При наладке станка оправки вынимают или вставляют вручную. Для надежного захвата оправки рычагами 21 имеются пружины 20, поджимающие левые концы рычагов к хвостовику в начале хода тяги вправо. При дальнейшем движении тяги под действием разжимающихся тарельчатых пружин рычаги попадают в суженную часть отверстия шпинделя и тем самым удерживаются в сжатом состоянии.

Чтобы исключить опасность включения вращения шпинделя при несжатой инструментальной оправке, установлен микропереключатель 10, на который воздействует удлиненный правый конец штока 11 гидроцилиндра 9.

Конструкция привода осевой подачи шпинделя и устройства зажима инструментальных оправок допускает автоматическую смену инструмента при любом осевом положении расточного шпинделя.

Устройство автоматической смены инструментов. Станок оснащен цепным инструментальным магазином емкостью 60 шт. и двухзахватным автооператором.

В связи с тем, что оси инструментов в шпинделе и инструментальном магазине параллельны, число движений автооператора невелико. В отличие от всех ранее рассмотренных автооператоров в станке 2623ПМФ4 вытаскивание и вставление инструментальных оправок из магазина и шпинделя происходят не вдоль осей магазина и посадочного отверстия, а по дуге окружности.

Схема действия автооператора показана на рис. 100. В исходном нейтральном положении захваты 1 и 8 автооператора А находятся на небольшом расстоянии от магазина М и шпинделя Ш. По команде на смену инструментов оба захвата одновременно подаются с помощью гидроцилиндров 2 и 9 к инструментальным оправкам и зажимают их (в каждом захвате имеется рычаг-защелка). Вслед за этим рычаги с гидроцилиндрами 2 и 9 захватов одновременно (синхронно) поворачиваются гидроцилиндром 11 вокруг вертикальных осей 3 и 10 в направлении к центру корпуса автооператора, вытаскивая инструменты с их оправками из магазина и шпинделя.

Для смены инструментов корпус 4 автооператора поворачивается на 180° с помощью связанной с ним шестерни 6 и реек гидроцилиндров 5 и 7. После этого рычаги 2 и 9, поворачиваясь на своих осях, вводят отработавший инструмент в магазин, а сменявший его — в шпиндель.

Время, затрачиваемое непосредственно на смену инструментов, составляет 9 с. Заданный цикл работы автооператора обеспечивается системой путевого управления.

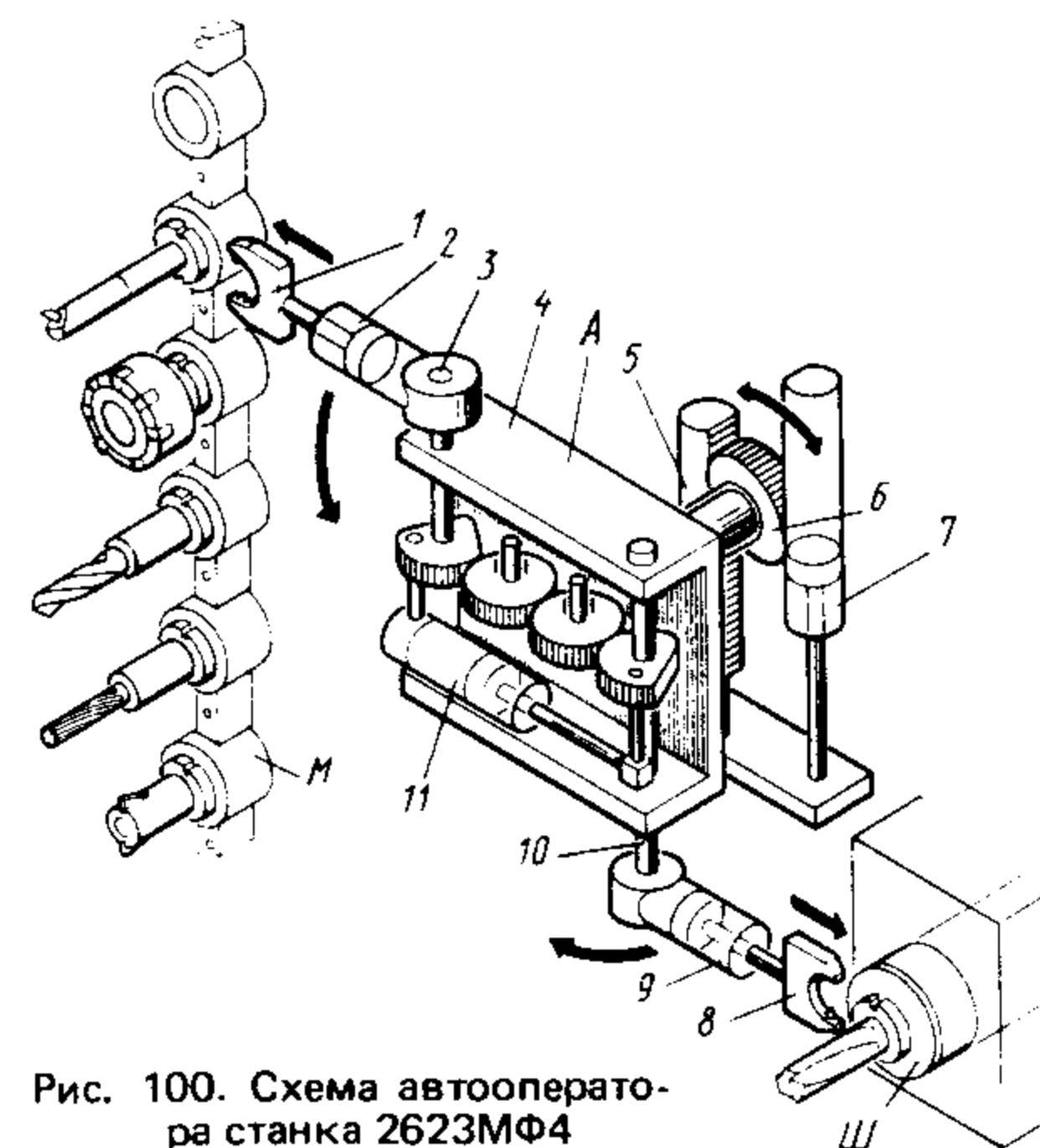


Рис. 100. Схема автооператора станка 2623ПМФ4

Поворотный стол. Поворотный стол установлен на саях станка на прецизионном двухрядном роликовом подшипнике и опирается на круговые направляющие, имеющие накладки из антифрикционного сплава ЦАМ 10-5. Поворот стола осуществляется следующим образом (рис. 101). От электродвигателя, связанного зубчатыми колесами с $z = 77$ и $z = 24$ (см. рис. 20) с валом XV получает вращение зубчатое колесо 31 и через зубчатое колесо 30 вал XIV. Далее кинематическая цепь разветвляется. Зубчатые колеса 29 и 33, закрепленные на концах вала XIV, имеющие одинаковое число зубьев, передают вращение зубчатым колесам 27 и 32 и валам XII и XIII. На этих валах установлены зубчатые колеса 26 и 28, входящие в зацепление с зубчатым венцом 25 поворотного стола. Таким образом, вращение столу передается по двум параллельным кинематическим цепям с одинаковым передаточным отношением. Нужно это для того, чтобы устранить зазоры в сопряжениях зубьев и создать натяг в цепи привода стола. Обратим внимание на то, что зубчатые колеса 29 и 33 с винтовым зубом имеют одинаковое число зубьев, но направление зубьев у них противоположное. Этим же между собой различаются зубчатые колеса 27 и 32. Для создания натяга в кинематической цепи служит гидроцилиндр Ц. При подаче масла под давлением в его нижнюю полость шток цилиндра нажимает через упорный шарикоподшипник на торец вала XIV и слегка смещают его снизу вверх — в направлении стрелки А. При этом зубья зубчатого колеса 29 своими винтовыми зубьями стремятся повернуть зубчатое колесо 27 в направлении Б, а зубчатое колесо 33 стремится повернуть зубчатое колесо 32, в противоположном направлении В. В результате зубчатые колеса 26 и 28 получают небольшой поворот в разные стороны до тех пор, пока не будут устранены зазоры в сопряжении этих шестерен с зубчатым венцом 25 и появится натяг во всей кинематической цепи. Наличие гидроцилиндра с регулируемым давлением масла позволяет поддерживать постоянную величину натяга и обеспечить высокую точность работы делительного механизма.

По окончании поворота на нужный угол, заданный программой, стол прочно прижимается к направляющей с помощью трубчатого гидравлического зажима (рис. 101, б). В кольце К, расположенном над зубчатым венцом 25 поворотного стола П, имеется кольцевой паз, куда вложены медная трубка Т и нажимное кольцо Н. Для поджима стола к круговой направляющей (присоединенной к саям С) внутрь

трубки подается масло под давлением 10 МПа. Трубка, упруго деформируясь, давит на кольцо Н и через него прижимает зубчатый венец 25 к направляющей стола.

Система стабилизации температуры. Большое внимание при проектировании станка было уделено стабилизации температуры как важнейшего средства снижения влияния тепловых деформаций на взаимное положение частей станка. Станок оснащен холодильной машиной, поддерживающей температуру масла в системе смазки станка на уровне 26°C . Проведенными исследованиями установлено, что такая температура масла при температуре окружающего воздуха 20°C наиболее благоприятна для работы станка на различных режимах, применяемых в практике. Обеспечивается минимальное влияние температурных деформаций станка на точность обработки. Вместе с тем предусмотрена возможность корректировки температуры масла для измененных условий обработки.

Гидравлическое оборудование и система смазки. Гидравлическое оборудование станка включает насосную станцию с тремя лопастными насосами, питающую, во-первых, гидроцилиндры и гидрофицированные устройства и, во-вторых, систему смазки.

К устройствам первой группы относятся гидроцилиндр уравнивания шпиндельной бабки, механизм переключения диапазонов частот вращения шпинделя, устройства для раскрепления инструмента в шпинделе и зажима подвижных узлов.

Вторая группа устройств обеспечивает смазку механизмов и направляющих шпиндельной бабки и поворотного стола, а также гидростатическую смазку направляющих стола и стойки.

МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ СТАНКИ 2204ВМФ4 и 2254ВМФ4

Многооперационный станок 2204ВМФ4 — станок горизонтального типа с крестовым поворотным столом (стол перемещается по осям X и Z). На станке можно обрабатывать корпусные заготовки с четырех сторон путем последовательного поворота заготовки на 90° при одном установе. Для заготовок сложной конфигурации возможен поворот на любой другой угол в соответствии с взаимным расположением обрабатываемых поверхностей. Точность станка позволяет обрабатывать соосные отверстия последовательно, поворачивая заготовку на 180° , короткими консольно закрепленными инструментами. Шпиндельная бабка не имеет перемещения вдоль оси шпинделя, что повышает его жесткость. Возможна обработка с линейной и круговой интерполяцией.

Имеется устройство для контроля угла поворота шпинделя, предназначенное для обработки винтовых поверхностей и выполнения переходов, требующих отвода или подвода резца от обрабатываемой поверхности при определенном угловом положении оправки.

Широкий диапазон частот вращения шпинделя (31,5—2000 об/мин) и рабочих подач (1—4000 мм/мин) при бесступенчатом регулировании обеспечивает возможность производительной и точной обработки заготовок из различных материалов — от легких сплавов до высокопрочных сталей и сплавов.

Движения подач обеспечиваются высокомоментными электродвигателями постоянного тока, соединенными с ходовыми винтами

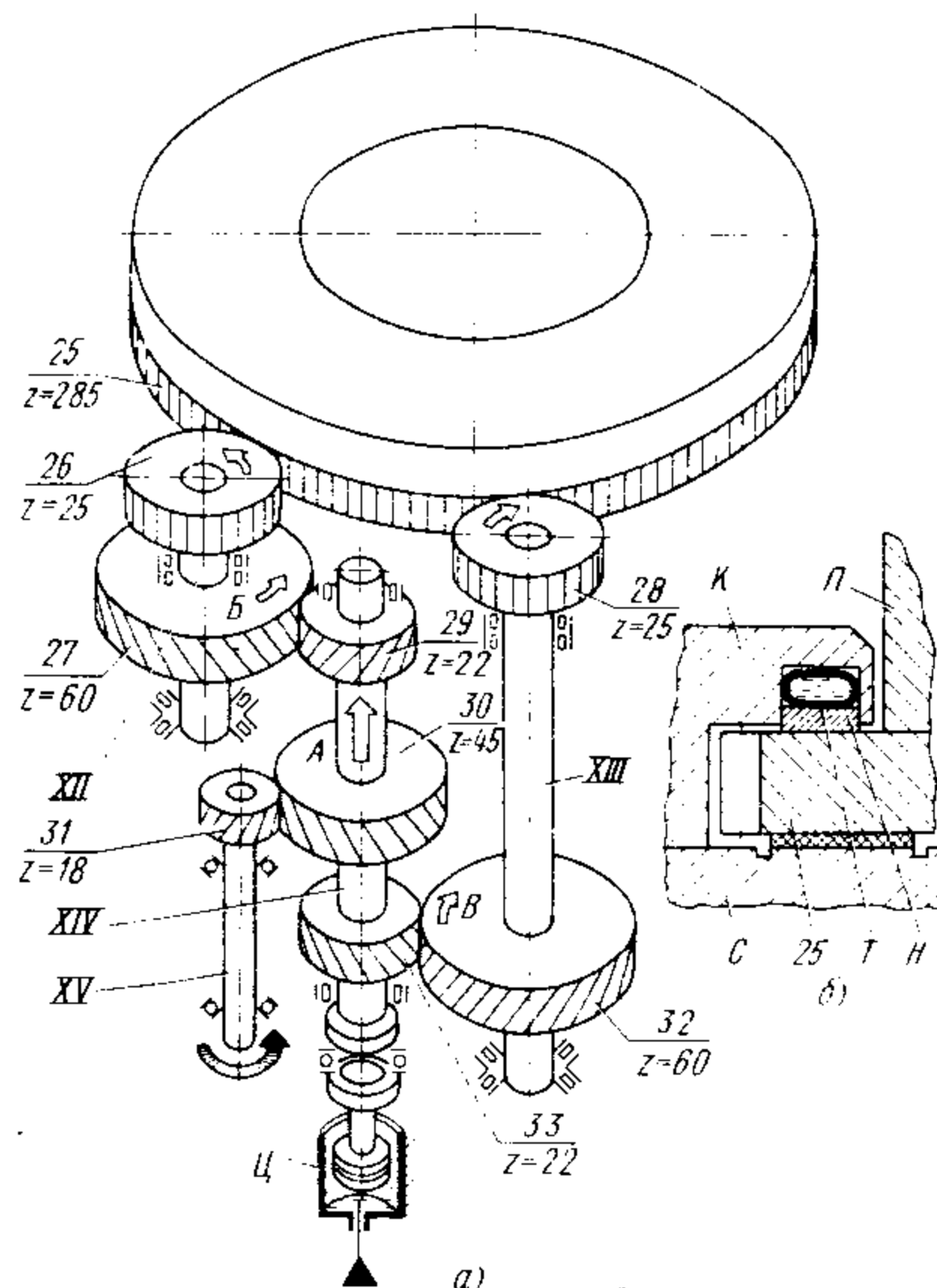


Рис. 101. Схема привода (а) и зажима (б) поворотного стола (номера позиций см. на рис. 20)

гибкими сильфонными муфтами. Шариковые винтовые пары установлены с предварительным натягом. Для прямолинейных перемещений использованы замкнутые направляющие качения (танкетки).

Контроль линейных и круговых перемещений обеспечивается линейными и круговыми индуктосинами.

Инструментальный магазин установлен отдельно от станка на цилиндрической опоре. Благодаря этому колебания, возникающие при работе его механизмов, не передаются станку. Сокращение вспомогательного времени достигается благодаря высокой скорости быстрых ходов (10 000 мм/мин) и быстрдействию устройства автоматической смены инструмента. Неперекрываемое время смены инструмента не превышает 6 с. Предусмотрена возможность встраивания станка в автоматическую линию.

Многооперационный станок 2254ВМФ4 отличается от станка 2204ВМФ4 компоновкой (станок вертикального типа) и некоторыми техническими данными. Его основное назначение — обработка заготовок плоскостных деталей с одной стороны (фрезерование плоскостей, пазов, уступов, криволинейных поверхностей с линейной и круговой интерполяцией, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, контурное фрезерование отверстий, нарезание резьб). Класс точности станка В.

Оба станка имеют систему ЧПУ комплектного типа, включающую устройство ЧПУ "Размер 4", станцию управления "Сигнал" и комплект электропроводов типа "Кедр". Устройство ЧПУ комбинированное (позиционно-контурное), обеспечивающее возможность линейной, круговой и винтовой интерполяции. Информация (программа) может вводиться в систему управления с перфоленты или от ЭВМ, а также вручную.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ МНОГООПЕРАЦИОННЫЙ СТАНОК FQH50A

Многооперационный станок FQH50A (рис. 102) производства комбината ТЭС (ЧССР) предназначен для фрезерования плоскостей, уступов, пазов; для обработки отверстий всеми видами инструментов, включая нарезание внутренней резьбы в заготовках типа корпусов, коробок, плоскостных деталей с размерами до 500 x 500 x 500 мм и весом 7,5 кН с нескольких сторон за один установ. Заготовки устанавливают на поворотный стол 2, который может перемещаться вместе с крестовым столом 3 по координатам X и Y. Стойка 1 станка неподвижна. По ее вертикальным направляющим перемещается шпиндельная бабка ШБ (координата Y). Все движения подач обеспечивают электродвигатели постоянного тока с тиристорным управлением.

Двигатели соединены с шариковыми ходовыми винтами с помощью муфт без промежуточных передач. Винты имеют диаметр 50 мм, шаг 10 мм; шариковые гайки установлены с предварительным натягом, обеспечивающим высокую жесткость сопряжения.

Наибольшие перемещения (мм) по осям координат составляют: $x = 630$, $y = 600$, $z = 530$. Скорости всех рабочих подач регулируются бесступенчато в пределах 10 — 1000 мм/мин, скорость ускоренного хода 10 000 мм/мин.

Шпиндельная бабка имеет гидравлическое уравнивающее устройство. Шпиндель станка получает вращение от электродвигателя

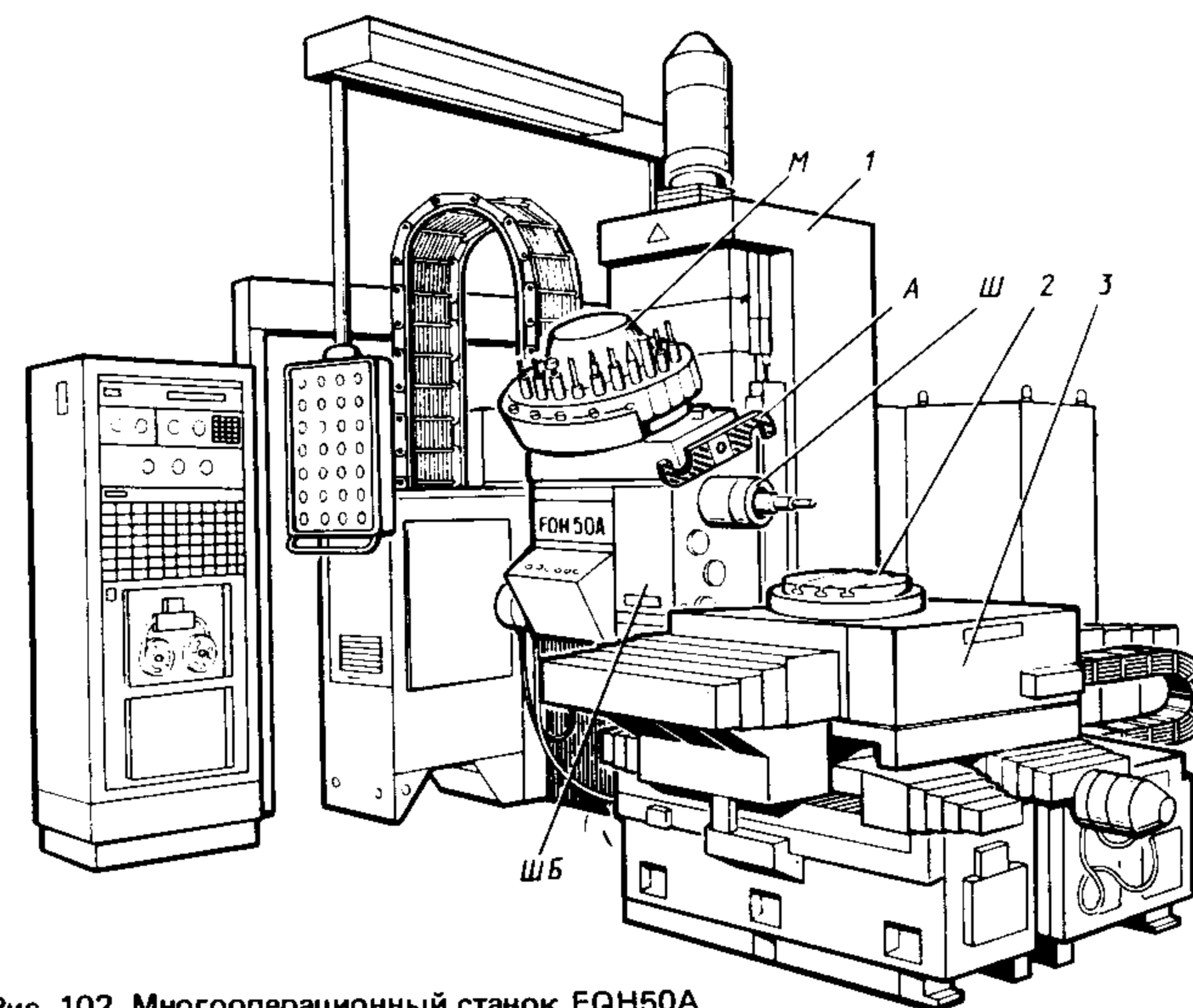


Рис. 102. Многооперационный станок FQH50A

постоянного тока мощностью 12,8 кВт через двухступенчатую коробку передач частотой вращения 14 — 2000 об/мин. В программе для станка может быть выбрано 87 ступеней частот вращения.

Инструментальный магазин М барабанного типа емкостью 30 инструментов установлен на шпиндельной бабке под углом 20° к вертикали.

Для смены инструмента его оправка поворачивается в горизонтальное положение и передается в шпиндель Ш двухзахватным поворотным автооператором А. Смена инструментов занимает 8 — 12 с. Наибольший диаметр инструментов при установке в каждое гнездо магазина 65 мм, при свободных соседних гнездах — 120 мм. Закрепление оправок в шпинделе обеспечивается тарельчатыми пружинами, отжатие — гидроцилиндром.

В программе возможно кодирование как гнезд магазина, так и инструментальных оправок. Это возможно благодаря установке считывающего устройства, определяющего код оправки по перфорированной пластине, устанавливаемой на хвостовике оправки. Поворот магазина для поиска инструментов и все движения автооператора гидрофицированы и управляются с помощью микровыключателей по замкнутому автоматическому циклу. Команда на начало цикла подается от перфоленты или вручную нажатием соответствующей кнопки на панели управления.

Поворот стола с заготовкой — дискретный, с шагом 5° (72 угловых положения). Точность установки координат на длине 500 мм составляет $\pm 0,02$ мм, точность деления поворотного стола $\pm 3''$. Станок имеет систему ЧПУ типа NS47102 (Тесла) или другую контурную систему управления ("SINUMERIK", "PHILIPS" и т.д.).

Станки FQH50A в специальном исполнении для обработки деталей из цветных металлов и сплавов имеют расширенный диапазон частот вращения шпинделя 14–2800 об/мин. В исполнении с повышенной точностью может быть достигнута точность установки координат на длине 500 мм до $\pm 0,015$ мм, точность деления поворотного стола $\pm 1,5''$. Одна из модификаций станка имеет поворотный стол увеличенных размеров (диаметр стола 630 мм вместо 500 мм) и подачи по осям X и Y по 800 мм, по оси Z 630 мм.

По желанию заказчика станки оборудуются системой для подачи к работающему инструменту смазочно-охлаждающей жидкости. Предусмотрена возможность установки рядом со станком двухпозиционного стола обработки заготовок в приспособлениях-спутниках.

Конструкция и компоновка станка предусматривают возможность его встраивания в автоматические линии или участки для комплексной обработки с управлением всем оборудованием от ЭВМ.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ МНОГООПЕРАЦИОННЫЙ СТАНОК ИР-1600МФ4

Многооперационный станок ИР-1600МФ4 — уникальный станок для обработки особо крупных заготовок, длина которых может достигать 16 — 20 м, а высота — 3,5 м. По своим технологическим возможностям и конструктивным решениям он находится на уровне лучших мировых образцов аналогичного назначения, таких, как "EcoCut-3" фирмы Scharmann (ФРГ), "OM-80" фирмы Sundstrand (США), "MCTC-130" фирмы Berardi (Италия), "YMS-30" фирмы Ymazaki (Япония), а по некоторым показателям превосходит их.

В связи с большой массой обрабатываемых заготовок их устанавливают неподвижно (а если позволяют размеры, то на поворотный стол диаметром 1600 мм). Поэтому движения по осям X, Y и Z выполняются стойкой 4 станка (рис. 103), установленной на саях 9 по оси Z, саями вместе со стойкой по направляющим станины 10 по оси X, шпиндельной бабкой ШБ по оси Y. На рисунке видны ходовые винты подачи саян 11 и шпиндельной бабки 6. Последний получает вращение от электродвигателя 3. Раздвижные щитки, закрывающие вертикальные направляющие стойки и горизонтальные направляющие, на рисунке не показаны. Это позволяет обратить внимание на конструктивное решение узла шпиндельная бабка — стойка. Стойка портального типа (так же, как станка ИР-500МФ4) охватывает шпиндельную бабку с двух сторон, обеспечивая ее надежное базирование и высокую и равномерную жесткость шпиндельного узла при изменяющемся направлении силы резания.

Мощный шпиндель Ш установлен в прецизионных подшипниках качения в отдельном корпусе и получает вращение от электродвигателя постоянного тока мощностью 42 кВт через двухступенчатую коробку передач с частотой 10 — 2000 об/мин.

Перемещения по координатным осям обеспечивают высокомоментные электродвигатели постоянного тока с тиристорным управлением. Длина (мм) перемещения по осям: X — 8000, Y — 2500, Z — 1000. Уравновешивание шпиндельной бабки гидравлическое.

Комбинированная система ЧПУ типа CNC 8 (рис. 103) позволяет при необходимости управлять одновременно пятью координатами и в сочетании с датчиками-индуктосинами обеспечивает точность линейных перемещений 0,02 мм на 1000 мм длины.

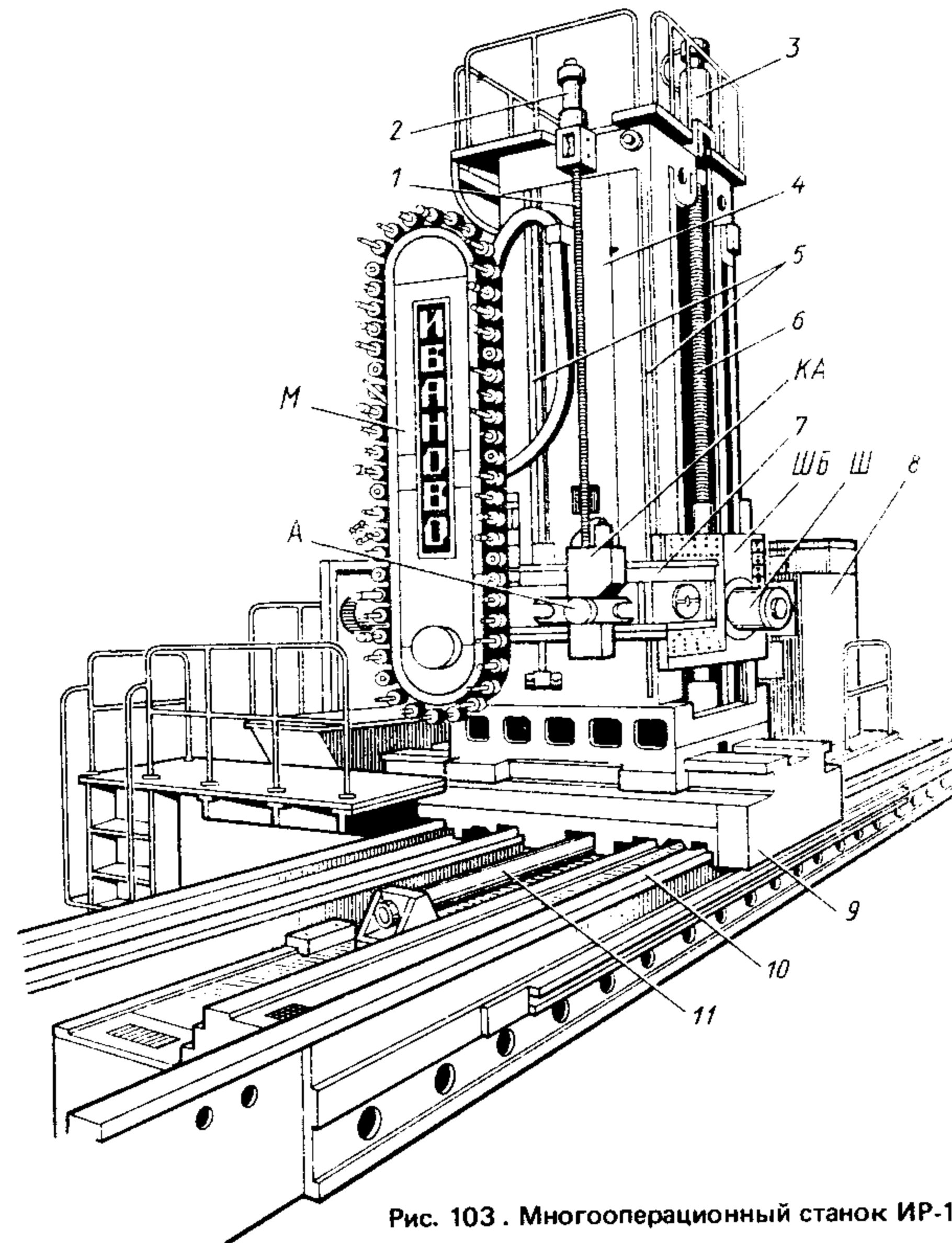


Рис. 103. Многооперационный станок ИР-1600МФ4

Перемещения шпиндельной бабки, стойки и саян происходят по стальным закаленным накладным направляющим на роликовых опорах качения.

Ускоренные перемещения выполняются со скоростью 8000 м/мин при времени разгона и торможения 0,2 — 0,3 с.

Инструментальный магазин цепного типа, емкостью 60 или 80 шт. (по желанию заказчика). Устройство автоматической смены инструмента имеет автооператор А с двумя захватами клещевого типа, установленные на каретке КА, перемещающейся по траверсе 7. В крайнем левом положении каретки левый захват автооператора зажимает оправку инструмента, подготовленного к смене.

Траверса 7, несущая каретку автооператора, может перемещаться по направляющим 5 с помощью электродвигателя 2 и ходового винта 1. Благодаря этому смена инструмента выполняется при любом положении шпиндельной бабки на стойке. В сочетании с высокими скоростями движения автооператора и цепи инструментального магазина (40 м/мин) это позволяет до минимума сократить время на смену инструмента.

Для расширения технологических возможностей станок имеет устройство для автоматической смены инструментальных головок.

Инструментальные головки (расточные, фрезерные, многошпиндельные и т.д.) помещают в магазин, расположенный слева от станка. Для передачи головки на станок имеется тележка, перемещающаяся по специальным направляющим. Тележка подвозит головку к шпиндельной бабке, где происходит автоматическая установка головки на базовые поверхности бабки и ее закрепление. Крутящий момент ведущему валу головки передается от главного привода через специальный вал.

На станке ИР-1600МФ4 можно выполнять все виды обработки плоскостей и отверстий лезвийными инструментами, включая контурное фрезерование с линейной и круговой интерполяцией и нарезание резьб метчиками.

Широкие технологические возможности, большие скорости рабочих и ускоренных перемещений в сочетании с высокой точностью позиционирования позволяют эффективно использовать станки ИР-1600МФ4 в условиях мелкосерийного производства на заводах тяжелого машиностроения, авиастроения, атомного энергомашиностроения и др.

МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ СТАНКИ UNION МОДЕЛЕЙ CBFK 100/1 и CBFK 150/1

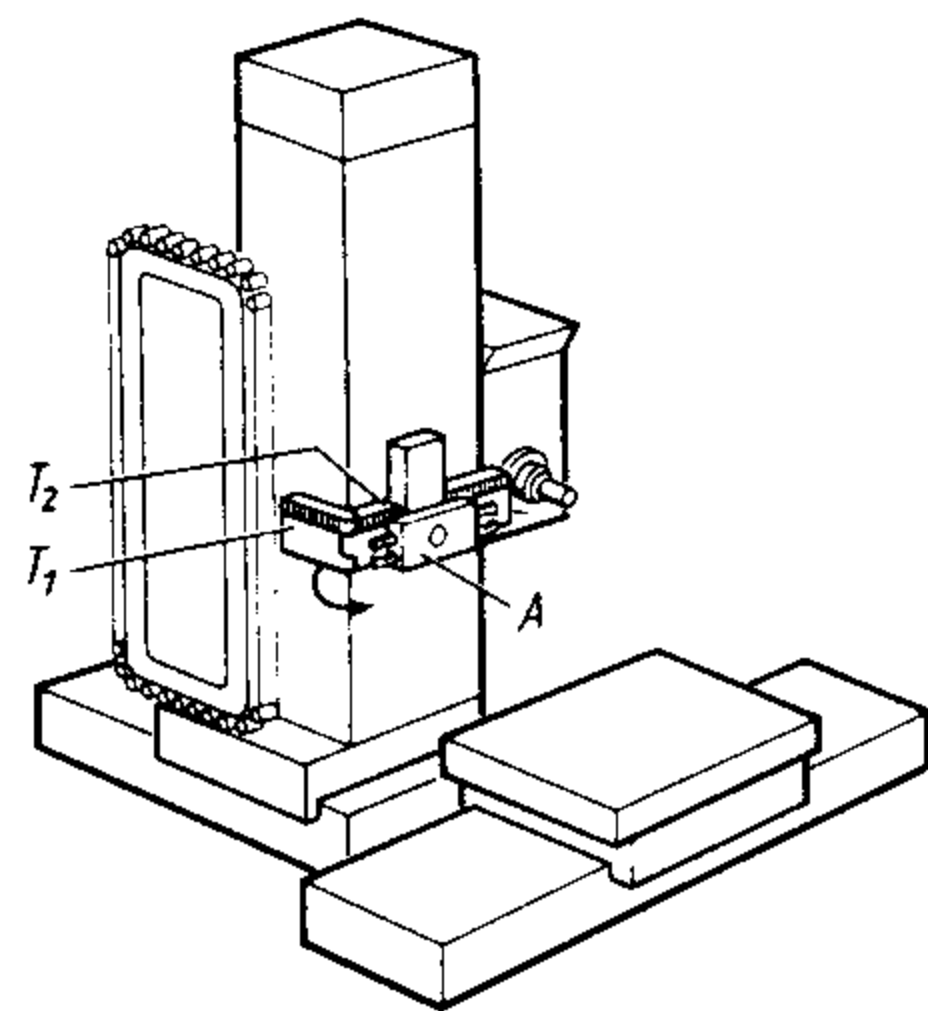
Эти станки отличаются от других станков подобного типа компоновкой устройства АСИ и инструментального магазина. Система программного управления CNC. Допускает программирование перемещений с точностью до 0,001 мм.

Автооператор с двумя захватами имеет электрогидравлическое управление и перемещается по траверсе, состоящей из двух частей, расположенных на боковой и передней стенках стойки станка.

В отличие от станков, где использована изогнутая траверса, поворот каретки автооператора для изменения направления его движения происходит вместе с траверсой. Происходит это следующим образом. В положении загрузки автооператор из магазина губками своего захвата зажимает оправку инструмента, находящегося в позиции смены (рис. 104). Ходом вперед, так же как и в большинстве других конструкций, оправка вытаскивается из шпинделя. Происходит поворот автооператора на 180° , и обратным ходом вдоль оси поворота инстру-

мент, доставленный перед этим из шпинделя, подается в гнездо магазина. Каретка автооператора начинает движение к шпинделю по боковой части T_1 траверсы. Затем эта часть траверсы поворачивается относительно вертикальной оси на 90° вместе с кареткой автооператора А до совмещения со второй частью T_2 траверсы, расположенной на передней стенке стойки. Каретка автооператора, продолжая движение по траверсе, подходит к шпинделю.

Рис. 104. Многооперационный станок UNION с разрезной поворотной траверсой



Благодаря использованию составной траверсы и отсутствию на ней криволинейного участка существенно облегчается бизирование каретки. Она катится на роликах по призматическим направляющим траверсы.

Во время смены инструмента стойка станка и шпиндельная бабка перемещаются в позицию смены.

В процессе замены инструмента в шпинделе его посадочный конус и инструментальная оправка оборудуются сжатым воздухом.

Используется система программного управления "SINUMERIK SYSTEMZ" фирмы SIEMENS.

Движение подач по трем координатам осуществляется стойкой, шпиндельной бабкой и столом станка. Стойка перемещается горизонтально по оси Z, шпиндельная бабка — вверх — вниз по направляющим стойки (ось Y), стол имеет подачу по оси X. Пиноль шпинделя выдвижная ось (ось W). Имеется встроенный поворотный стол (поворот В относительно вертикальной оси).

Двигатели главного движения станков постоянного тока мощностью 32 кВт (для CBFK 110/1) или 45 кВт (для станка CBFK 150/1).

Диаметр расточного шпинделя соответственно 110 и 150 мм, частота вращения 5 — 1400 и 4 — 1120 об/мин.

Пределы рабочих подач для обоих станков одинаковые 1 — 4000 мм/мин, скорость быстрого хода для меньшего станка 10 000 мм/мин, для большего — 8000 мм/мин.

Цепной магазин может иметь емкость 60 или 80 инструментов. Максимальный диаметр инструмента при занятых соседних позициях магазина 105 мм, при свободных — 250 мм. Его вес до 0,3 кН, вылет из шпинделя до 400 мм.

На станках обрабатывают заготовки массой до 8000 кг (модель 110/1) или 12 500 кг (модель 150/1), устанавливая их на столе размерами 1250 x 1600 или 1600 x 2000 мм. Привод поворота стола обеспечивает периодический поворот ($4 \times 90^\circ$) или непрерывное вращательное движение со скоростью 1 — 4000 мм/мин, быстрый поворот 10 000 или 8000 мм/мин.

При периодическом делении частота вращения стола составляет 2 или 1,6 об/мин.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

НАЛАДКА И ОБСЛУЖИВАНИЕ

НАЛАДКА

Наладка и настройка многооперационного станка включают следующие работы: 1) подготовку установочно-зажимных приспособлений; 2) подготовку набора режущих и вспомогательных инструментов и настройку их на размеры обработки; 3) установку заготовок; 4) ввод программы; 5) обработку заготовки. Рассмотрим содержание этих работ.

1. Подготовка установочно-зажимного приспособления. В зависимости от типа приспособления, предусмотренного технологией обра-

ботки, его устанавливают непосредственно на столе станка или на приспособлении-спутнике.

Если приспособление состоит из нескольких, не связанных друг с другом элементов, сначала устанавливают базовые элементы, ориентируя спутник. Расположение базовых и крепежных элементов должно строго соответствовать карте наладки, так как от этого зависит точность положения заготовки по отношению к системе координат станка, а следовательно, погрешности установки. Если приспособление имеет корпус на базовую плиту, то их положение выверяют по отношению к пазам стола или боковым поверхностям плиты спутника.

Проще всего устанавливать корпус или базовые элементы приспособления в случае, если на спутнике имеется сетка точно расположенных базовых отверстий, по которым базируются с помощью точных базовых штифтов элементы приспособления. В этом случае положение приспособления, а следовательно, и заготовки задается заранее технологом (программистом), который разрабатывает программу в абсолютных (по отношению к "нулю станка") или в относительных координатах, с учетом положения нуля заготовки по отношению к нулю станка. Нуль станка — это исходное положение стола и шпинделя станка, при котором все датчики перемещений показывают нуль.

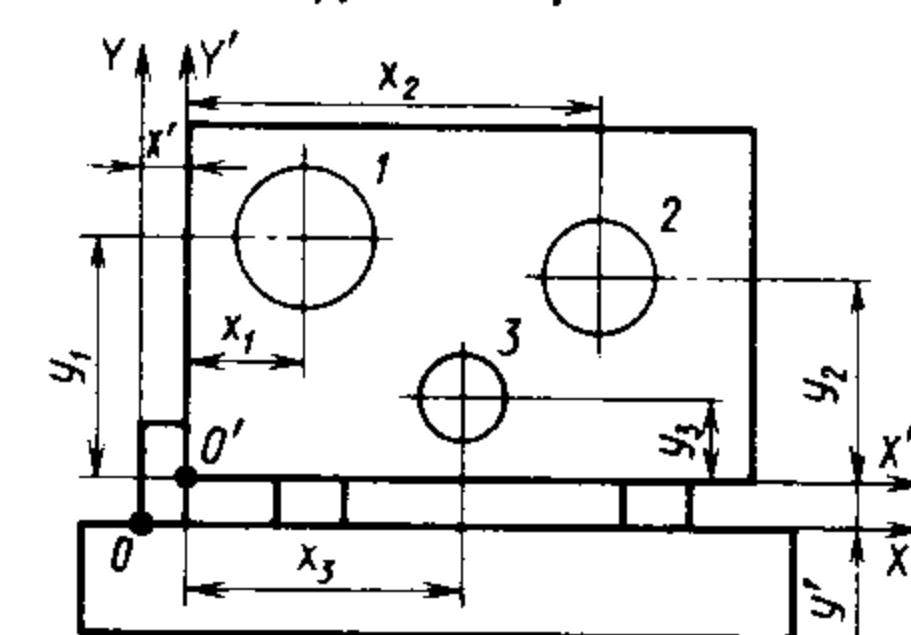
Базовые поверхности заготовки и опорные поверхности приспособления, на которые они устанавливаются, образуют систему координат, начало которой называют нулем заготовки (рис. 105).

Если задать положение заготовки по отношению к системе координат станка размерами x' и y' , то при обработке отверстия 1 в программе может быть задано перемещение по оси X равное $+x'_1 + x_1$, по оси Y: $+y'_1 + y_1$; при обработке отверстия 2 соответственно $+x'_2 + x_1$ и $+y'_2 + y_1$ и т. д.

Но можно поступить и по-другому. Все перемещения задавать в системе координат заготовки, а перемещение к осям X_0, Y_0, Z_0 получать за счет имеющегося на станке устройства смещения нуля, набирая эти значения координат на пульте управления при наладке станка на данную операцию.

Иногда базирование корпуса приспособления на спутнике производят с помощью базовых планок B_1 и B_2 (рис. 106, а). Эти планки образуют систему координат спутника, положение которого по отношению к системе координат данного станка известно и может быть учтено при составлении программы.

Нашел применение способ наладки базовых элементов, показанный на рис. 106, б. Их устанавливают параллельно движениям стола по координатам, выверяя с помощью индикатора, закрепляют (в общем случае в таком месте стола, где удобнее всего разместить заготовку), а затем находят полученное положение системы координат заготовки по отношению к нулю станка.



Для этого в шпиндель вставляют оправку с известным диаметром d и перемещают стол в положение, при котором оправка касается планок B_1 и B_2 . На пульте индикации прочитывают значения координат, которые используют затем для смещения нуля.

Рис. 105. Размещение детали в системе координат станка

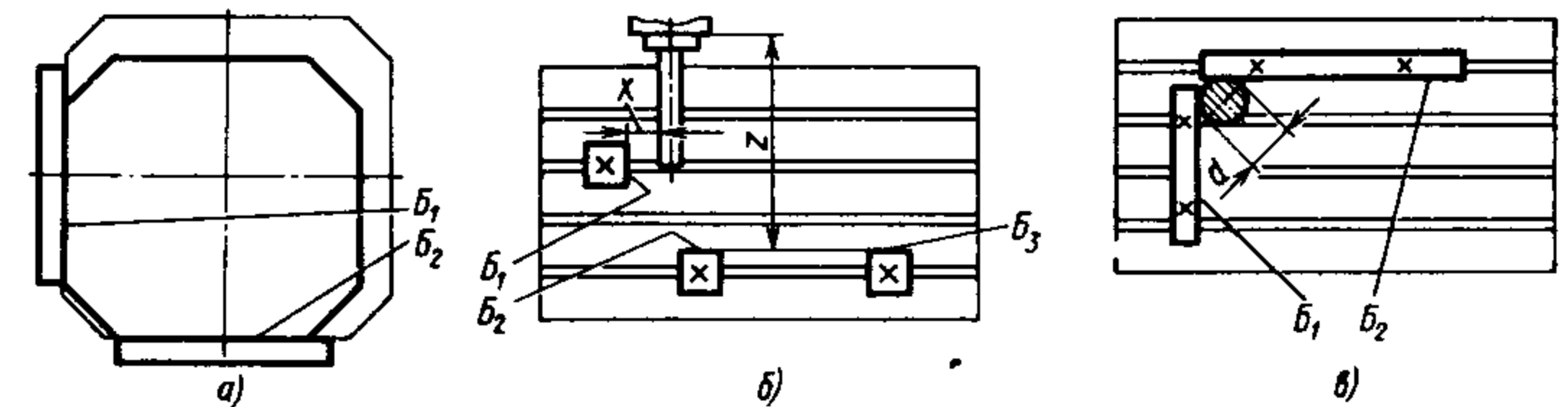


Рис. 106. Установка базовых элементов на спутнике (а) и на столе станка (б)

Можно расставить установочные элементы с базовыми поверхностями B_1, B_2, B_3 по пазам стола, находящегося в положении нуля станка, и измерить расстояния x (до мерной оправки) и z (до базовой торцевой поверхности шпинделя). Эти расстояния (с учетом диаметра оправки) учитывают при смещении нуля станка.

Оба последних способа имеют важный недостаток — требуют много времени при наладке станка, и ими следует пользоваться только тогда, когда нет возможности использовать более производительные способы.

2. Подготовка набора режущих и вспомогательных инструментов. Для обработки каждого типоразмера заготовки должен быть заранее подготовлен набор режущих инструментов, закрепленных в шпиндельных или переходных оправках.

Инструменты настраивают на размер вне станка на специальных приспособлениях. Базовые элементы приспособления такие же, как на станке. Положение режущей кромки контролируют двумя способами.

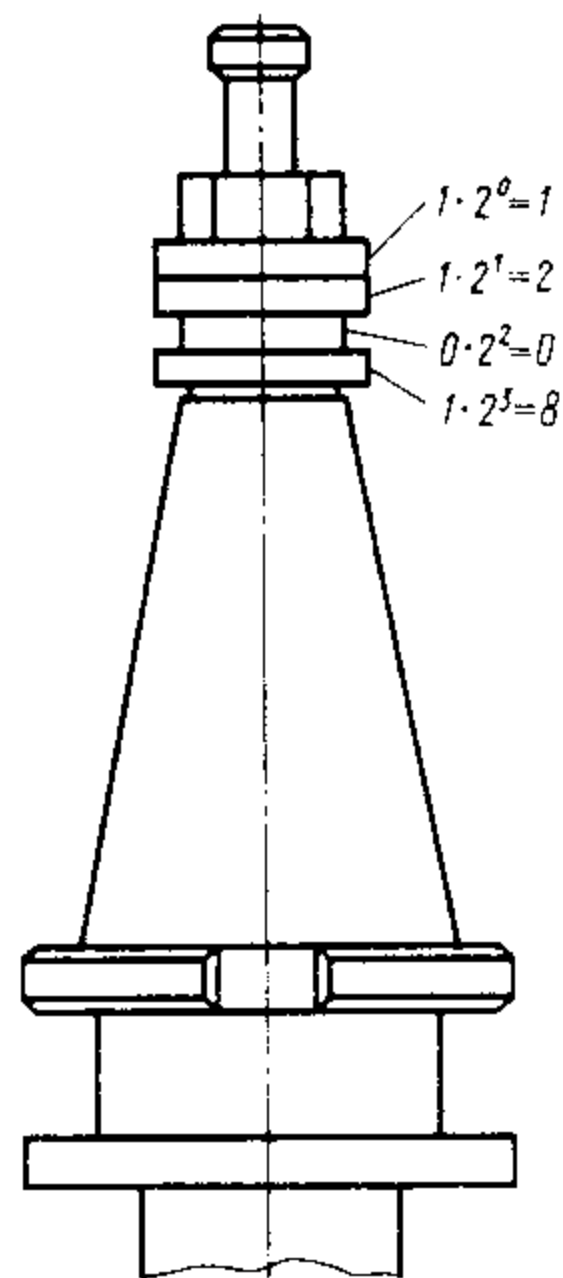
1. Оптическим устройством с перекрестием, с помощью настроечных винтов или другим устройством, устанавливаемым в положение, которое должны занять режущие кромки инструмента. Инструмент совмещают с перекрестием, изменяя длину вылета переходной оправки (регулируемыми гайками) и его диаметральный размер (с помощью регулировочных винтов или другим способом в зависимости от конструкции инструмента). Настройку резцов производят с помощью регулировочных винтов, имеющихся в державке.

2. Индуктивными датчиками. В этом случае измерительный наконечник подводится до касания с режущей кромкой инструмента. По показанию цифровой индикации определяется разница между фактическим и заданным размером инструмента. Производится подстройка инструмента до нужного размера, который контролируется датчиком.

Дополнительную поднастройку некоторых инструментов производят в случае необходимости непосредственно на станке по результатам контрольных измерений обработанных поверхностей. Изменение некоторых размеров обрабатываемых поверхностей возможно за счет введения коррекции на пульте управления. Проще всего вносится коррекция на длину обработки по координате z . Часто коррекцию вводят на радиус фрезы при работе в режиме круговой интерполяции (например, при обработке отверстий, криволинейного наружного контура) и в других случаях.

Расстановку инструментов в гнезда магазина, revolverной головки и т. п. выполняют в соответствии с программной картой. При этом необходимо тщательно сверять номер инструмента (оправки) с номером гнезда магазина, а на станках, где кодируется номер инструмента,

Рис. 107. Кодовая шпindelная оправка



установить соответствующую кодовую комбинацию на каждом хвостовике оправки. Пример такой настройки показан на рис. 107. На хвостовик шпindelной оправки одеты кольца разных диаметров. Проходя мимо имеющихся в магазине датчиков, кольца увеличенного размера заставляют их срабатывать. Каждое кольцо соответствует разряду двоичной системы счисления. В нашем примере номер инструмента $8 + 2 + 1 = 11$.

При поиске инструмента на работающем станке датчики магазина останавливают поворот магазина в момент, когда в положение смены инструментов поступает гнездо с инструментом того номера, который задан для данного перехода программы.

После расстановки набора инструментов в магазине, револьверной головке и т.д. на пульте устройства ЧПУ набирают (если это требуется) с помощью корректорных переключателей номера инструментов (или гнезд магазина) и величины коррекции для каждого из них.

3. Установка заготовок. Перед подачей заготовок на станок их следует осмотреть, проверить соответствие основным требованиям чертежа. Заготовки с отклонениями, не предусмотренными чертежом, должны быть отправлены на доработку. Если в литой заготовке обнаруживаются остатки формовочной смеси, ее следует направить в моечную машину.

При установке заготовки на стол станка или в приспособление-спутник необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Если закрепление заготовки выполняется вручную, следует пользоваться ключом предельного момента, обеспечивающим заданное усилие зажима и надежное закрепление. При работе с механизированными приспособлениями нужно следить за давлением масла в гидросистеме, своевременно устранять причины утечек масла, регулировать силу зажима в установленных пределах.

Если загрузку-разгрузку станка производит промышленный робот, его наладка и обслуживание должны выполняться в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации. Во время работы робота на автоматическом цикле наладчикам и операторам запрещается находиться в пределах зоны его действия.

4. Ввод программы. Программа обработки заготовки подготавливается технологами-программистами и поступает к наладчику станка записанной на перфоленте. Наладчик и оператор станка с ЧПУ должны уметь расшифровать запись программы. Для этого необходимо ознакомиться со способами кодирования информации.

Рассмотрим способы кодирования информации. Во всех многооперационных станках последовательность, направление, величина и скорость рабочих и вспомогательных движений, а также другие действия, например автоматическая смена режущего инструмента, включение и выключение подачи СОЖ и т.д., задаются с помощью какого-либо кода на программноносителе.

Код — это условная запись величины перемещения, его направления,

скорости, различных действий, связанных с управлением станком, в форме, удобной для использования в системах автоматического программного управления. Различные коды, применяемые в системах ЧПУ, имеют общую особенность — любое заданное перемещение или действие изображается какой-либо комбинацией цифр, состоящей только из единиц и нулей. Главное достоинство такого изображения — удобство преобразования информации. Для записи или расшифровки любого сигнала можно использовать широко применяемые в автоматике реле.

Реле — это устройство, имеющее два устойчивых состояния: "Включено" или "Выключено" (подобно обычному электрическому выключателю).

Принимая одно из состояний реле, например включенное, за единицу, а другое за нуль, можно с помощью наборов реле записывать или воспроизводить любые команды, задаваемые наборами чисел, состоящих из единиц и нулей.

В основе большинства кодов лежит условие, при котором заданные перемещения исполнительных органов или координаты обрабатываемых элементов (поверхностей) заготовки задают в десятичной системе, а затем кодируют в двоичной или двоично-десятичной системе.

При кодировании в двоичной системе счисления заданное десятичное число представляют в виде суммы чисел, каждое из которых является степенью двойки. Так, например, число $19 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$, а его изображение в двоичном коде 10011, где 1 или 0 — коэффициенты при цифре 2 в каждом разряде. Как видно из этого примера, изображение числа в двоичной системе получается более длинным, чем в десятичной. Но зато вместо десяти различных цифр используются только две: 1 и 0. Для записи воспроизведения любого числа можно использовать набор реле, каждое из которых имеет только два состояния.

Недостаток двоичного кодирования — громоздкость записи больших чисел и различная длина записи (например, трехзначное число 627 потребует для записи в двоичном коде девяти цифр — 100111001). Это неудобно для кодирования информации и записи программы. Поэтому наибольшее распространение получили двоично-десятичные коды и среди них код $8 = 4 = 2 = 1$. Заданное десятичное число разделяют на разряды и для каждого разряда используют запись в двоичном коде. При этом достаточно употреблять короткий ряд степеней двойки: $2^3 = 8$; $2^2 = 4$; $2^1 = 2$; $2^0 = 1$. Любое число от 1 до 9 можно записать на основе этого ряда (табл. 2).

Знак + в клетках таблицы означает, что для кодирования десятичного числа (цифры) используется данный разряд двоичной системы.

2. Перевод чисел из десятичной системы счисления в двоичную для кода $8 = 4 = 2 = 1$

Десятичные цифры	2^0	2^1	2^2	2^3
0				
1	+			
2		+		
3	+	+		
4			+	
5	+		+	
6		+	+	
7	+	+	+	
8				+
9	+			+

Для записи и воспроизведения программ для станков с ЧПУ используют программноносители в виде перфорированных (бумажных или синтетических) или магнитных лент, магнитных дисков. Чаще всего применяют перфорированные ленты. Пробитое в ленте отверстие символизирует коэффициент 1 при двойке нужного разряда, отсутствие отверстия соответствует 0. Для каждого разряда двоичной системы на ленте отводится своя дорожка, для каждого десятичного разряда — своя строка.

Кроме записи непосредственно числовой информации — величин заданных перемещений, на перфоленте помещают и другую кодированную информацию — запись вспомогательных команд. В связи с этим четырех дорожек для записи программы становится недостаточно. Приходится использовать дополнительные дорожки.

В системах ЧПУ получили широкое распространение восьмидорожковые перфоленты и код, названный кодом ISO = 7bit. Обозначение ISO = 7 bit поясняет, что для записи программы используют семь

Номер дорожки									Числа десятичной системы, латинские буквы и их назначение в программе
8	7	6	5	4	-	3	2	1	
				Числа десятичной системы					
				8	-	4	2	1	
				Степени двойки					
Ø 1,8 мм				2 ³	-	2 ²	2 ¹	2 ⁰	
		•							0
•		•	•					•	1
•		•	•				•		2
		•	•				•	•	3
•		•	•			•			4
		•	•			•		•	5
		•	•			•	•		6
•		•	•			•	•	•	7
•		•	•	•					8
		•	•	•				•	9
	•							•	A поворот относительно оси X
	•						•		B поворот относительно оси Y
•	•						•	•	C поворот относительно оси Z
	•					•			D поворот относительно специальной оси или третья подача
•	•					•		•	E то же, или вторая подача
•	•					•	•		F подача (скорость подачи)
	•					•	•	•	G подготовительная команда (задает режим работы ЧПУ)
	•		•						H резервная - коррекция длины инструмента
•	•			•				•	I начальная координата по оси X дуги окружности относительно ее центра
Ширина ленты 25,5 мм									Рис. 108. Код ISO-7bit

Рис. 108. Код ISO-7bit

разрядов, а каждый разряд содержит одну единицу информации — bit. Восьмая дорожка перфоленты является контрольной.

Рассмотрим структуру кода ISO = 7 bit (рис. 108).

Прежде всего обратим внимание на способ кодирования числовой информации. Кодирование производится в двоично-десятичном коде $8 = 4 = 2 = 1$. Но кроме кодирования чисел предусматривается кодирование многочисленных команд, задающих характер движения исполнительного органа (поступательное, вращательное), скорости подачи, главного движения, смену режущего инструмента и др. Все эти команды условно обозначены буквами латинского алфавита. Кодирование буквенной информации выполняется подобно числовой информации. Буква А кодируется, так же как и цифра 1, путем пробивки одного отверстия на первой дорожке перфоленты, буква В — так же, как цифра 2, и т.д. до буквы I, закодированной так же, как цифра 9. Буквы от Р до Y кодируются так же, как цифры от 0 до 9. Как видно, пробивки на первой — четвертой дорожках для цифр и двух групп букв одина-

Номер дорожки									Латинские буквы, символы и их назначение в программе
8	7	6	5	4	-	3	2	1	
				Числа десятичной системы					
				8	-	4	2	1	
				Степени двойки					
				2 ³	-	2 ²	2 ¹	2 ⁰	
●	●			●	●		●		J начальная координата по оси Y дуги окружности относительно ее центра
	●			●	●		●	●	K то же, по оси Z
●	●			●	●	●			L коррекция
	●			●	●	●		●	M вспомогательная команда
	●			●	●	●	●		N номер кадра (порядковый)
●	●			●	●	●	●	●	O резервная
	●		●		●				P третичное перемещение параллельно оси X или быстрый ход
●	●		●		●			●	Q то же, параллельно оси Y
●	●		●		●		●		R то же, параллельно оси Z
	●		●		●		●	●	S скорость главного движения (частота вращения шпинделя)
●	●		●		●				T номер (код) инструмента
	●		●		●			●	U вторичное перемещение параллельно оси X
	●		●		●	●			V то же, параллельно оси Y
●	●		●		●	●	●		W то же, параллельно оси Z
●	●		●	●	●				X перемещение по оси X
	●		●	●	●			●	Y перемещение по оси Y
	●		●	●	●		●		Z перемещение по оси Z
		●		●	●		●	●	+ плюс (направление перемещения)
		●		●	●	●		●	- минус (направление перемещения)
●		●			●	●		●	% начало программы
				●	●		●		LF(NL) конец кадра

ковы. Чтобы отличить их друг от друга, используют дополнительные пробивки на других дорожках.

Все цифры имеют общий отличительный признак: отверстия на пятой и шестой дорожках. Буквы от А до О обозначаются отверстием на седьмой дорожке.

Буквы Р до Z имеют признак: отверстия на пятой и седьмой дорожках.

Сравнивая эти признаки, видим что в некоторых строчках имеется еще одно отверстие — на восьмой дорожке. Эта пробивка делается в тех случаях, когда число отверстий в строке нечетное. Назначение восьмой дорожки — проверка правильности записи программы. После того, как программа записана, проверяют ее, пропуская перфоленту через специальное считывающее устройство, автоматически контролирующее число отверстий в каждой строке. Если попадает строка, где число отверстий осталось нечетным, устройство подает сигнал о появлении ошибки в программе.

В этом случае запись программы проверяется человеком (программистом), и ошибка устраняется.

В табл. 2 показаны также коды для обозначения направления перемещения, начала программы, конца кадра.

При некотором навыке можно прочесть запись программы на перфоленте, не имея переводной таблицы. Перфолента имеет ширину 25,4 мм, на ней заранее нанесена транспортная дорожка, смещенная в сторону первой дорожки; по этому признаку можно определить начало и конец программы. Транспортная дорожка служит для протягивания ленты в записывающем и считывающем устройствах. Основные отверстия, несущие информацию, имеют диаметр 1,8 мм, транспортные — 1,2 мм.

Вместо белой бумажной перфоленты применяют и синтетическую, окрашенную с одной стороны в темный цвет. Такая перфолента прочнее и долговечнее; при случайном попадании на нее частиц масла она не становится прозрачной. Это важно потому, что при считывании программы с помощью фотоэлектрических датчиков луч света может пройти через прозрачный участок перфоленты так же, как через отверстие, и будет подана ложная команда.

Запись элементов программы на перфоленте осуществляют в определенном порядке, соответствующем так называемому формату устройства ЧПУ.

Под форматом устройства ЧПУ понимают типовой состав кадра программы. Формат состоит из ряда стандартных элементов, составляющих каждый кадр программы:

N3; G2; X ± 4,2; Y ± 4,2; Z ± 4,2; I 4,2; J 4,2; K 4,2; F2; S2; T2; M2.

Как видно, формат состоит из ряда латинских букв и чисел, расположенных в определенном порядке. Что они означают? Каждая из букв служит символом какой-то команды, а N означает номер кадра. Число, стоящее рядом с буквой, означает, сколько цифр должна содержать заданная команда.

Рассмотрим подробнее каждый из элементов формата.

N3 — номер кадра. Состоит из трех цифр. Поэтому первый кадр программы должен быть обозначен N001, пятидесятый N050, сотый N100 и т. д.

G2 — подготовительная команда. Она определяет заданный режим

работы системы ЧПУ. Существует много различных подготовительных команд, каждой из которых присвоен определенный условный двухзначный номер: G00 — позиционирование; G01 — линейная интерполяция; G02 — круговая интерполяция по часовой стрелке; G03 — то же, против часовой стрелки; G08 — разгон; G09 — торможение; G33 — резьбонарезание резцом; G63 — позиционирование с остановкой шпинделя в конце хода; G64 — переход с быстрого хода на рабочую подачу или наоборот.

Кроме перечисленных подготовительных команд, имеются и другие, используемые для коррекции инструмента. В одном кадре программы может быть записано несколько подготовительных команд: X ± 4,2 — перемещение по координате X, знак (плюс или минус) направления перемещения; 4 — число разрядов до запятой; 2 — число разрядов после запятой. Например, перемещение в положительном направлении по оси X на 152,5 мм записывается так: + 015250.

Аналогично задаются перемещения по другим координатам. I 4,2 — проекция прямой, соединяющей точку начала перемещения по дуге окружности с ее центром на ось X при интерполяции в плоскостях XOY и XOZ.

J 4,2 — проекция прямой, соединяющей точку начала перемещения по дуге окружности с ее центром на ось Y при интерполяции в плоскостях XOY и YOZ.

K 4,2 — проекция прямой, соединяющей точку начала перемещения по дуге окружности с ее центром на ось Z при интерполяции в плоскостях XOZ и YOZ.

Для интерполяции в плоскостях XOY используют I, J, для плоскости YOZ — J, K и для плоскости XOY — I, K.

F2 — подача. Задается двумя цифрами. Кодирование подач и частоты вращения шпинделя у разных станков и систем управления могут быть различными. Поэтому для кодирования используют паспортные данные и инструкции к станкам по программированию.

S2 — частота вращения шпинделя. Задается двумя цифрами, так же как подача.

T2 — Подготовка к смене инструмента (номер гнезда магазина) или код инструмента. По этой команде происходит поворот магазина, захват инструмента автооператором и перенос в позицию ожидания смены инструмента или другие действия, зависящие от конструкции устройства автоматической смены инструмента и необходимые для подготовки к смене инструмента. Непосредственно смена инструмента задается следующей, вспомогательной, командой M06.

M2 — вспомогательная команда.

Примеры вспомогательных команд: M00 — запрограммированный стоп; M02 — конец программы; M03 — вращение шпинделя по часовой стрелке; M04 — вращение шпинделя против часовой стрелки; M05 — останов шпинделя; M06 — код смены инструмента. При вводе кадра с кодом M06 автооператор производит смену инструмента, устанавливая в шпиндель инструмент, подготовленный по команде T2.

Длина кадра может быть различной и зависит от характера и объема задаваемой информации. Начало программы обозначается символом % и на восьмидорожковой перфоленте записывается путем пробивки отверстий на первой, третьей, шестой и восьмой дорожках.

В большинстве современных систем программного управления станками с ЧПУ предусматривается возможность корректировки запрограммированных размеров инструментов по их диаметрам (для концевых фрез) и длинам. В некоторых системах управления коррекция позволяет учесть изменение размера инструмента вследствие износа, в других дает возможность программировать движение инструмента не по эквидистанте, а непосредственно по контуру детали.

Величина коррекции набирается на декадных переключателях пульта управления или вводится в память системы ЧПУ автоматически. Коррекцию задают двумя командами: подготовительной G и командой, означающей инструмент и корректор T.

Коррекция является векторной величиной. Ее модуль определяется величиной фактического отклонения размера инструмента от запрограммированного. Выбор кода подготовительной команды для ввода коррекции определяется в зависимости от нужного направления смещения инструмента.

Перфолента с записанной программой поступает на станок на катушке и вместе с ней устанавливается в фотосчитывающее устройство.

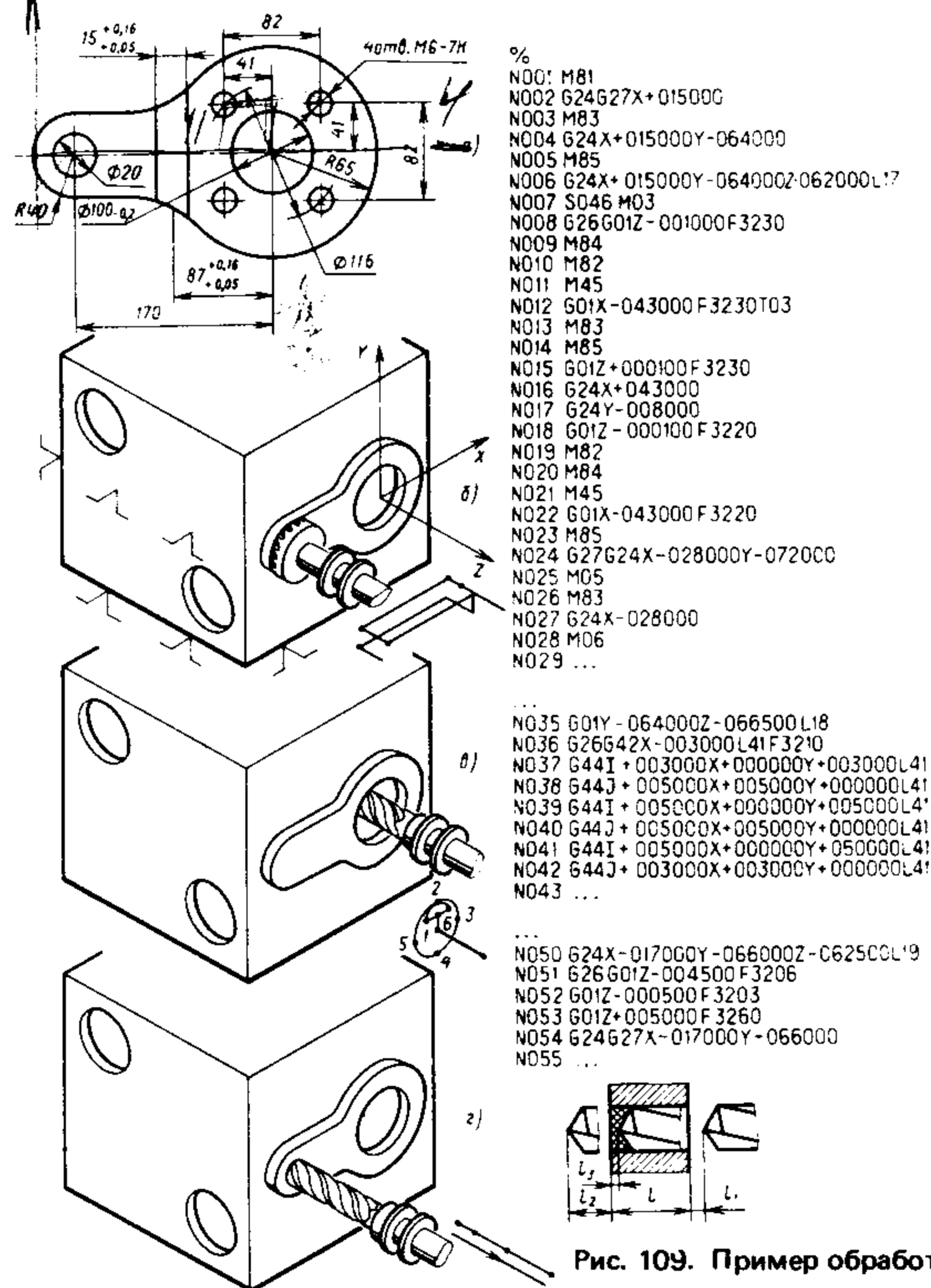


Рис. 109. Пример обработки на МС

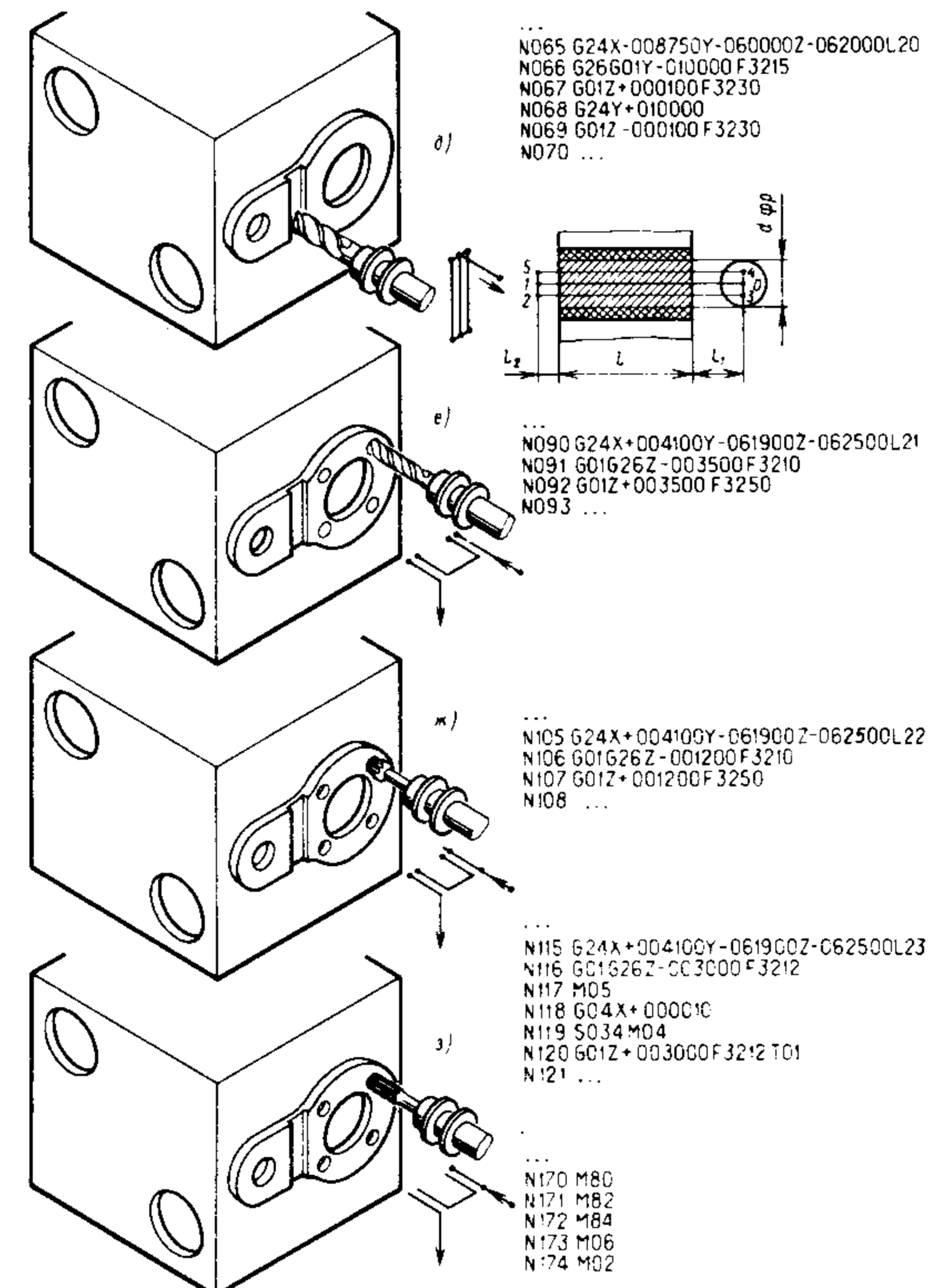
5. Обработка заготовки. Перед обработкой первой заготовки обычно проверяют правильность записи программы путем обработки ее на ускоренном ходу без обработки заготовки. Первую заготовку обрабатывают в режиме "По кадрам". Далее переключают станок на автоматический режим работы и следят за ходом обработки следующей заготовки, сверяя показания цифровой индикации с размерами на чертеже детали. Для выполнения контрольных измерений останавливают станок нажатием кнопки "Стоп программы" на пульте управления.

В качестве примера программы и способов ее кодирования рассмотрим обработку характерных поверхностей корпусной заготовки (рис. 109, а, б). Обработке подлежит плоскость фланца, паз $15^{+0,016}_{-0,05}$ мм, отверстия $\phi 20$ мм и $\phi 100^{+0,2}$ мм, резьбовые отверстия М12 — 6Н. Корпус базируется на три плоскости. В первом переходе торцевой фрезой обрабатывается плоскость фланца.

Знак % указывает начало программы.

В кадре № 001 по функции М81 происходит отжим продольного стола (ось X).

В кадре № 002 по функции G 24 осуществляется ускоренное пере-



мещение по оси X на 150 мм. Согласно функции G 27, эта координата является для системы управления абсолютной.

В кадре № 003 по функции M83 происходит отжим шпиндельной бабки (ось Y).

В кадре № 004 происходит ускоренное перемещение шпиндельной бабки в расстояние $y = -640$ мм.

Хотя перемещение по оси X не требуется, абсолютная координата по X указывается. Функция G 27 является модальной и действует в кадрах с 1 по 7 включительно (в этих кадрах перемещения программировались в абсолютных размерах).

В кадре № 005 по функции M85 происходит отжим ползуна шпиндельной бабки (ось Z).

В кадре № 006 осуществляется перемещение ползуна на расстояние $z = -640$ мм. По функции L17 осуществляется ввод коррекции на длину фрезы. Величина коррекции равна расстоянию от торца шпинделя до торца фрезы со знаком +. Ввод коррекции с корректора номер 17 на пульте управления.

Кадр № 007 подает команду на включение вращения шпинделя по функции S046, соответствующей $n = 200$ об/мин. Функция M03 соответствует правому вращению шпинделя.

В кадре № 008 осуществляется перемещение по оси Z на 10 мм с подачей F 3230 : 3 — разгон и торможение в данном кадре: 2 — показатель степени "десяти", 3 — число, которое необходимо умножить на 10^2 , чтобы получить величину заданной подачи — $3 \cdot 10^2 = 300$ мм/мин.

В кадре № 009 осуществляется зажим ползуна по функции M84.

В кадре № 010 происходит зажим шпиндельной бабки по функции M82.

В кадре № 011 задана импульсная смазка инструмента распылением (M45).

Кадр №: 012 — перемещение по оси X и поиск инструмента номер 3; 013 — отжим шпиндельной бабки; 014 — отжим ползуна; 015 — перемещение по оси Z с подачей 300 мм/мин; 016 — ускоренный ход по оси X; 017 — ускоренный ход по оси Y; 018 — перемещение по оси Z с подачей 200 мм/мин; 019 — зажим шпиндельной бабки; 020 — зажим ползуна; 021 — импульсная смазка; 022 — рабочее перемещение по оси X с подачей 200 мм/мин; 023 — отжим ползуна; 024 — ускоренный ход по осям X и Y; 025 — останов шпинделя по функции M05; 026 — отжим шпиндельной бабки; 027 — ускоренный ход по оси Y в "нуль"; 028 — смена инструмента по функции M06. Инструмент номер 1 из шпинделя и инструмент номер 3 из магазина меняются местами. В шпиндель устанавливается концевая фреза, рис. 109 в.

Кадры №: 035 — перемещение по осям Y и Z, ввод коррекции на длину инструмента; 036 — выход на эквидистанту по оси X и ввод коррекции на радиус фрезы по функции L41, где цифра 41 означает номер корректора на пульте управления; на корректоре набирается фактический диаметр фрезы со знаком —, величина, набранная на корректоре, алгебраически складывается с перемещением: 037 — подход к зоне резания от точки 1 до точки 2 с круговой интерполяцией с подачей 100 мм/мин; программирование при круговой интерполяции только по вращению; 038 — фрезерование от точки 2 до точки 3.

Кадры №: 039 — 042 — фрезерование с круговой интерполяцией через точки 4, 5, 2, 6 (обработка сверлом по рис. 109, г).

Кадры №: 050 — ускоренное перемещение и ввод коррекции на

длину инструмента; 051 — сверление отверстия с подачей 60 мм/мин; 052 — замедленная подача при досверливании отверстия; 053 — вывод сверла из отверстия в нуль; 054 — ускоренное перемещение по оси Z в нуль; 065 — ускоренные перемещения (фреза по рис. 109, д) и ввод коррекции на длину фрезы; 066 — фрезерование паза; 067 — отход по оси Z; 068 — возврат к началу фрезерования по оси Y; 069 — подход по оси Z (обработка сверлом по рис. 109, е); 090 — ускоренные перемещения; 091 — сверление отверстия; 092 — вывод сверла из отверстия (зенкование фасок отверстий по рис. 109, ж).

Кадры №: 105 — ускоренные перемещения и ввод коррекции на длину инструмента; 106 — рабочая подача по оси Z; 107 — возврат инструмента по оси Z (нарезание резьбы метчиком по рис. 109, з); 115 — ускоренные перемещения и ввод коррекции на длину инструмента; 116 — рабочая подача по оси Z; 117 — останов шпинделя; 118 — выдержка времени по функции G04 перед реверсом вращения шпинделя; 119 — включение левых оборотов шпинделя; 120 — выворачивание метчика из отверстия и поиск инструмента номер 1.

Кадры №: 170 — зажим продольного стола по функции M80; 171 — зажим шпиндельной бабки; 172 — зажим ползуна; 173 — смена инструмента; 174 — конец программы.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБСЛУЖИВАНИЮ

При подготовке станка к первоначальному пуску необходимо тщательно проверить готовность его к работе и произвести обкатку на холостом ходу. Для этого заполняют маслом гидросистему и систему смазки в соответствии со схемой смазки данного станка; проверяют наличие смазочного материала. Перед обкаткой и при дальнейшей эксплуатации станка необходимо систематически проверять уровень смазки, поддерживая его на верхней отметке маслоуказателя. Протирают и смазывают посадочный конус шпинделя и направляющие станка. Выполняют действия по подготовке к пуску электрооборудования в соответствии с указаниями руководства по его эксплуатации. При первоначальном пуске станка проверяют работу всех агрегатов на вспомогательном ходу и на всех ступенях частоты вращения шпинделя и подачах, начиная с наименьших.

Оператор перед началом работы на станке должен внимательно изучить руководство по обслуживанию станка (в пределах своих обязанностей) и в дальнейшем строго соблюдать имеющиеся в нем указания. Перед пуском станка необходимо убедиться внешним осмотром в отсутствии повреждений частей станка, проверить наличие смазки и, если требуется, добавить ее; произвести обкатку станка в течение 15 — 20 мин, управляя станком вручную. При этом не следует давать шпинделю больших частот вращения и высоких скоростей подач подвижным узлам.

В процессе обкатки станка необходимо ежедневно контролировать уровень масла в гидростанции и системе смазки. В дальнейшем такой контроль проводят ежедневно. При первом пуске станка важно через каждые 2 — 3 ч проверять состояние масляных фильтров, в первую очередь приемных. В случае загрязнения фильтры следует промывать. В процессе обкатки состояние фильтров необходимо проверять ежедневно, а по окончании обкатки еженедельно их промывать.

Через 50 — 100 ч работы станка (в зависимости от состояния масла)

после первого пуска производят смену масла в гидросистеме, а далее — через 5 тыс.ч. Каждую неделю следует брать пробу масла из гидросистемы. Если при пропускании этого масла через чистую тряпку на ней останется осадок черно-синего цвета, масло должно быть полностью заменено независимо от времени работы. При наличии на станке световой сигнализации, срабатывающей при засорении масляных фильтров, заменяют по этому сигналу сменные элементы или фильтры.

Необходимо помнить, что по условиям техники безопасности любые разборки в гидравлической системе и системе смазки станка разрешаются только при отключенной насосной станции.

Перед первым пуском станка гидроаккумулятор заряжают азотом до давления 4 — 6 МПа. При этом предварительно сливают масло из его нижней полости. Применять вместо азота кислород или воздух запрещается — это может привести к взрыву. После зарядки гидроаккумулятор проверяют на герметичность с помощью мыльного раствора. Повторное испытание на герметичность производят через три, а затем через двенадцать месяцев работы станка при условии, если гидросистема работает нормально.

При первоначальной наладке станка и периодически в процессе эксплуатации необходимо проверять действия системы управления, обеспечивающие заданные конечные положения подвижных узлов. К таким положениям относятся, во-первых, крайние положения подвижных узлов и, во-вторых, положения, соответствующие нулю станка. Заданные крайние положения контролируются упорами и блоками конечных выключателей. При подходе подвижного узла к упору конечный выключатель подает команду на прекращение движения подачи. При наладке станка сверяют фактическое размещение упоров. Для установки подвижных узлов в положение нуля станка перемещают их в это положение, используя наладочный режим работы станка. Величины нужных перемещений принимают по соответствующим паспортным значениям координат. В положении нуля станка все датчики должны показывать эти паспортные значения. При несовпадении показателей датчика с заданными производят юстировку датчика. Следует подчеркнуть, что юстировка датчиков производится на заводе-изготовителе станка и, как правило, не требуется даже при длительной эксплуатации. Поэтому прибегать к ней следует только в случае действительной необходимости.

При эксплуатации станка необходимо следить за исправностью блокировочных устройств. Число, тип и размещение блокировочных устройств у станков различны. К основным блокировочным устройствам относятся, кроме упомянутых выше устройств для отключения подачи в крайних положениях узлов станка, устройства, не допускающие включения вращения шпинделя при незажатом инструменте и во время смены инструментов; включение рабочей подачи при невращающемся шпинделе в случае отказа системы смазки или насоса подачи СОЖ; при незакрепленном столе или приспособлении-спутнике и др. Блокирующие устройства исключают возможность наезда подвижных узлов друг на друга, отключают устройство АСИ и привод магазина в случае рассогласования движений шпиндельной бабки, автооператора и магазина, прекращают перемещение шпиндельной бабки в случае нарушения нормальной работы системы гидравлического уравнивания бабки и т.д.

Как бы ни была совершенна система управления станком, надеж-

ность его работы, качество, производительность, эффективность в большой степени зависят от наладчиков, операторов, технологов, ремонтников, инструментальщиков.

Каждый, кому доверена работа на многооперационном станке, его обслуживание, должен всегда помнить, что это сложная очень дорогая машина, в которой сосредоточены лучшие достижения науки и техники, в которую вложен высококвалифицированный труд многих коллективов рабочих и инженеров.

Беречь станок, внимательно наблюдать за его работой, изучать его возможности и полностью их использовать, следить за исправностью механизмов, быстро и умело устранять возникающие неполадки, беречь и усовершенствовать технологическую оснастку, заботиться о постоянной загрузке станка — высокий долг специалиста — машиностроителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация вспомогательных переходов на многооперационных станках с ЧПУ/ Л. И. Волчкевич, М. С. Пуряев, В. И. Брук и др. М.: НИИМаш, 1980. 56 с.
2. Андреев Г. И., Босинзон М. А., Кондриков А. И. Электроприводы главного движения металлообрабатывающих станков с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1980. 149 с.
3. Балыков В.П. Ступенчатые сверла и особенности их применения на станках с ЧПУ. — Станки и инструмент, 1980, №3, с.15.
4. Кувшинский В.В. Фрезерование. М.: Машиностроение, 1977. 240 с.
5. Кузнецов Ю.И. Технологическая оснастка к станкам с программным управлением. М.: Машиностроение, 1976. 224 с.
6. Маталин А.А. Френкель Б.И., Панов Ф.С. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением. Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. 240 с.
7. Мерфи Дж. Тиристорное управление двигателями переменного тока: Пер. с англ./Пер. Ю.В. Роженковского — М.: Энергия, 1979. 153 с.
8. Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности. ВНИИ. Типаж металлорежущего инструмента на 1981 — 1985 гг. М.: НИИМаш, 1980. 445 с.
9. Сафраган Р.Э., Татаренко В.И., Линкин Г.А. Опыт разработки и применения высокоэффективного инструмента для фрезерных станков с ЧПУ. — Станки и инструмент, 1976, № 11. с. 27 — 30.
10. Фельдман С.Я. Тяжелый продольно-фрезерный станок с ЧПУ и автоматической сменой инструмента. — Станки и инструмент, 1981, № 12, с. 22 — 24.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава первая	
Общие сведения	
Основные понятия	4
Система координат и основные типы многооперационных станков	7
Глава вторая	
Основные механизмы и устройства	
Приводы главного движения	14
Тиристорные преобразователи	18
Приводы подачи	23

Датчики обратной связи	31
Направляющие многооперационных станков	34
Устройства числового программного управления	37
Инструментальные магазины и автоматическая смена инструментов	40

Глава третья

Устройства автоматической смены инструментов

Устройства АСИ без автооператора	44
Устройства АСИ с автооператором	46
Устройства АСИ с позицией ожидания	53
Устройства АСИ с промежуточным носителем и автооператором	56
Устройства АСИ для инструментальных головок	61
Унифицированная система автоматической смены инструментов	68

Глава четвертая

Механизация закрепления заготовок и автоматизация загрузки.

Режущие и вспомогательные инструменты

Установочно-зажимные приспособления	72
Автоматизация загрузки	82
Особенности обработки и режущие инструменты	86
Вспомогательные инструменты	94

Глава пятая

Многооперационные станки различных моделей

Горизонтальный многооперационный станок ИР-500МФ4	99
Горизонтальный многооперационный станок 2623ПМФ4	112
Многооперационные станки 2204ВМФ4 и 2254ВМФ4	115
Горизонтальный многооперационный станок FOH50A	116
Горизонтальный многооперационный станок ИР-1600МФ4	118
Многооперационные станки UNION моделей CBFK100/1 и CBFK150/1	120

Глава шестая

Наладка и обслуживание

Наладка	121
Общие требования к обслуживанию	133
Список литературы	135