

А.А.САФРОНОВИЧ

КАРУСЕЛЬНЫЕ
СТАНКИ

А.А.САФРОНОВИЧ

КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ

“Библиотека Машиностроителя”
www.lib-bkm.ru



МОСКВА « МАШИНОСТРОЕНИЕ » 1983

ББК 34.63-5

С12

УДК 621.941.28

Рецензент лауреат Государственной премии СССР
С. П. НАЛЕТОВ

Сафронович А. А.

С12 Карусельные станки. — М.: Машиностроение, 1983. —
263 с., ил.

В пер.: 1 р. 20 к.

В книге описаны конструкции универсальных и специальных токарно-карусельных станков, выпускаемых отечественными заводами и ведущими зарубежными фирмами, приведены конструктивные особенности основных узлов станков и устройств управления ими, рассмотрены приспособления, расширяющие технологические возможности обработки, освещены вопросы точности обработки на токарно-карусельных станках и пути ее повышения.

Книга предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных предприятий.

С $\frac{2703000000-108}{038(01)-83}$ 108-83

ББК 34.63-5
6П4.6.08

Токарно-карусельные станки являются разновидностью станков токарной группы и предназначены для обработки крупногабаритных деталей с круговыми поверхностями, длина которых обычно меньше диаметра или же не намного его превышает. Характерной особенностью этих станков является вертикальное расположение оси вращения планшайбы с установленной на ней обрабатываемой заготовкой. Это облегчает и делает более удобным и безопасным закрепление крупногабаритной тяжелой заготовки на планшайбе по сравнению с аналогичной операцией на лобовых токарных станках с горизонтальной осью вращения обрабатываемой детали. Вращение планшайбы является главным движением процесса резания при токарной обработке. Обрабатываемые внутренние и наружные поверхности детали могут иметь цилиндрическую, коническую, сферическую, ступенчатую и сложную криволинейную форму с совмещенными осью вращения и осью симметрии. На этих станках осуществляется протачивание торцовых поверхностей, торцовых спиральных канавок, нарезание резьб большого диаметра, сверление, растачивание и зенкерование отверстий, расположенных по оси вращения детали.

Оснащение токарно-карусельных станков дополнительными устройствами и приспособлениями позволяет осуществлять на них операции фрезерования, шлифования, сверления и растачивания отверстий вне центра детали; возможна концентрация технологических операций на одном многооперационном станке без перестановки деталей. Это расширяет область применения карусельных станков во всех отраслях машиностроения.

Станки универсального исполнения применяют в основном при единичном и мелкосерийном характере производства. В крупносерийном или массовом производстве одинаковых или однотипных изделий (например, при обработке железнодорожных колес) используют высокопроизводительные специальные карусельные станки с автоматизированным управлением. При массовом производстве деталей относительно небольших габаритов (диаметром до 800 мм) и массы (например, тормозных барабанов автомобилей, лобовых щитов электродвигателей и т. п.) целесообразно применение одно- или двухшпиндельных вертикальных полуавтоматов, сходных по компоновке с одностоечными токарно-карусельными станками, но составляющих отдельную группу.

Для финишной обработки высокоточных и закаленных до высокой твердости деталей типа колец крупногабаритных подшипников качения применяют комбинированные карусельные станки с токарными и шлифовальными суппортами или же карусельно-шлифовальные станки, являющиеся самостоятельной группой.

В связи с расширяющимся применением труднообрабатываемых высокопрочных материалов созданы карусельные станки для электрофизической обработки, у которых роль режущего инструмента выполняет электрический разряд.

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» предусмотрены дальнейший подъем технического уровня и рост производительности выпускаемых металлорежущих станков в 1,3—1,6 раза, повышение их точности не менее чем на 20—30 %, значительное увеличение выпуска станков с ЧПУ, особенно многооперационных с автоматической сменой инструментов, тяжелых и уникальных. В книге рассмотрены пути решения этих задач на примере производства карусельных станков.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ

Токарно-карусельные станки относятся к тяжелым и уникальным станкам и предназначены для черновой и чистовой обработки крупногабаритных заготовок. Точность осуществляемой на них чистовой обработки зачастую лежит в пределах сотых, а иногда и тысячных долей миллиметра. Это обуславливает высокие требования к жесткости и точности как отдельных узлов и деталей, так и всего станка.

Компоновки станков. В зависимости от размеров и назначения станки выпускаются одностоечными или двухстоечными в нормальном, легком и тяжелом исполнениях. Наиболее типичные компоновки токарно-карусельных станков приведены на рис. 1.

Одностоечную компоновку применяют в основном для станков с диаметром обрабатываемой детали до 2 м. Эти станки выполняются с неподвижной поперечиной (рис. 1, а) для обработки деталей, высота которых значительно меньше диаметра, и с подвижной поперечиной для деталей высотой, примерно равной диаметру или несколько большей. Станки обычно имеют один вертикальный суппорт на поперечине и один горизонтальный суппорт, перемещающийся по вертикальным направляющим станины (рис. 1, б). Часто, особенно у станков с неподвижной поперечиной, ограничиваются установкой одного вертикального суппорта с револьверной головкой. Однако по заказу потребителя у одностоечных станков с наибольшим диаметром обработки (от 1,5 м и выше) на удлиненной поперечине может быть установлено два вертикальных суппорта (рис. 1, в). Существуют конструкции одностоечных станков без поперечины. Салазки суппортов с горизонтальным ползуном у таких станков перемещаются непосредственно по вертикальным направляющим станины. Примером такой компоновки (рис. 1, г) могут служить односуппортные станки-полуавтоматы «компактной» серии DK фирмы SCHIESS—FRORIEP (ФРГ) с диаметрами обрабатываемой детали 900—1400 мм и двухсуппортные (рис. 1, д) итальянской фирмы GIANA мод. 800 CNC.

Двухстоечную (портальную) компоновку станков средних, больших и уникальных типоразмеров легкого и тяжелого исполнения применяют для моделей с наибольшими диаметрами обрабатываемых деталей 2—25 м. При этой компоновке портал либо неподвижно связан со столом (рис. 1, е), либо может смещаться относительно стола по направляющим основания (рис. 1, ж), что дает

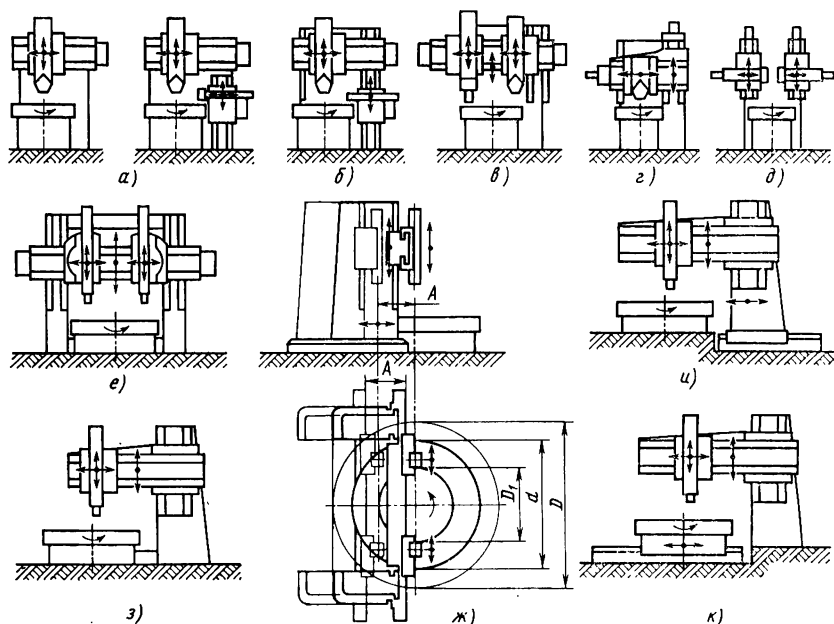


Рис. 1. Компоновки универсальных токарно-карусельных станков

возможность обрабатывать деталь большего диаметра (примерно на 25 %) и значительно облегчает ее установку на столе станка. Последнее исполнение имеют уникальные станки с шириной портала более 10 м. У двухстоечных станков фирмы INNOCENTI (Италия) портал неподвижен, а стол с установленной на нем деталью может смещаться вперед.

Традиционная компоновка двухстоечного станка с перемещающейся при наладке по высоте поперечиной имеет высокую жесткость несущей системы, представляющей собой замкнутую раму портал — основание стола, на которой при резании жестко закрепляется поперечина с размещенными на ней двумя суппортами и другими механизмами. Жесткая система станка позволяет вести обработку двумя суппортами на предельно допускаемых инструментами режимах резания. Для расширения технологических возможностей обработки станки с диаметром обрабатываемой поверхности до 5,0—6,5 м часто снабжают дополнительным горизонтальным суппортом, перемещающимся по направляющим правой стойки.

Однако двухстоечная компоновка станка обладает и определенными недостатками: диаметр устанавливаемой на таком станке детали ограничивается размерами портала; при установке между стойками и корпусом стола проставок, расширяющих портал, жесткость станка снижается (обратно пропорционально кубу

расстояния между стойками). На двухстоечных станках больших размеров недостаточно эффективно используется горизонтальный суппорт ввиду невозможности применять силовые режимы резания при больших вылетах ползуна. Снижается эффективность обработки деталей небольших размеров и вертикальными суппортами, поскольку при малых диаметрах обрабатываемой поверхности нельзя обеспечить оптимальную скорость резания. Существенный недостаток присущ двухстоечным станкам с подвижным порталом или столом: при отодвинутом на предельную величину портале можно обрабатывать только детали, имеющие вид кольца с внутренним диаметром D_1 , примерно равным половине наибольшего диаметра обрабатываемой поверхности (см. рис. 1, ж). Кроме того, при смещенном портале режущая кромка резца вертикального суппорта перемещается не к центру детали, а по хорде, в связи с чем углы резания резко изменяются (до 60°). Это вызывает необходимость поворота резцедержателя вокруг вертикальной оси при обработке поверхностей различного диаметра. Непрерывная обработка торцовых поверхностей в широком диапазоне диаметров в этом случае невозможна.

Одностоечную компоновку с консольной поперечиной применяют для карусельных станков с диаметром обрабатываемых деталей до 16 м, а в отдельных случаях и более. Эти станки изготовляют как с жестко соединенными столом и стойкой (рис. 1, з), так и с подвижным столом, перемещающимся по направляющим основания относительно неподвижной стойки (рис. 1, к). В других случаях относительно стола по направляющим основания смещается только стойка (рис. 1, и). Последнее исполнение чаще применяют у крупных станков с диаметром обрабатываемой детали более 6 м. По сравнению с двухстоечными одностоечные станки с консольной поперечиной, имея несколько меньшую жесткость, находят, однако, широкое применение в случаях, когда: обрабатываемые детали имеют кольцевую форму и при больших наружных диаметрах не требуют обработки в центре; характер производства на предприятии у заказчика единичный или мелкосерийный и размеры обрабатываемых на станках деталей изменяются в широких пределах, при этом обработка деталей больших размеров требуется периодически; исходя из конфигурации деталей их обработка производится горизонтальным суппортом, который при различных размерах обрабатываемых поверхностей должен работать с минимально возможными вылетами ползуна.

Важно и то, что установка тяжеловесных деталей, особенно несимметричной конфигурации, на консольных станках удобнее, чем на двухстоечных, а масса и габариты станков этой компоновки значительно меньше.

Отдельную группу составляют получающие все большее распространение перестраиваемые станки и станки свободной компоновки, позволяющие создавать из стандартных элементов — модулей — различные компоновки как одностоечных, так и двух-

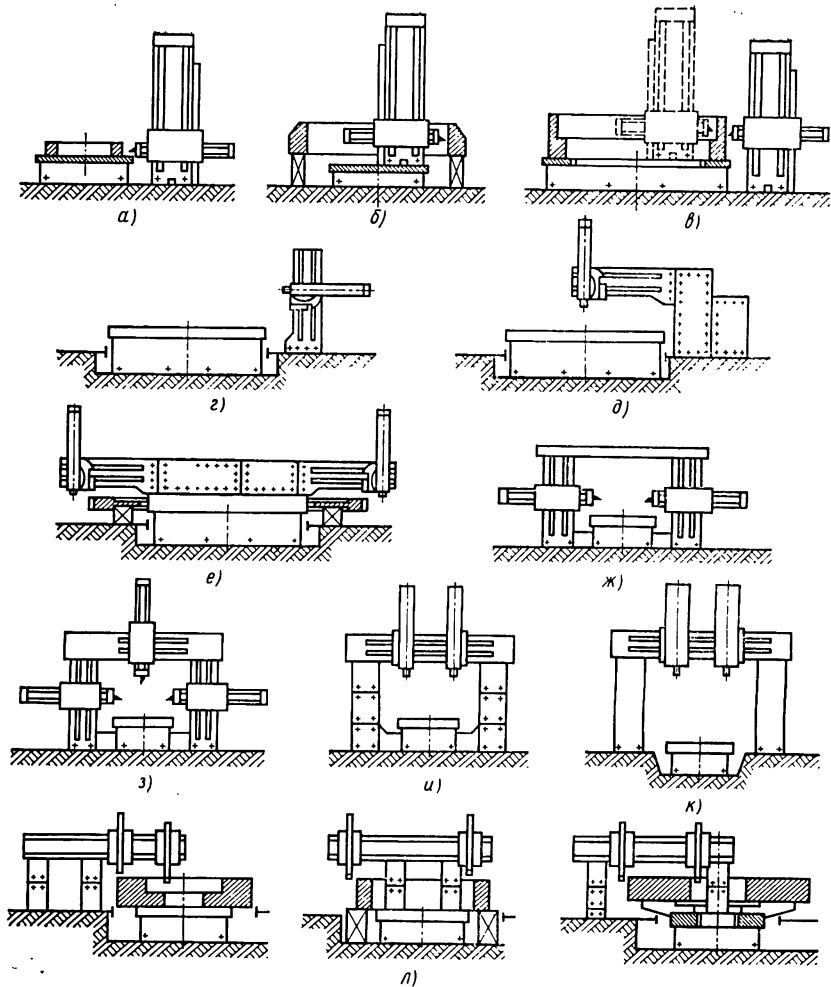


Рис. 2. Токарно-карусельные станки перестраиваемой компоновки

стоечных станков, наиболее приспособленных к особенностям конфигурации и размерам обрабатываемых деталей. На рис. 2, а—е приведены варианты станков перестраиваемой компоновки серии ОК фирмы SCHIESS—FRORIER.

Перестраиваемую модульную компоновку имеют и тяжелые токарно-карусельные станки предприятия РАФАМЕТ (ПНР) серии КРВ. Эти станки состоят из отдельных модулей-узлов, закрепленных на мощном фундаменте, который воспринимает силы резания. На рис. 2, ж, з, и, к приведены комбинации таких станков, позволяющие вести черновую и чистовую обработку деталей диаметром до 9000 мм и массой до 100 т. Портал станка

собирают, исходя из требуемой высоты обработки. Сборку производят из коробчатых жестких элементов, скрепляемых между собой шпильками и увязываемыми сверху балкой-поперечиной. Станки могут быть и в одностоечном исполнении.

Число устанавливаемых суппортов зависит от сложности обрабатываемой детали. Станок имеет один, два или три суппорта. В зависимости от набора суппортов к собранному portalу в нужном месте крепят накладные рамы с направляющими. Набор может состоять из токарных, токарно-сверлильно-расточных и фрезерных суппортов. Токарные суппорты снабжаются одно- либо многолезцовою державкой, фрезерные суппорты выполняются с прямой или угловой фрезерной головкой. Основание стола с приводом и планшайбой представляет собой самостоятельную систему и жестко крепится на фундаменте, соединяясь с порталом, или независимо от него. Высота установки стола зависит от высоты требующей обработки поверхности и определяется заказчиком. Мощность главного привода до 100 кВт.

Фирма TOSHIBA (Япония) выпускает гамму перестраиваемых станков серии TDP различных размеров в зависимости от диаметра обрабатываемой детали (5—16 м) и высоты (3—6 м) двухстоечного исполнения с неподвижной поперечиной. Стойки таких станков для изменения высоты собирают из стандартных стальных блоков (рис. 2, и). Сварная поперечина жестко связывает стойки и служит для размещения двух вертикальных суппортов.

Станки перестраиваемой компоновки изготавливает Коломенский завод тяжелого станкостроения. Схемы некоторых из них (мод. КУ-299, КУ-208) приведены на рис. 2, л. В одном из вариантов поперечина с двумя вертикальными суппортами закреплена на неподвижных тумбах-стойках; обрабатываемую деталь диаметром до 7000 мм и высотой до 2400 мм устанавливают на планшайбу станка. В другом варианте поперечина, закрепленная на тумбах, вращается совместно с планшайбой, а деталь, имеющую внутренний диаметр 7000 мм, наружный 14 000 мм и высоту до 2600 мм, устанавливают неподвижной на плитах фундамента. При несимметричном расположении поперечины диаметр поверхности, обрабатываемой одним из суппортов, может быть увеличен до 16 000 мм, а высота детали не должна превышать 1600 мм. В этом случае обработка ведется на пониженных режимах, так как жесткость системы, несущей нагрузку, при такой компоновке снижена. На станках перестраиваемой компоновки можно обрабатывать кольцевые детали, диаметральные размеры которых намного превышают габариты рабочей зоны станка. Кольцевую деталь устанавливают и крепят на вращающейся кольцевой планшайбе, а стойки станка устанавливают одну на фундаменте, а другую — на неподвижной центральной планшайбе.

Размерные ряды станков. В отечественном станкостроении принят рациональный ряд типоразмеров универсальных токарно-карусельных станков с целью более полного удовлетворения тре-

бований потребителей, без дублирования выпуска близких по размерам станков разными заводами. Параметром, определяющим типоразмер станка согласно ГОСТ 600—80, является наибольший диаметр обрабатываемой на нем заготовки. Каждая последующая модель станка позволяет устанавливать заготовку диаметром, в 1,26 раза большим диаметра предыдущей заготовки, т. е. у карусельных станков принят знаменатель размерного геометрического ряда $\phi = 1,26$. Соответственно наибольшие диаметры обрабатываемых заготовок составляют 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10 000, 12 500, 16 000 и 20 000 мм. Этим же ГОСТом определяется и наибольшая высота заготовки, обрабатываемой на станке нормального исполнения, возрастающая с увеличением типоразмера станка также по размерному ряду со знаменателем $\phi = 1,26$. Соответственно у станков нормального исполнения приняты высоты обрабатываемых заготовок 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000 и 6300 мм. Если же по условиям обработки требуются модификации станков легкого или тяжелого исполнения, то размерный ряд с тем же знаменателем прогрессии может быть продолжен в сторону снижения (630, 500, 400 мм) или повышения (8000, 1000 мм и т. д.).

Типоразмеры выпускаемых универсальных токарно-карусельных станков приведены в приложении 1.

В соответствии с принятой в СССР классификацией металлообрабатывающих станков универсальные карусельные станки, относящиеся к группе токарных, имеют в составе индекса модели две первые цифры 15, а последующие — соответственно основному параметру станка — наибольшему диаметру обрабатываемой заготовки. Например, токарно-карусельный станок с наибольшим диаметром обработки 0,8 м имеет индекс модели 1508, а станок с диаметром обработки 8 м — 1580. С цифр 1 и 5 начинается индекс модели и выпускаемых серийно специальных и уникальных станков: 1501М, 1Б502, 1Б592 и т. д. Выпускаемые единично станки специальных исполнений и уникальных типоразмеров с диаметром обработки от 10 м и выше в составе индекса модели имеют две первые буквы, соответствующие заводу-изготовителю (КС — Краснодарский станкостроительный завод им. Г. М. Седина, КУ — Коломенский завод тяжелого станкостроения), и далее — порядковый номер по заводским классификаторам (КУ 101, КУ 154).

При модернизации или замене моделей между цифрами индекса ставятся буквы А, Б, В и т. д. Исполнения станков (легкое, тяжелое, с повышенной высотой обрабатываемой детали) обозначаются соответственно буквами Л, Т, П в середине или в конце индекса модели. Исполнения уровня автоматизации управления станками обозначаются: с цифровой индикацией — Ф1, с позиционной системой ЧПУ — Ф2, с контурной — Ф3 и т. д. Если же станок снабжен инструментальным магазином, соответственно добавляется буква М, например 1516МФ3.

В Советском Союзе ежегодно выпускается больше карусельных станков, чем во всех странах мира. Специализируясь на отдельных типоразмерах, отечественные заводы выпускают всю гамму универсальных станков.

Универсальные одностоечные станки мод. 1508 и 1510 (рис. 3) являются самыми малыми из размерного ряда токарно-карусельных и предназначены для обработки деталей с наибольшим диаметром 800 и 1000 мм соответственно из черных и цветных металлов. Технические характеристики этих станков приведены в табл. 1. На станках можно выполнять внутреннее и наружное цилиндрическое и коническое растачивание и обтачивание, торцовое точение со ступенчато-постоянной скоростью резания, сверление, зенкерование и развертывание отверстий в центре деталей, а также нарезание резьбы и обработку фасонных поверхностей при применении электрокопировального устройства.

Станки выполняют в наиболее распространенной компоновке с одним вертикальным револьверным суппортом на подвижной поперечине и перемещающимся по направляющим станины правым горизонтальным суппортом. Пятигранная револьверная головка

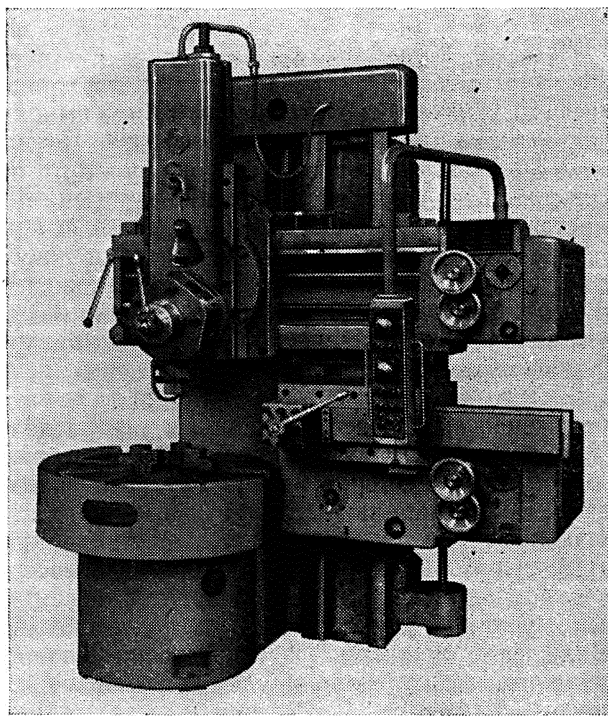


Рис. 3. Токарно-карусельный одностоечный универсальный станок мод. 1510

Таблица 1

Параметры	Модель станка		Параметры	Модель станка	
	1508	1510		1508	1510
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	800	1000	Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹ Число ступеней частот Пределы регулирования рабочих подач, мм/об Число ступеней подач Масса станка, т Габаритные размеры станка, м: высота ширина длина	10—500	8—400
Диаметр планшайбы, мм	710	900		18	18
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	800	800		0,06—6,3	0,06—6,3
Наибольшая масса заготовки, т	1,6	2,5		12	12
Мощность главного привода, кВт	22	22		9,5	10,5
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	9	11,8			
Сила резания на вертикальном суппорте, кН	21,2	21,2		3,21	3,21
Ход ползуна суппорта, мм:				2,4	2,4
вертикального	630	630		2,3	2,4
горизонтального	450	550			

в зависимости от заказа потребителя может быть выполнена с ручным или автоматическим механизмом поворота. Четырехгранная резцовая головка ползуна горизонтального суппорта поворачивается и зажимается вручную. Перестановка поперечины по высоте осуществляется расположенным на верхнем торце станины червячным редуктором; управляемым вынесенными на левую боковую сторону поперечины кнопками. Здесь же расположен рычаг ручного зажима и разжима поперечины, сблокированный с пусковым устройством механизма перемещения и пуском вращения планшайбы. При незажатой поперечине включить вращение планшайбы нельзя.

Кинематическая схема рассматриваемых двух моделей станков отличается только числом зубьев венцовой пары привода планшайбы и одной пары шестерен в цепи передачи движения механизму подачи. Вращение планшайбы осуществляется от асинхронного электродвигателя мощностью 22 кВт через коробку скоростей, соединенную с ним клиноременной передачей. Переключение 18 ступеней коробки скоростей производится восемью электромагнитными муфтами, управляемыми с подвесного кнопочного пульта. Включение вращения и торможения планшайбы осуществляется этими же муфтами, причем торможение выполняется одновременным включением двух кинематических цепей, образующих муфтами тормозящий замок. Диапазон регулирования частот вращения планшайбы $R = 50$.

Движение подачи суппортов отбирается с последнего вала коробки скоростей через размещенный на правой стороне станины в нижней ее части редуктор и вертикальный раздаточный шлицевый вал. От редуктора с коническими шестернями движение передается обоим коробкам подач, одинаковыми у вертикального и у бокового суппортов. Комбинациями включения пяти электромагнитных муфт и одной муфты обгона обеспечивается 12 скоростей рабочих подач в диапазоне 0,06—6,3 мм на один оборот планшайбы.

Для выбора направления подачи (вверх-вниз или влево-вправо) на последних валах коробки подач предусмотрено по две муфты включения направления перемещения. Выключением этих муфт отключается перемещение суппорта. Для точной остановки суппорта без «перебега» на выходных валах коробки установлено еще по одной неподвижной тормозной многодисковой электромагнитной муфте. Быстрое установочное перемещение суппортов (со скоростью 1,6 м/мин) осуществляется от отдельного электродвигателя. От этого же двигателя при повороте рукоятки на пульте управления в положение медленной установочной подачи соответствующей комбинацией включения муфт производится точный подвод инструмента в заданное положение со скоростью 18 мм/мин. Для ручного перемещения суппортов и ползунов на небольшую величину служат маховички с лимбами на передней стенке коробок подач; цена одного деления лимба соответствует 0,02 мм перемещения.

Планшайба станка опирается на плоские круговые направляющие с накладками из текстолита. Для восприятия радиальных и опрокидывающих нагрузок от сил резания шпиндель планшайбы базируется на высокоточных роликоподшипниках с регулировкой радиального зазора. Смазка круговых направляющих гидродинамическая. Направление вращения планшайбы одностороннее — только против часовой стрелки. Допустимая масса обрабатываемой заготовки при частоте вращения до 100 об/мин 1,6 т у станков мод. 1508 и 2,5 т у станков мод. 1510. При более высокой частоте вращения допустимую массу заготовки соответственно снижают.

Револьверная головка ползуна вертикального суппорта имеет пять цилиндрических отверстий для установки резцедержателей с цилиндрическими хвостовиками. Резцедержатели крепятся зажимными винтами. Ручной поворот и эжим револьверной головки производятся откидной рукояткой с эксцентриковым прижимом. Регулировка усилия зажима выполняется вращением регулировочного колпака. Механизированный автоматический поворот производится размещенным на верхнем торце ползуна электродвигателем. Точная фиксация рабочего положения головки в пяти основных положениях (через 72°), когда ось отверстия нижней грани головки располагается строго по вертикали, и в промежуточных положениях под углом 36° к вертикали, используемых для уменьшения вылета резца при резании, осуществляется за счет совмещения зубьев и впадин двух плоских шестерен. Одна из этих

шестерен расположена на ползуне, а другая — жестко закреплена на головке.

Вертикальный суппорт выполнен поворотным и может быть повернут на угол до 45° в ту и другую стороны от вертикали. Поворот суппорта производится вручную, вращением червячного механизма. Червяк снабжен лимбом с делениями, цена каждого из которых соответствует повороту ползуна на угол $1'$. Установка ползуна под углом позволяет производить obtачивание конических поверхностей без применения дополнительных приспособлений. Допустимая вертикальным суппортом сила резания не должна превышать 21,2 кН при вылете ползуна до 200 мм. С увеличением вылета допустимая сила резания снижается и при максимальном вылете не должна быть выше 10 кН.

Для обеспечения работы станка с минимальными вылетами ползуна при обработке деталей небольшой высоты поперечина опускается как можно ниже, но так, чтобы зазор между ее нижней поверхностью и верхней торцовой поверхностью детали был не менее 50—60 мм.

Обрабатываемая деталь крепится на планшайбе станка с помощью четырех зажимных кулачков в специальных приспособлениях или же прижимными планками-прихватами. Для этого на верхней поверхности планшайбы предусмотрены четыре Т-образных паза для установки крепежных устройств, а в центре планшайбы — отверстие диаметром 130 мм для их точного базирования.

Управление станком сосредоточено на подвесном кнопочном пульте, подвешенном в зоне действия рабочего. С пульта он осуществляет выбор частоты вращения, пуск и остановку планшайбы, выбор величины подачи, включение перемещения суппортов в нужном направлении в режимах установочного перемещения или рабочей подачи, а также остановку суппорта, включение механизма поддержания постоянной скорости резания при торцовом obtачивании, аварийное отключение всех механизмов станка. На подвесной пульт вынесены лампы сигнализации о наличии или отсутствии масла в коробке скоростей и столе станка.

По заказу потребителя на станки с целью расширения их технологических возможностей могут быть установлены дополнительно приспособления для нарезания резьбы и obtачивания конусов, для обработки криволинейных поверхностей по копиру, для работы со смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ), самоцентрирующая трехкулачковая планшайба, а также приспособление для автоматического отключения перемещения суппорта по достижении заданного размера — упоры.

Гамма универсальных одно- и двухстоечных токарно-карусельных станков, выпускаемых серийно Краснодарским станкостроительным заводом им. Г. М. Седина, состоит из четырех типоразмеров: 1250, 1600, 2500 и 3200 мм. Из них одностоечные модели 1512 обрабатывают детали диаметром 1250 мм и модели 1516—1600 мм (рис. 4). В основном исполнении станки изготавливают с одним

вертикальным револьверным суппортом на подвижной поперечине и с одним горизонтальным — на правой направляющей стойки. Две двухстоечные модели: 1525 с наибольшим диаметром обрабатываемой детали 2500 мм и 1Л532 — с диаметром детали 3200 мм выпускаются с двумя вертикальными поворотными суппортами на подвижной поперечине. По заказу потребителя правый вертикальный суппорт с расточным ползуном заменяется револьверным суппортом с пятигранной головкой, и на направляющих правой стойки устанавливается горизонтальный суппорт.

Эти модели, как и все отечественные универсальные токарно-карусельные станки, изготавливаются с точностью по классу Н (нормальному) и предназначаются для черновой и чистовой токарной обработки деталей из черных и цветных металлов и неметаллических материалов. Основные технические данные станков приведены в табл. 2. Все четыре модели имеют подобные кинематические и электрические схемы, что позволило унифицировать их узлы и детали. Так, приводы подач и скоростей едины на всю гамму станков, попарно унифицированы на моделях суппорты и ряд других узлов и деталей. Все узлы станка представляют собой самостоятельные сборочные единицы, что упрощает обслуживание и ремонт станков. Принцип конструирования станков из самостоятельных сборочных единиц позволяет в короткие сроки созда-

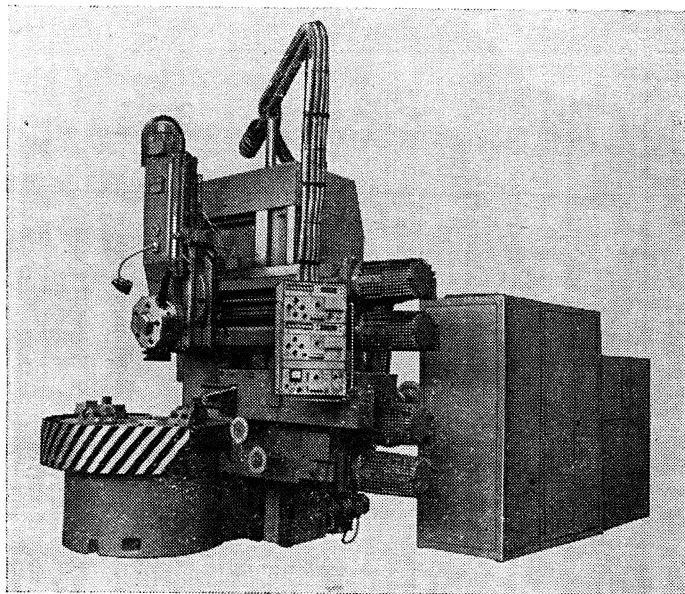


Рис. 4. Токарно-карусельный одностоечный универсальный станок мод. 1516 с регулируемыми приводами постоянного тока и устройством цифровой индикации

Параметры	Одноступенчатые станки				Двухступенчатые станки	
	1512.000 1512Ф1.023	1516.000 1516Ф1.023	1512Ф1.423	1516Ф1.423		
	1512.000 1512Ф1.023	1516.000 1516Ф1.023	1512Ф1.423	1516Ф1.423		
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	1250	1600	1250	1600	2500	3200
Диаметр планшайбы, мм	1120	1400	1120	1400	2240	2800
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	1000	1000	1000	1000	1600	2000
Наибольшая масса заготовки, т	4	6,3	4	6,3	16	16
Мощность главного привода, кВт	30	30	42; 55	42; 55	40	55
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	20	25	20	25	50	67
Сила резания на вертикальном суппорте, кН: правый левый	28 —	28 —	28 —	28 —	42,5 33,5	42,5 33,5
Ход ползуна вертикального суппорта, мм: правого левого	700 —	700 —	700 —	700 —	1200 1200	1200 1200
Ход ползуна горизонтального суппорта, мм	630	630	630	630	—	—
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹ , при установке на станке: асинхронного двигателя регулируемого привода	5—250 —	4—200 —	1—250 —	1—200 —	1,5—80 —	1,25—63 —

Продолжение табл. 2

Параметры	Одноступенчатое станки				Двухступенчатые станки	
	1512.000 1512Ф1.023	1516.000 1516Ф1.023	1512Ф1.423	1516Ф1.423	1525.000	17152.000
Число ступеней частот вращения планшайбы при использовании: асинхронного двигателя регулируемого привода	18 —	18 —	— Бесступенчатое×2*	— —	18 —	18 —
Пределы регулирования рабочих подач: мм/об мм/мин	0,03—12,5 —	0,03—12,5 —	0,01—90 0,3—900	0,01—90 0,3—900	0,04—16 —	0,04—16 —
Число ступеней подач	18	18	Бесступенчатое	Бесступенчатое	18	18
Скорость установочных перемещений, м/мин	0,005—1,8	0,005—1,8	0,0003—3	0,0003—3	0,005—1,8	0,005—1,8
Масса станка, т	16,5	20	18,5	22,5	35,5	43
Габаритные размеры станка, м:						
высота	4,10	4,10	4,10	4,10	4,91	4,91
ширина	2,71	3,03	3,12	3,44	5,34	6,12
длина	2,92	3,17	4,26	4,51	5,07	5,50

* С двойным перебором.

вать из типовых узлов модели различных компоновок и модификаций и организовать поточное производство карусельных станков.

Станки этой гаммы выпускают как с асинхронными электродвигателями и ступенчатым изменением частот вращения планшайбы и подач суппортов, так и с бесступенчато регулируемыми приводами постоянного тока. При ступенчатом регулировании в состав главного привода входят асинхронный двигатель мощностью 30 кВт у одностоечных и 40—55 кВт у двухстоечных станков, клиноремная передача, коробка скоростей и коническая шестеренная передача, соединяющая коробку с вертикальным приводным валом планшайбы. Коробка скоростей путем переключения девяти электромагнитных муфт передает планшайбе 18 различных частот вращения в диапазоне регулирования 1 : 50 со знаменателем ряда $\phi = 1,26$. Муфты изменения передаточного отношения кинематической цепи используются также для включения вращения и торможения планшайбы.

Включение высоких частот вращения планшайбы для уменьшения нагрузки на привод осуществляется ступенчато, т. е. при разгоне автоматически последовательно включаются две-три промежуточные ступени. Торможение планшайбы при отключенном электродвигателе производится одновременным включением двух кинематических цепей, образующих замок. Конструкция главного привода и схема изменения частот вращения планшайбы обеспечивают работу с использованием полной мощности двигателя в диапазоне изменения частот 1 : 25 и постоянного крутящего момента на планшайбе в диапазоне 1 : 2 у одностоечных станков и 1 : 16 и 1,0 : 3,15 — у двухстоечных. Переключение частоты вращения планшайбы можно производить как при остановленной, так и при вращающейся планшайбе под нагрузкой, что позволяет применять на станках устройство поддержания постоянной скорости резания.

Для обеспечения плавности вращения шестерни коробки скоростей выполнены косозубыми. Долговечность и бесшумность работы передач обеспечиваются термической обработкой и шлифованием зубьев шестерен. Все шестерни выполнены из легированной стали. Управление коробкой скоростей дистанционное, с подвесного пульта.

Коробки подач вертикальных суппортов расположены на боковых торцах поперечины и одинаковы по конструкции у одно- и двухстоечных станков всей гаммы. Они устанавливаются также и на внешней боковой поверхности горизонтального суппорта. Движение коробкам подач передается от коробки скоростей через шестеренчатые редукторы и вертикальные шлицевые валы, выведенные на наружные боковые стороны стоек. «Снимаемая» движение с вертикального вала, входная коническая шестерня кронштейна коробки подач приводит во вращение кинематическую цепь коробки подач суппортов. Комбинациями включения восьми электромагнитных муфт в коробке подач обеспечивается получение 18

скоростей рабочих подач в пределах от 0,03 до 12,5 мм на один оборот планшайбы у одностоечных станков и от 0,045 до 16 мм — у двухстоечных.

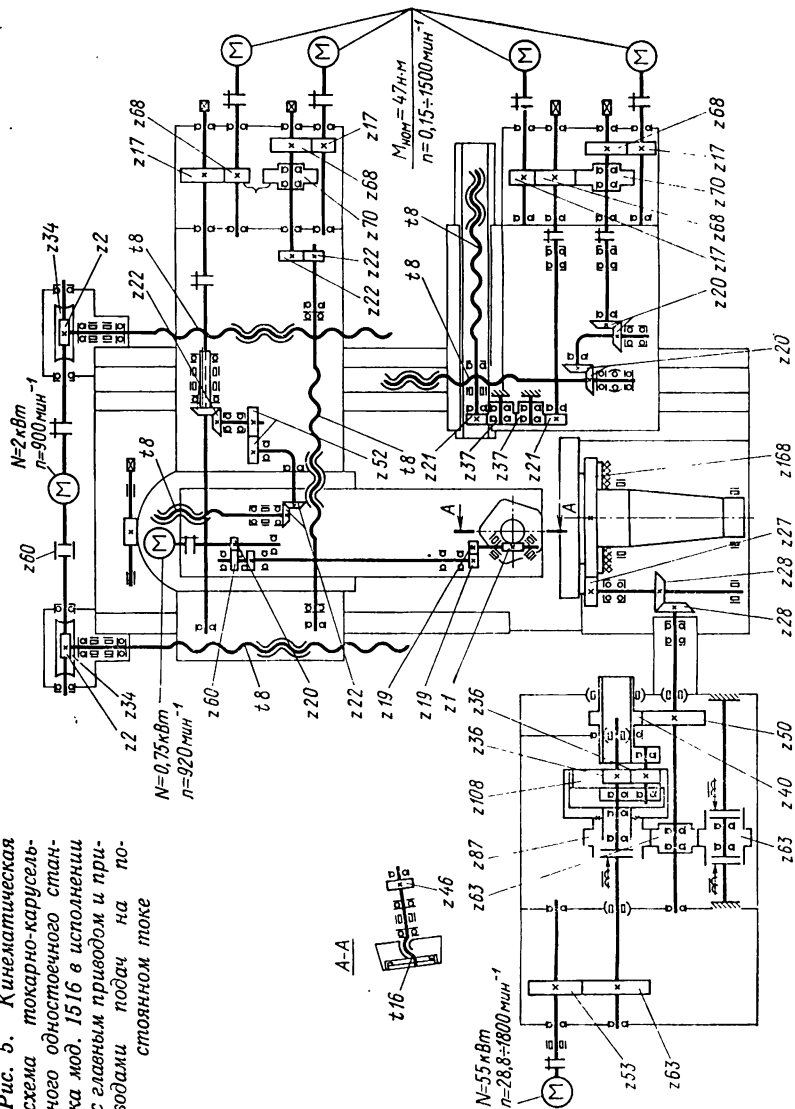
Четыре электромагнитные муфты выходных валов служат для включения направления движения суппорта вверх, вниз, влево или вправо. Возможно движение под углом 45° при одновременном включении двух движений — влево и вниз, вправо и вниз и т. д. Две тормозные электромагнитные муфты на последних валах коробки включаются при отключении подачи для торможения суппорта или его ползуна. Для осуществления установочных перемещений на коробке подач установлен асинхронный двигатель, позволяющий путем включения тех же кинематических цепей осуществить быстрые или замедленные перемещения суппорта со скоростями 1800 — 5 мм/мин.

На рис. 5 приведена кинематическая схема станка мод. 1516 с регулируемыми приводами планшайбы и подач. Главный привод с бесступенчато регулируемым двигателем постоянного тока в комплекте с двухступенчатым зубчатым перебором обеспечивает плавное изменение частоты вращения планшайбы в пределах 1 : 125. Передаточное отношение перебора 1 : 4. Включение перебора производится электромагнитными муфтами, торможение планшайбы — электродвигателем. При установке на станках регулируемых высокомоментных двигателей постоянного тока значительно расширяются пределы изменения подач суппортов, а кинематическая схема привода подач упрощается.

Ходовой винт соединен с электродвигателем зубчатой парой с передаточным отношением 1 : 4, что позволило снизить габариты и мощность электропривода. Изменение величины подачи производится тиристорным преобразователем в диапазоне $R_n = 10\ 000$. В этом случае измерение скоростей подач ведется в миллиметрах в минуту, но путем включения электрической связи между частотой вращения планшайбы и скоростью подачи суппорта можно получить пересчет величины подачи в миллиметрах на оборот планшайбы. Изменение направления движения суппорта и его торможение осуществляются электродвигателем.

Точность вращения планшайбы и восприятие радиальных нагрузок при обработке детали обеспечиваются установкой шпинделя в высокоточных двухрядных роликоподшипниках с внутренним коническим отверстием. Посадка подшипников на конусные шейки шпинделя позволяет за счет изменения силы натяжения внутреннего кольца регулировать радиальный зазор в подшипнике. Для восприятия осевых нагрузок планшайбы снабжены плоскими круговыми направляющими с накладками из текстолита. Для смазки рабочих поверхностей на плоскости направляющей основания стола расположены четыре кармана для подвода масла. При вращении планшайбы вследствие наличия скосов на кромках масляных карманов в масляном слое трущимися поверхностями создается гидродинамическое давление.

Рис. 5. Кинематическая схема токарно-карусельного одностоечного станка мод. 1516 в исполнении с главным приводом и приводами подачи на постоянном токе



Механизмы перемещения поперечины имеют общую схему для станков всей гаммы; она включает асинхронный электродвигатель, концы вала которого соединены с двумя червячными редукторами — приводами винтов перемещения. Поперечина может быть установлена и закреплена на направляющих в любом месте по всей длине хода. У одностоечных станков зажим осуществляется воздействующими на прихваты эксцентриковыми кулачками, которые проворачиваются рычагом вручную, а у двухстоечных станков — червячно-винтовым механизмом от электродвигателя. Для исключения падения поперечины при случайном срезе витков рабочей гайки, служащей для ее перемещения, предусмотрена вторая стальная гайка — ловитель.

Установленный на поперечине одностоечных станков вертикальный суппорт снабжен пятигранной револьверной головкой. Основанием суппорта являются перемещающиеся по горизонтальным направляющим поперечины салазки, на которых крепится поворотная часть корпуса суппорта с направляющими для перемещения литого чугунного ползуна. Угол поворота корпуса суппорта 45° в ту и другую стороны от вертикали. Суппорт снабжен направляющими скольжения. Регулировка зазоров осуществляется клиновыми компенсаторами. С целью разгрузки нижней горизонтальной направляющей поперечины от действия массы перемещающегося суппорта и уменьшения ее прогиба вес суппорта через подружнинные ролики передается верхней призме направляющих. Такая конструкция повышает точность обработки торцевых поверхностей и облегчает перемещение суппорта.

Поворот револьверной головки и ее зажим выполняются автоматически от отдельного электродвигателя. Точная фиксация положения головки осуществляется кулачковыми дисками. У двухстоечных станков угол поворота суппорта от вертикали 30° в ту и другую стороны. В основном исполнении станка ползуны имеют жесткое замкнутое крестообразное сечение с одним гнездом для крепления резцедержателя. Ручное перемещение суппортов осуществляется маховичками с лимбами. Один поворот маховичка соответствует перемещению ползуна или суппорта на 2,5 мм, цена деления лимба 0,05 мм. Дистанционное управление станком осуществляется с подвесного пульта.

На базе станков основного исполнения выпускают станки с цифровой индикацией величин перемещения суппортов — исполнение Ф1 с УЦИ Ф5147 и датчиками величин линейных перемещений ДЛП типа индуктосинов или же с преднабором команд и цифровой индикацией УЦИ Ф5134, а также станки с ЧПУ — исполнение Ф3 с контурными устройствами ЧПУ типа Н55-2 или другими.

Помимо станков гаммы 1512—1Л532 в различных исполнениях Краснодарский станкостроительный завод им. Седина выпускает станки тех же типоразмеров серии А мод. 1А512, 1А516, 1А525 и 1А532Л исполнения МФ3 (рис. 6). Станки имеют увеличенный

диапазон регулирования частот вращения планшайбы и величин рабочих подач благодаря использованию приводов постоянного тока и повышенной жесткости конструкции. В частности, у одно-стоечных станков серии А стык станины с основанием стола выполнен горизонтальным, что при тех же габаритных размерах повысило жесткость несущей системы станка.

Бесшпиндельное базирование планшайбы в прецизионных крупногабаритных подшипниках, работающих с предварительным натягом, у одностоечных станков и использование направляющих с гидростатической смазкой — у двухстоечных повысили точность вращения планшайбы и грузоподъемность столов. Точность перемещения суппортов обеспечивается на станках серии А применением у салазок и ползунов комбинированных направляющих (качения и скольжения) с накладными закаленными планками, а также автоматической выверкой параллельности положения поперечины относительно базовой поверхности планшайбы. Привод перемещения ползунов и салазок суппортов осуществляется шариковыми винтовыми парами.

Управление всеми механизмами станка вынесено на подвесной пульт. Здесь же размещена и цифровая индикация величин перемещения суппортов. Станки могут выполняться с различным уровнем автоматизации управления: с цифровой индикацией и преднабором (исполнение Ф1), с ЧПУ и вертикальным револь-

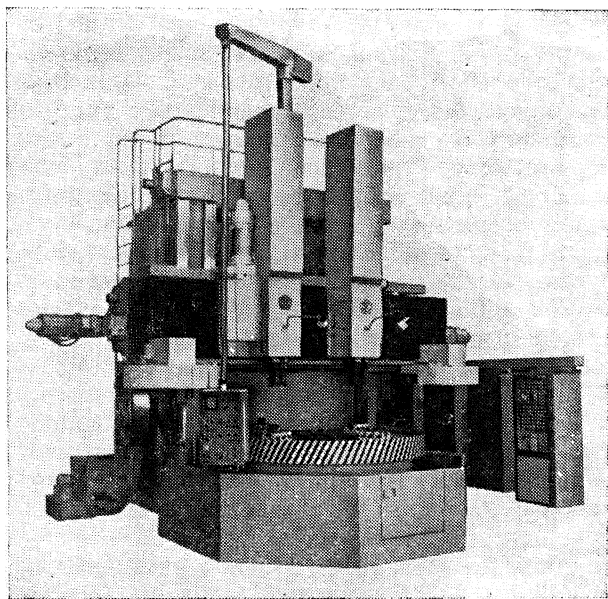


Рис. 6. Токарно-карусельный двухстоечный универсальный станок мод. 1А525МФ3

верным суппортом (исполнение Ф3), с ЧПУ и инструментальным магазином для автоматической смены инструмента (исполнение МФ3) (табл. 3).

Коломенский завод тяжелого станкостроения (ЗТС) серийно выпускает гамму тяжелых двухстоечных станков с наибольшим диаметром устанавливаемой детали 3200—8000 мм (рис. 7), которая состоит из трех базовых станков нормального исполнения — мод. 1540, 1550 и 1563 и их модификаций (табл. 4): станки с повышенными силовыми характеристиками для обработки деталей увеличенной высоты и массы (тяжелое исполнение) — мод. 1532Т,

Т а б л и ц а 3

Параметры	Одностоечные станки		Двухстоечные станки	
	1А512МФ3	1А516МФ3	1А525МФ3	1А532ЛМФ3
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	1250; 1400	1600; 1800	2500	3200
Диаметр планшайбы, мм	1120	1400	2240	2800
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	1000	1000	1600	1600
	1300	1300	2000	2000
	1600	1600	2400	2400
Наибольшая масса заготовки, т	6	8 (10)	20	25
Мощность главного привода, кВт	55; 75	55; 75	55; 75; 100	55; 75; 100
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	28	35	80	100
Сила резания на вертикальном суппорте, кН:				
правом	50	50	50	50
левом	—	—	35	35
Ход ползуна вертикального суппорта, мм:				
правого	800; 1100	800; 1100	1100	1100
левого	—	—	1100	1100
Ход ползуна горизонтального суппорта, мм	750	750	—	—
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹	2,2—315	1,7—260	0,27—125	0,22—100
Масса станка, т	20	20,5	47	55
Габаритные размеры станка, м:				
высота	4,9	4,9	5,3	5,3
ширина	3,85	3,85	6,1	6,4
длина	5,1	5,1	6,5	7,2

Примечание. Подача — бесступенчатая, пределы регулирования рабочих подач 0,03—40 мм/об или 0,1—1000 мм/мин; регулирование частот вращения планшайбы — бесступенчатое с тройным перебором; скорость установочных перемещений 0,0005—5,0 м/мин.

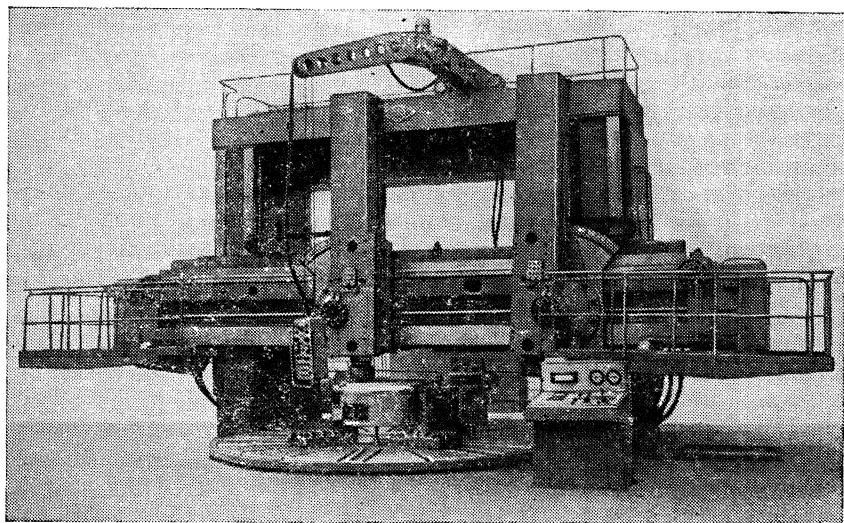


Рис. 7. Токарно-карусельный двухстоечный универсальный станок мод. 1550

1540Т и 1550Т; станки легкого исполнения для обработки относительно небольших по массе и высоте деталей — мод. КУ-50, КУ-63 и 1580Л; станки с повышенным порталом и увеличенным вертикальным перемещением ползунов для обработки более высоких деталей — мод. 1540П и 1550П.

Уникальные станки этого завода для обработки деталей с наибольшим диаметром 10—25 м изготовляют по заказам потребителя в индивидуальном порядке.

Все станки Коломенского ЗТС выпускаются с двумя вертикальными суппортами расточного типа на поперечине и имеют единообразную конструкцию, единую кинематическую схему, общие принципиальную схему электропривода и систему управления. Кинематическая схема этих станков (рис. 8) состоит из ряда независимых кинематических цепей, осуществляющих главное движение — вращение планшайбы, движение рабочих подач суппортов, ускоренные и медленные установочные их перемещения, перемещение поперечины и механический ее зажим, поворот суппортов, вертикальное и горизонтальное перемещения подвесного пульта управления. Каждое из перечисленных движений выполняется отдельными электродвигателями. Станки мод. КУ-152, КУ-153, 1Б594 и 1Б596 выполнены с подвижным порталом, что позволяет за счет сдвига его относительно стола увеличивать наибольший допускаемый размер обработки на одну ступень (на 25 %). Станки мод. 1А592, КУ-153 и следующих за ними типоразмеров (рис. 9) выполняются с двумя планшайбами: внутренней и кольцевой.

Точное центрирование планшайбы на прецизионном подшипнике с регулируемым зазором, автоматический зажим и разжим

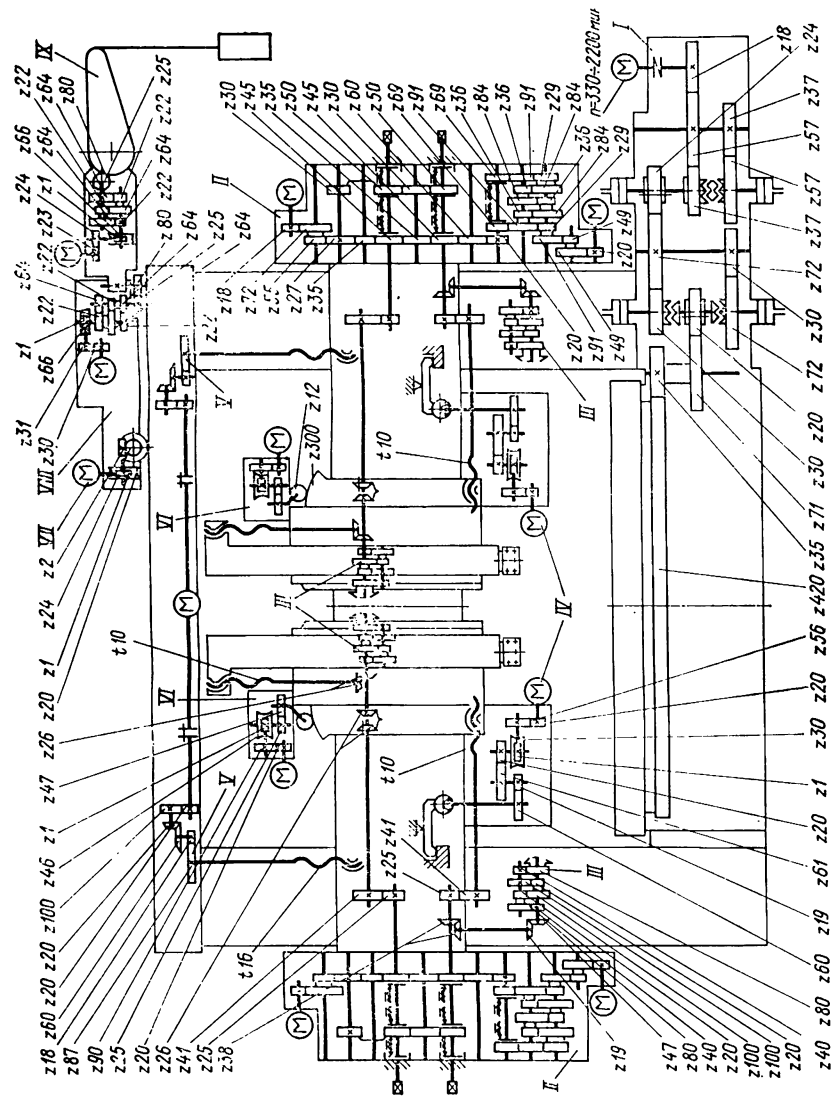


Рис. 8. Кинематическая схема токарно-карусельного двухстоечного универсального станка мод. 1580Л.

Механизмы: I — главного привода; II — подач суппортов (два); III — поворота лимбов отсчета перемещений ползунов и суппортов (четыре); IV — зажима поперечины (два); V — перемещения поперечины (два); VI — поворота суппортов (два); VII — перемещения стрелы управления; VIII — поворота стрелы пульта; IX — подъема пульта.

Параметры	Модель станка							
	1532Т	1540	1540Т	1550	1550Т	КУ-63	1563	1580Л
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	3200	4000	4000	5000	5000	6300	6300	8000
Диаметр планшайбы, мм	3200	4000	4000	4500	5000	5600	6300	7100
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	2000	2000;	2500	2500;	3200	2500	3200	3200
	40	50	63	63	100	80	125	125
Наибольшая масса заготовки, т	63	63	125	125	125	125	125	125
Мощность главного привода, кВт	125	160	200	200	400	250	400	400
Крутящий момент на планшайбе, кН·м								
Сила резания на вертикальном суппорте, кН:								
правом	63	63	80	80	100	80	100	100
левом	50	50	50	63	63	63	80	80
Ход ползуна вертикального суппорта, мм:								
правого	1250	1250;	1600	1600;	2000	1600	2000	2000
левого	1250	1250;	1600	1600;	2000	1600	2000	2000
	0,66—	0,52—	0,46—	0,34—	0,27—	0,3—27,6	0,28—	0,22—
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹	62,1	48,7	42,5	31,2	24,8		25,5	18,3
Пределы регулирования рабочих подач, мм/мин	0,059—	0,059—	0,044—	0,044—	0,035—	0,044—	0,035—	0,035—
Скорость установочных перемещений, м/мин	470	470	352	352	285	352	285	285
Масса станка, т	4,7	4,7	3,5	3,5	2,85	3,5	2,85	2,85
Габаритные размеры станка, м:	90,4	100	134,2	140,5	190	190	233	248
высота	7,2	7,2;	8,4	8,4;	9,8	7,5	8,2	8,6
ширина	9,3	10,1	10,4	11,4	12,9	12,7	14,2	17,6
длина	5,1	5,9	6,1	6,6	7,3	7,5	8,2	8,6

П р и м е ч а н и е. Подача бесступенчатая; регулирование частот вращения планшайбы — бесступенчатое с четверным перебором.

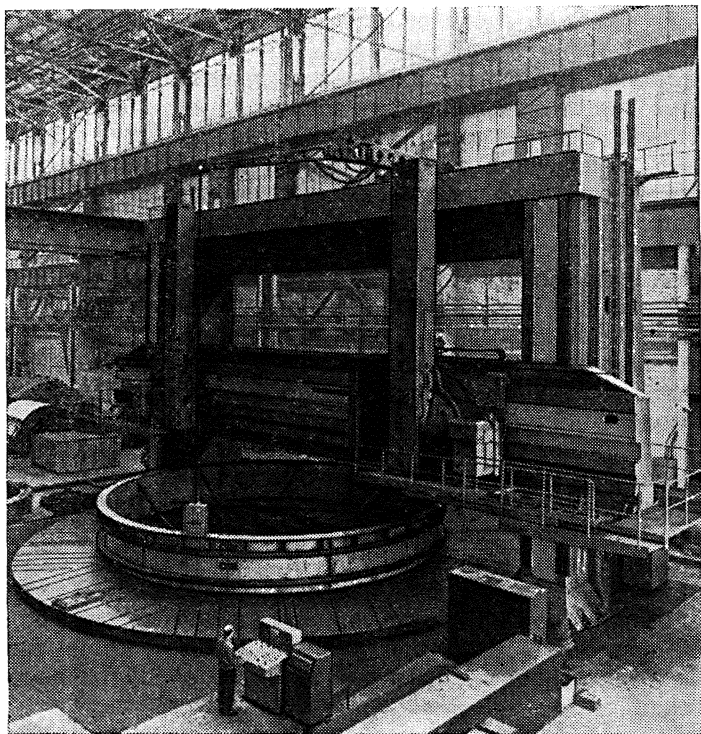


Рис. 9. Уникальный токарно-карусельный двухстоечный универсальный станок мод. 1А594

поперечины, салазок и ползунов обеспечивают высокую точность обработки деталей. Долговечность работы станка и сохранение первоначальной точности обеспечиваются применением закаленных направляющих ползунов, работающих в паре с антифрикционными накладками из бронзы АМЦ-9-2, а также централизованной принудительной смазки механизмов.

Планшайба приводится во вращение регулируемым в пределах 2200—330 об/мин двигателем постоянного тока через четырехступенчатую коробку скоростей. Переключение механических ступеней осуществляется зубчатыми муфтами с помощью электрогидравлического механизма, управляемого с пульта станка. Регулирование частот вращения двигателя на каждой ступени производится с постоянным моментом до минимальной скорости и с постоянной мощностью в диапазоне 1 : 2 выше номинальной скорости. При этом на первой ступени используется весь диапазон регулирования частот вращения двигателя, а на остальных трех ступенях — только диапазоны регулирования с постоянной мощностью. Такая схема изменения частот вращения обеспечивает

защиту механизмов станка от перегрузки на всем диапазоне скоростей.

В нормальном исполнении станки комплектуются двумя вертикальными суппортами с ползунами восьмигранного сечения. Вертикальное перемещение ползунов и горизонтальное перемещение салазок по поперечине осуществляются винтовыми передачами. Регулирование зазоров в направляющих производится клиновыми компенсаторами. Для повышения жесткости во время работы суппорта предусмотрены гидравлические механизмы автоматического зажима ползуна и салазок.

Специфическая особенность обработки на тяжелых токарно-карусельных станках, связанная с большой трудоемкостью установки и выверки крупногабаритных тяжелых заготовок, вызвала необходимость концентрации возможно большего числа технологических операций на одном станке. С этой целью по заказу потребителя станки могут быть укомплектованы револьверными или фрезерными головками, комбинированными токарно-расточными суппортами с вращающимся шпинделем, борштангами для растачивания глубоких отверстий, боковыми суппортами, копирувальным устройством и другими узлами.

Специальное устройство обеспечивает поддержание постоянной скорости резания при обработке торцовых поверхностей с большой разницей диаметральных размеров, что позволяет, кроме увеличения производительности, повысить качество обрабатываемой поверхности.

Движение рабочих подач суппортов осуществляется от отдельных регулируемых приводов постоянного тока и механически не связано с вращением планшайбы, что, кроме упрощения кинематики станка, дает возможность выбора оптимального сечения стружки в каждом конкретном случае процесса резания, обеспечения точного выхода в заданный размер без применения ручного управления, и др. Диапазон регулирования частот вращения приводов подач лежит в пределах $1 : 200$, что в сочетании с двухступенчатым перебором коробки подач (состоящим из цепочки шестерен и двух электромагнитных муфт), обеспечивает включение передачи $1 : 40$ и общий диапазон регулирования подачи $1 : 8000$. Такой широкий диапазон позволяет от этих же двигателей осуществить включаемые дистанционно с пульта управления медленные установочные перемещения суппортов. Быстрые установочные перемещения суппортов и ползунов производятся двигателями переменного тока через самостоятельные кинематические цепи в коробке подач.

Две тормозные электромуфты служат для предотвращения выбега суппорта при отключении подачи или установочного перемещения. Для контроля пути перемещения суппорта и ползуна предусмотрены устройства, состоящие из лимбов грубого и точного отсчета перемещений и связывающих лимбы с винтами перемещения передающих механизмов. Лимбы грубого отсчета

делают один оборот за 100 оборотов лимбов точного отсчета и имеют цену деления 10 мм. Лимбы точного отсчета делают оборот за один оборот ходового винта, цена одного их деления 0,05 мм. Лимбы отсчета перемещения ползуна размещены на корпусе суппорта, лимбы суппорта — на проставке между поперечной и коробкой подач.

Управление станками дистанционное. Основные органы управления сосредоточены на подвесном пульте, который с помощью специального устройства может быть перемещен в любую удобную для обслуживания станка зону. На панели подвесного пульта размещены рукоятки и кнопки управления правым и левым вертикальными суппортами, включения электрокопировального устройства, управления главным приводом и общая кнопка аварийной остановки всех органов станка. Здесь же установлены контрольные приборы — тахометры приводов подач и главного привода и амперметр контроля нагрузки двигателя вращения планшайбы. На боковую поверхность подвесного пульта вынесены кнопки управления перемещениями поперечины и самого пульта и рукоятки включения освещения. Для оперативного управления работой суппортов на них предусмотрены вспомогательные панели управления с кнопками включения механизма поворота корпуса суппорта, включения смазочной системы, а у станков с комбинированными суппортами — и вращения расточного шпинделя. Кроме того, на панели продублированы кнопки управления механизмами перемещения подвесного пульта управления и аварийной остановки станка.

На расположенной рядом со станком панели стационарного пульта предусмотрены вспомогательные элементы управления: кнопки и сигнальные лампы подключения станка к электросети, включения тиристорного преобразователя, а также продублированы кнопки управления перемещением подвесного пульта и аварийной остановки станка. По заказу потребителя на станках с диаметром обрабатываемой поверхности до 20 м устанавливается устройство цифровой индикации и преднабора координат перемещения суппортов, которое монтируется на подвесном пульте управления станком.

Коломенский ЗТС начал выпуск новой гаммы токарно-карусельных двухстоечных станков серии А с повышенным уровнем автоматизации управления и расширенными технологическими возможностями. Гамма состоит из четырех базовых моделей: 1А540, 1А550, 1А563, 1А580, начиная со станка с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки 4000 мм, и включает еще четыре станка тяжелого и легкого исполнения. Эти станки разработаны в различных модификациях: с цифровой индикацией и преднабором координат перемещения суппортов (Ф1), с контурной системой ЧПУ (Ф4), а также для многооперационной обработки, с контурной системой ЧПУ и устройством автоматической смены инструмента с инструментальным магазином (МФ4).

Конструктивно станки серии А значительно отличаются от станков предыдущей гаммы. Портал и поперечина станка сварные, с накладными закаленными стальными направляющими для перемещения суппортов. Повышены верхний предел частот вращения планшайбы за счет расширения диапазона регулирования до 1 : 100 и мощность главного привода. По заказу потребителя диапазон регулирования частот вращения планшайбы может быть сдвинут. Предусмотрен дополнительный привод планшайбы для замедленного ее вращения при точном угловом позиционировании или круговом фрезеровании, состоящий из высокомоментного электродвигателя и безлюфтового редуктора. Измерительное устройство углового позиционирования планшайбы представляет собой комбинацию из двух сельсинов — датчиков грубого отсчета и точного кругового индуктивного датчика. При включении дополнительного привода кинематическая цепь главного привода отключается путем установки одной из зубчатых муфт перебора в нейтральное положение.

Повышена жесткость планшайбы и основания стола. Для восприятия осевых нагрузок на планшайбу применены гидростатические направляющие, смазка которых осуществляется по системе насос—карман. Поэтому более чем в 1,5 раза повышена допускаемая нагрузка на планшайбу. Приводы подач выполнены отдельными для каждой координатной оси перемещения и включают высокомоментные регулируемые электродвигатели постоянного тока, безлюфтовые шестеренчатые редукторы и передачи винт—гайка качения. Пределы изменений подач — от 0,1 до 1000 мм/мин.

В нормальном исполнении станки поставляются с двумя суппортами на поперечине: левым — токарным и правым — комбинированным со встроенным в ползун фрезерно-расточным шпинделем. Этот суппорт, кроме обычной токарной обработки, предназначен для выполнения сверлильных, расточных и фрезерных работ. При установке устройства позиционирования планшайбы в любом заданном положении комбинированный суппорт позволяет выполнять обработку неконцентричных оси вращения планшайбы поверхностей и отверстий вне центра как на торце, так и на периферии обрабатываемой детали. Ползуны имеют жесткое квадратное сечение. Крепление резцедержателей в конусных отверстиях ползуну осуществляется механически встроенными в ползуну прижимными головками «Приз». Направляющие линейных перемещений комбинированные. В плоскости портала направляющие снабжены опорами качения — роликовыми танкетками в направлении действия основной силы резания — скольжения. Вертикальные суппорты выполнены поворотными; поворот их осуществляется редуктором от отдельного привода, расположенного на корпусе суппорта. На направляющих правой стойки устанавливается боковой горизонтальный суппорт.

Для повышения точности обработки с целью компенсации прогиба поперечины от массы суппортов между лицевыми направляю-

щими поперечины на салазках суппортов размещено устройство компенсации прогиба, которое состоит из двух опорных балок и системы рычагов с опорными роликами, воспринимающими нагрузку через пакеты тарельчатых пружин.

На левом торце поперечины по заказу потребителя устанавливают 12-гнездный инструментальный магазин для автоматической смены резцедержателей с предварительно настроенными вылетами режущих инструментов для левого токарного суппорта. Поворот и точная остановка магазина в заданном положении осуществляются автоматически реверсивным электроприводом постоянного тока. Контроль положения магазина при повороте осуществляет датчик кругового отсчета.

Для расширения технологических возможностей обработки по заказу потребителя станки могут быть оснащены для шлифования торцовых и цилиндрических поверхностей шлифовальными головками, устанавливаемыми на токарных ползунах, или же специальным правым либо левым шлифовальным суппортом. В этом случае станок укомплектовывается системой подачи и сбора СОЖ при шлифовании как торцовых, так и конусных и цилиндрических поверхностей детали. Поворотный шлифовальный суппорт может быть установлен и на салазках бокового суппорта. При этом на токарно-карусельном станке можно осуществлять все присущие карусельно-шлифовальному станку операции. На торце ползуна комбинированного суппорта может быть установлена прямая или угловая фрезерная головка с передаточным числом конической пары 1 : 1, что обеспечивает возможность получения тех же частот вращения и крутящих моментов на расположенной под углом фрезе. Угловая головка может быть установлена шпинделем к центру или к периферии планшайбы. В специальном исполнении могут быть изготовлены головки для работы под любым углом к оси вращения планшайбы.

Для удобства обслуживания станка и наблюдения за обработкой деталей большой высоты станки укомплектовывают переставляемой по высоте площадкой оператора — помостом, на который вынесен пульт управления станком. Установленное рядом со станком устройство ЧПУ мод. «Размер 4» позволяет осуществлять автоматическое управление по программе от перфоленты по четырем линейным и одной круговой осям координат с дискретностью 0,001 мм.

На базе узлов двухстоечных станков серии А начат также выпуск гаммы одностоечных станков с консольной поперечиной и подвижной стойкой для обработки деталей с наибольшим диаметром от 6,3 (мод. 1К532) до 20 м (мод. 1К592). Технические данные станков приведены в табл. 5.

Станки зарубежных фирм. В развитых капиталистических странах — Англии, Франции, ФРГ, Италии, США, Японии станки токарно-карусельной группы выпускает ряд фирм (рис. 10—13). Расширяется номенклатура станков, появились автоматизирован-

Таблица 5

Параметры	Модель станка				
	1К532	1К540	1К550	1К563	1К580
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм	6300	8000	10 000	12 500	16 000
Диаметр заготовки при придвинутой стойке, мм	3150	4000	5 000	6 300	8 000
Диаметр планшайбы, мм	3150	4000	5 000	6 300	8 000
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	3150	4000	5 000	6 300	8 000
	2500	3150	4 000	5 000	6 300
	2000	2500	3 150	4 000	5 000
Наибольшая масса заготовки, т	160	200	250	320	400
Мощность главного привода, кВт	110	110	110	160	160
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	190	240	350	500	770
Сила резания на суппорте, кН	80	80	90	100	120
Ход ползуна суппорта, мм:					
вертикального	1600;	2000;	2 500;	3 150;	4 000;
	1250	1600	2 000	2 500	3 150
горизонтального	1250	1250	2 000	2 500	3 000
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹ при:					
точении	0,33—66	0,26—52	0,165—33	0,13—26	0,85—17
фрезеровании	0,0005—2,0	0,00034—1,73	0,00035—1,41	0,0027—1,07	0,00019—0,75
Масса станка, т	100	120	180	290	450

Примечание. Регулирование частот вращения планшайбы бесступенчатое. Пределы регулирования: подач 0,1—1000 мм/мин, частот вращения фрезерного шпинделя 0,1—1000 мин⁻¹. Подача бесступенчатая.

ные конструкции, а также станки с расширенными технологическими возможностями, позволяющие концентрировать различные технологические операции на одном станке. Наряду с выпуском современных автоматизированных моделей многие фирмы сохраняют производство и более простых конструкций. В табл. 6 приведен перечень наиболее известных в нашей стране зарубежных фирм и предприятий и типоразмеры выпускаемых ими токарно-карусельных станков. Технические характеристики станков некоторых фирм приведены в приложении 2.

Точность токарно-карусельных станков. Точность геометрических форм и размеров деталей при обработке на токарно-карусельных станках зависит в основном от погрешностей траектории перемещения и позиционирования режущего инструмента, а также стабильности положения во время обработки и деформаций обрабатываемых деталей. Погрешности траектории перемещения инструмента зависят от многих факторов, и в первую очередь от жест-

кости конструкции основных базовых деталей станка и их деформации под влиянием собственного веса и веса перемещающихся узлов, жесткости подвижных и неподвижных соединений, точности базовых деталей и качества сборки станка, а также температурных деформаций его узлов.

Для токарно-карусельных станков характерна обработка заготовок с неравномерными припусками, а следовательно, и с переменными силами резания. При различных положениях инструмента в пределах рабочей зоны станка изменяется жесткость системы СПИД. При нагрузке в большей или меньшей степени деформируются корпусные детали, образующие несущую систему станка,

Т а б л и ц а 6

Страна	Фирма	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм, на станках		
		одностоечных	двухстоечных	одностоечных с консольной поперечной
ЧССР	TOS	880—2000	1 350—2 250	—
	ČKD	—	2 600—6 300	До 14 500
	SKODA	—	4 200—5 200	—
ПНР	RAFAMET	2000	2 000—4 000	До 10 000
	Defo	До 1350	—	—
СРР	TITAN	1100—1650	2 200—4 300	—
Англия	Webster—Bennett	1113—2134	2 740—3 660	—
Италия	MORANDO	1100—1850	1 900—6 000	—
	Ezio Pensotti	1000—2000	1 700—5 200	—
	INNOCENTI	—	8 000—11 000	9 000—25 000
США	Bullard	1219—3556	—	—
	Giddings	914—2140	—	—
	GREY	1420—1730	—	—
	FARREL	—	2 740—16 630	—
Франция	BERTHIEZ	990—2800	3 500—8 000	4 000—20 000
ФРГ	SCHIESS—FRORIEP	900—3200	3 000—25 000	3 000—16 000
	DÖRRIES	1000—2200	2 350—10 000	3 400—16 000
	JUNGENTHAL	1400—2600	До 4000	—
Япония	OM	1200—2500	2 300—8 500	2 300—12 000
	TOSHIBA (SHIBAURA)	1250—2500	3 500—6 500	3 600—4 500

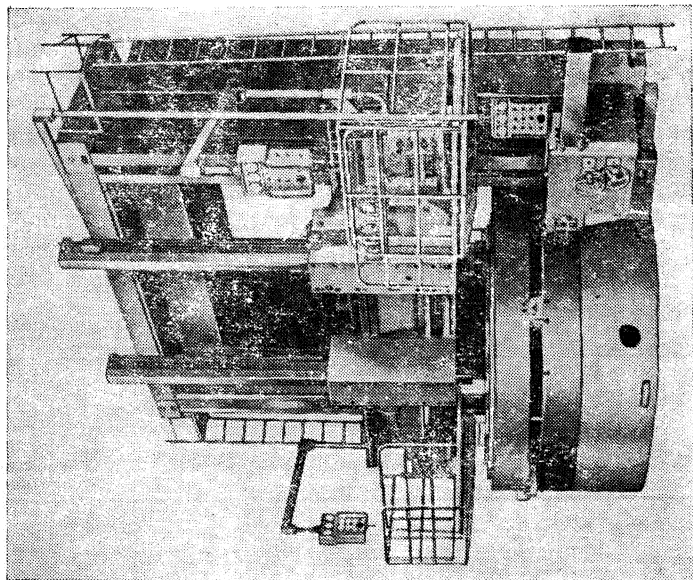


Рис. 11. Токарно-карусельный двухэтажный станок
мод. КР 30 фирмы MORANDO

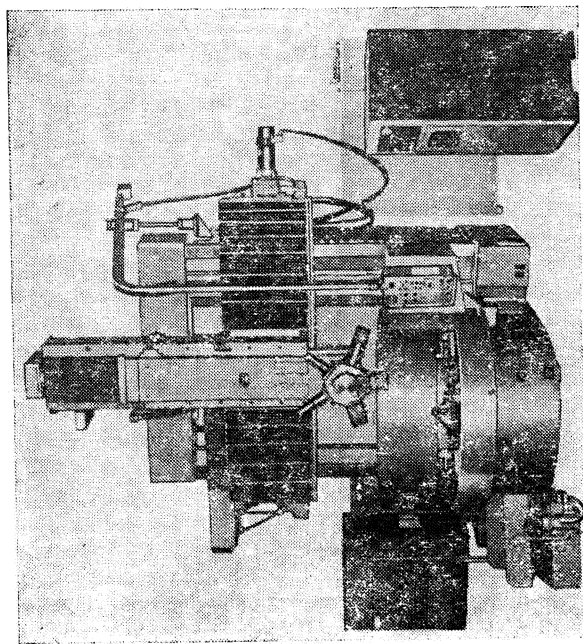


Рис. 10. Токарно-карусельный одноэтажный станок мод.
VT₄ фирмы OM

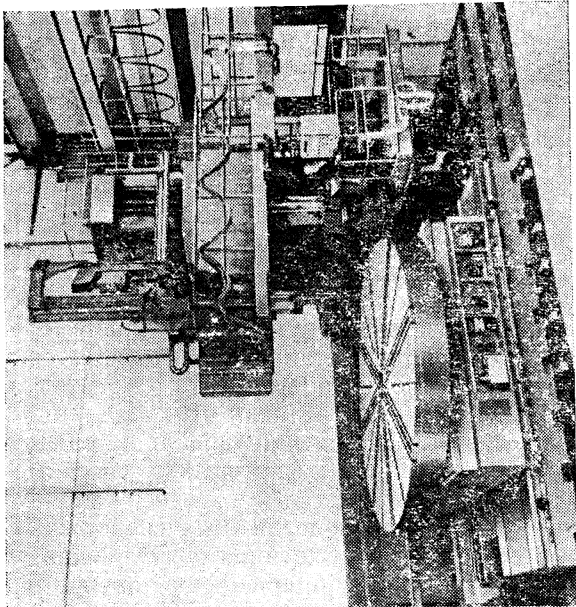


Рис. 13. Токарно-карусельный одностоечный станок с кон-
 сольной поперечной и перемещаемым столом. SDE фир-
 мы DÖRRIES

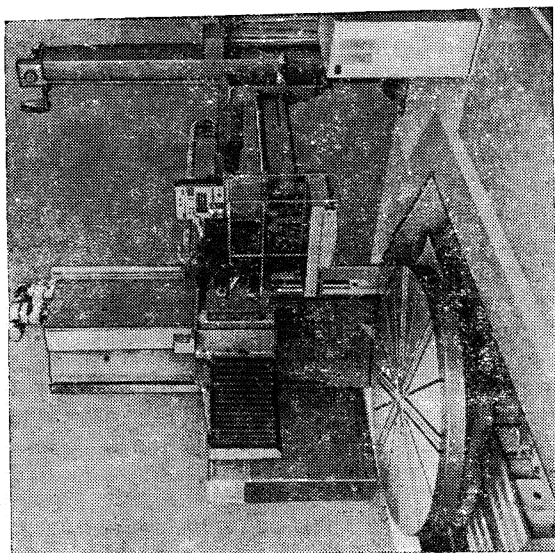


Рис. 12. Токарно-карусельный одностоечный станок с кон-
 сольной поперечной серии ТМ фирмы BERTHEZ

т. е. происходит относительное смещение обрабатывающего инструмента и обрабатываемой детали. От этих смещений, появляющихся в результате упругих деформаций, отжатий, колебаний и пр., зависят как точность геометрических размеров, так и шероховатость обрабатываемых поверхностей. При чистовой обработке с относительно небольшими силами резания на погрешностях обработки в основном сказываются погрешности настройки, температурные и упругие деформации системы под воздействием массы перемещающихся узлов. При черновой обработке преобладает влияние сил резания, но взаимное смещение инструмента и детали лимитируется менее жестко и в основном ограничивается лишь величиной припуска, оставляемого на чистовую обработку. Чем выше жесткость системы, тем интенсивнее могут быть использованы нагрузки и, следовательно, уменьшено время обработки.

Жесткость несущей системы станка характеризуется величинами смещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой детали. Зависимость величин этих смещений от действующих сил (податливость системы) нелинейна и является функцией многих факторов, основные из которых — изгибные и крутильные деформации корпусных деталей и звеньев кинематических цепей и контактные деформации неподвижных и подвижных стыков и опор качения. В общем случае линейная податливость элемента системы выражается отношением приращения линейного перемещения δ к приращению действующей силы P :

$$e_n = \frac{d\delta}{dP}$$

угловая податливость — отношением приращения угловой деформации φ к приращению действующего момента M :

$$e_y = \frac{d\varphi}{dM}$$

Методика определения изгибных и крутильных деформаций корпусных деталей разработана ЭНИМСом [7, 9]. Величины линейных и угловых деформаций от действующих сил и скручивающих моментов определяют путем расчленения сложной несущей конструкции на простейшие балочные элементы, соединенные между собой упругими связями.

На основе экспериментальных работ ЭНИМСа [10] установлена зависимость между величиной деформации контактирующих элементов конструкции и действующей нагрузкой в виде степенной функции

$$\delta = C_p P^m,$$

где $m = 0,3 \div 0,67$; C_p — коэффициент жесткости, зависящий от материала и качества обработки контактирующих поверхностей.

Была выведена приближенная зависимость удельных деформаций от возникающих под нагрузкой контактных напряжений в плоском неподвижном стыке:

$$\delta_n = k_1 \sigma \text{ и } \delta_\tau = k_2 \tau,$$

где δ_n , δ_τ — удельные деформации соответственно в нормальном и касательном направлениях напряженного стыка, см; σ , τ — нормальные и касательные напряжения в неподвижном стыке, Па.

Коэффициенты удельной контактной податливости для неподвижных напряженных стыков $k_1 = 5 \cdot 10^{-11}$ см·Па⁻¹ и $k_2 = 2 \cdot 10^{-10}$ см·Па⁻¹; для подвижных стыков пары направляющих скольжения сталь—чугун, чугун—чугун, чугун—сплав ЦАМ 10-5 величина $k_1 = (1 \div 2) 10^{-9}$ см·Па⁻¹.

Более точно, с учетом материала и качества обработки контактирующих поверхностей, удельные деформации плоского стыка могут быть определены из зависимости

$$\delta_n = C_\sigma \sigma^m,$$

где C_σ — приведенный коэффициент жесткости для контактирующих пар из стали и чугуна (см·Па^{-1/2}); $m = 1/2$:

C_σ

Строгание чистовое	1,9·10 ⁻⁷
Шлифование:	
$Ra = 1,25$ мкм	(1,3 ÷ 1,6)·10 ⁻⁷
$Ra = 0,63$ мкм	1,1·10 ⁻⁷
$Ra = 0,32$ мкм	0,8·10 ⁻⁷
Шабрение:	
чистовое	2,5·10 ⁻⁷
тонкое	1,2·10 ⁻⁷

Для пары металл—пластмасса $C_\sigma = (8,6 \div 13) 10^{-6}$ см·Па^{1/3}; $m = 1/3$.

Аналогичные зависимости установлены для определения деформаций опор качения, валов, зубчатых пар, муфт и других элементов кинематических цепей.

Источники тепла, вызывающие температурные деформации узлов станка, разделяются на находящиеся в самом станке (внутренние) и воздействующие на станок (внешние). К внутренним источникам относятся опоры планшайбы, коробка скоростей, гидравлическая и смазочная системы, направляющие, ходовые винты, электрооборудование и другие элементы конструкции, выделяющие в процессе работы тепло.

Исследования станков выявляют фактические величины возникающих деформаций и конструктивные пути их снижения. На рис. 14 в качестве примера приведены схема и данные измерений температурных деформаций одностоечного станка фирмы Webster—Bennett. Деформации смещения и наклоны узлов измерялись индикаторами и уровнями в линейных и угловых величинах в коорди-

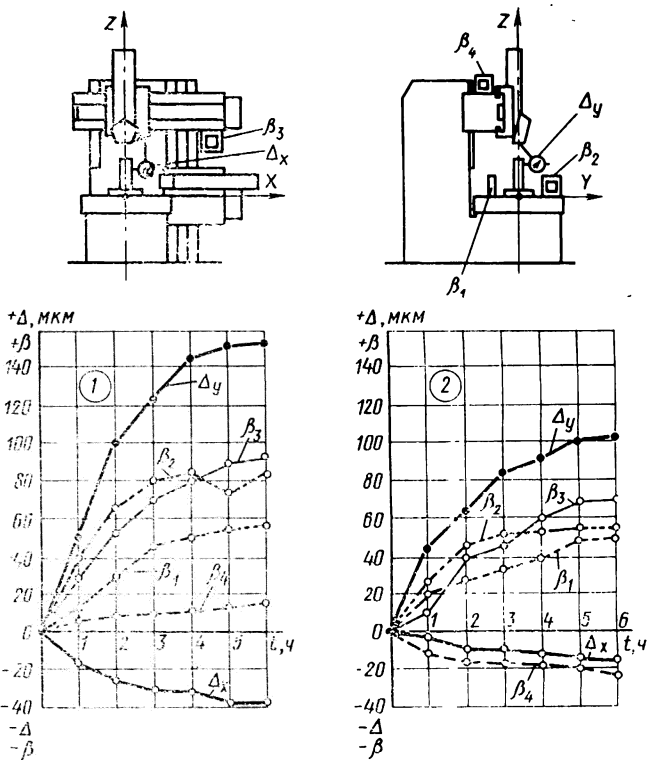


Рис. 14. Графики тепловых деформаций станков фирмы Webster — Bennett:

Δ_x , Δ_y — линейные смещения оси отверстия револьверной головки относительно оси вращения планшайбы, измеренные индикаторами в направлениях главных осей координат станка; β_1 , β_2 и β_3 , β_4 — угловые смещения соответственно стола и поперечины, измеренные уровнями

натных плоскостях ZOX и ZOY в течение 6 ч. Испытания проводились с подачей на подшипники стола минимально необходимого количества смазки (случай 1) и обильной смазки (случай 2) — до 40 л/мин. Начальная температура воздуха и соответственно станка равнялась 18°C , а после 6 ч работы вблизи роликоподшипников шпинделя с внутренней стороны — в первом случае 38°C , а во втором 32°C . Смещения шпинделя стола относительно оси револьверной головки к концу испытаний соответственно составили: 1) $\Delta_x = 40$ мкм, $\Delta_y = 156$ мкм; 2) $\Delta_x = 16$ мкм, $\Delta_y = 104$ мкм. Одновременно вследствие угловых смещений поперечины и стола (β_1 , β_2 , β_3 и β_4) увеличивались непараллельность и неперпендикулярность перемещения ползуна к плоскости планшайбы.

Смещения оси вращения планшайбы относительно осей отверстий револьверной головки вертикального суппорта из-за тепло-

вых деформаций были зафиксированы и при исследовании фирмой TOSHIBA одностоечных станков серии TSN-A (рис. 15). При асимметричном расположении коробки скоростей относительно оси стола измерявшиеся через каждый час холостого вращения планшайбы линейные деформации (точки t_1, t_2, \dots, t_7 на кривой 1) достигли $\Delta_x = 85$ мкм, $\Delta_y = 140$ мкм. При симметричном расположении механизмов главного привода величины деформаций по оси X, в основном отражающиеся на точности обрабатываемой детали, не превышали 8 мкм (кривая 2). Принятые конструктивные меры и охлаждение масла в смазочной системе на станке мод. TSN-16A позволили снизить деформацию стола (кривая 3).

Как видно из приведенных графиков, температурная деформация узлов станка увеличивается по мере его разогрева и наиболее интенсивно — на первых часах работы, после чего положение их постепенно стабилизируется. Температурные деформации от внутренних источников тепла можно снижать как уменьшением выделяющегося тепла (снижением коэффициента трения в работающих узлах, выносом источника тепловыделения за пределы узла и т. д.), так и уменьшением влияния этого тепла на деформацию узлов (путем рациональных конструктивных решений или же принудительным теплоотводом — охлаждением тепловыделяющих узлов). Некоторые фирмы по заказу потребителя поставляют со станком термостабилизирующее устройство с регулируемым термостатическим радиатором охлаждения, поддерживающим в смазочной системе заданную температуру масла.

Поскольку полностью исключить влияние температурных деформаций невозможно, контрольные проверки точности станков,

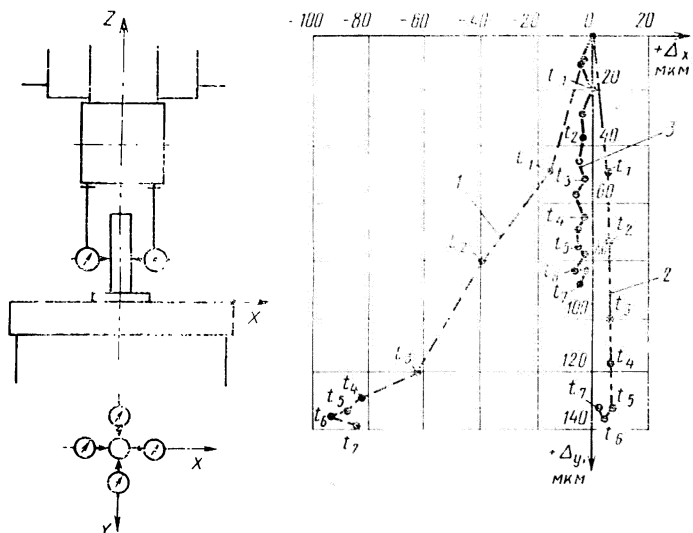


Рис. 15. Графики тепловых деформаций станков фирмы TOSHIBA

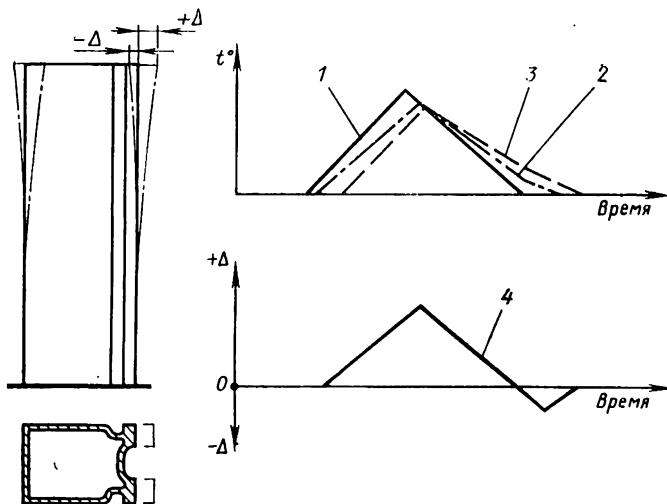


Рис. 16. Тепловые деформации станины, связанные с изменением температуры воздуха в цехе:

1 — изменение температуры окружающего воздуха; 2 — изменение температуры тонких стенок; 3 — изменение температуры направляющих; 4 — тепловые деформации станины

а также обработку деталей повышенной точности, как правило, производят после предварительного прогрева станка вращением планшайбы на холостом ходу — тепловой стабилизации станка. В зависимости от конструктивного исполнения станков процесс стабилизации длится 1,5—3 ч. Некоторые фирмы вводят принудительный электроподогрев масла до его рабочей температуры. Это ускоряет нагрев узлов холодного станка и его теплостабилизацию.

К числу внешних источников тепла, вызывающих деформации, относятся горячая стружка, скапливающаяся на столе или в желобе стружкосборника, вокруг стола и планшайбы, прямые солнечные лучи, падающие на станок, расположенные вблизи станка отопительные устройства, изменение температуры воздуха и т. д. У корпусных деталей станка (станины, поперечины и т. п.) металл расположен по сечению несимметрично: толщина задней и боковых стенок корпуса станины меньше, чем передней стенки и направляющих. Более тонкие стенки, имеющие меньшую тепловую инерцию, быстрее принимают температуру окружающей среды. Это ведет к значительным температурным деформациям, искажающим геометрическую форму станка (рис. 16). Деформации могут быть снижены повышением термической симметрии конструкции путем более равномерного распределения масс металла по сечению или же повышением термической инерции более тонких стенок за счет тепловой защиты — наложения на них теплоизоляционных щитов из тонкой листовой стали с шлаковатным утеплителем, как это выполнено на станках фирмы INNOCENTI.

На точности диаметральных размеров детали при обработке в основном отражается смещение инструмента относительно детали в плоскости поперечины f_x (рис. 17); вертикальное смещение f_z больше отражается на геометрической форме и размерах торцовых поверхностей. Влияние смещения в плоскости, перпендикулярной плоскости поперечины, f_y на точность обработки у карусельного станка незначительно, и практически учитывается только при обработке отверстий небольших диаметров.

На станках с ручным управлением за счет промежуточных измерений в процессе обработки рабочий может при позиционировании режущего инструмента частично компенсировать влияние этих смещений. На станках с автоматическим размерным управлением вмешательство человека практически исключается, поэтому требования к таким станкам повышены. Важнейшими показателями современного автоматизированного станка являются жесткость конструкции, высокая точность позиционирования инструмента и температурная стабильность станка.

С целью унификации предъявляемых к станкам требований по точности и для единообразия ее проверки утверждены национальные стандарты. Так, универсальные токарно-карусельные станки класса точности Н (нормальной точности) должны соответствовать требованиям ГОСТ 44—72 «Станки токарно-карусельные. Нормы

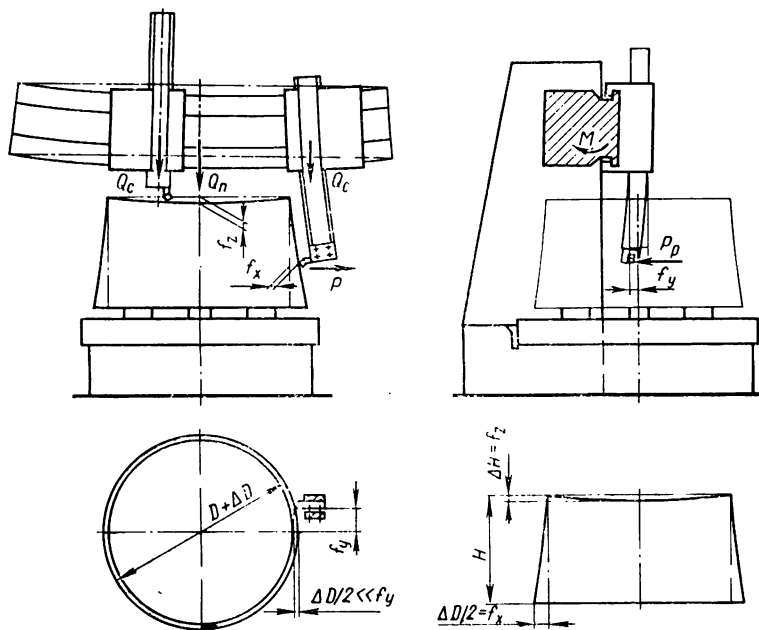


Рис. 17. Влияние деформаций станка на геометрию обрабатываемой детали: Q_c — вес суппорта; Q_n — вес поперечины; P , P_p — составляющие силы резания

точности и жесткости». ГОСТ 8—77 предусматривает изготовление токарно-карусельных станков повышенной (класса П) и высокой (класса В) точности. Допускаемые отклонения при проверке этих станков соответственно для каждого последующего класса ужесточаются по сравнению с предыдущим примерно в 1,6 раза.

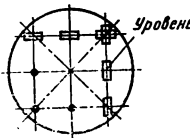
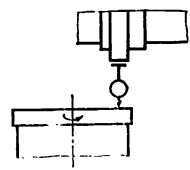
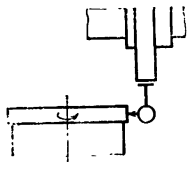
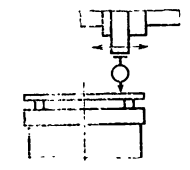
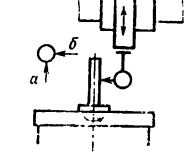
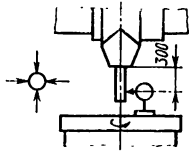
Зарубежные предприятия и фирмы имеют свои стандарты на выпускаемую продукцию. В табл. 7 приведены некоторые допускаемые стандартами отклонения при проверке качества одно-стоечных и двухстоечных станков.

Стандарты предусматривают контрольную проверку как качества изготовления и сборки узлов станка (стола, поперечины и суппортов) измерительными средствами, так и монтажа станка в целом путем обработки контрольных образцов деталей (цилиндра и диска). ГОСТ 44—72 кроме допустимых отклонений по точности изготовления регламентирует и суммарную статическую жесткость конструкции станка. Нормативная жесткость (кН/мм) карусельного станка общего назначения в зависимости от наибольшего размера устанавливаемой детали D мм составляет $j_n = CD^{1/3}$, при этом у правого вертикального суппорта принимается $C = 11,5$, у левого вертикального суппорта $C = 7,5$ и у горизонтального суппорта $C = 1,8$. Величина прилагаемой к суппорту испытательной нагрузки $P = 16,5D^{0,8}$ кН. В приведенных зависимостях величина D принята в миллиметрах. Для станков с ЧПУ нормативная жесткость увеличивается примерно на 50 %.

Точностные параметры специальных станков в соответствии с их назначением оговариваются при согласовании заказа. Для единства метрологических измерений международными стандартами установлена температура, при которой ведутся контрольные проверки, равная 20 °С.

Точность позиционирования режущего инструмента у универсальных станков с ручным управлением в основном зависит от квалификации и навыка работающего на станке, а также от степени совершенства органов управления и контроля перемещения суппортов. Для повышения точности и стабильности размеров обрабатываемых поверхностей современные конструкции станков оснащают устройствами автоматизации размерного управления суппортами, снижающими зависимость точности обработки от квалификации станочника.

Для станков с ЧПУ точность позиционирования рабочих органов — их остановки в заданной координате — принята одним из основных показателей точности. Допуск на позиционирование принят как накопленная ошибка плюс максимальное рассеяние. При этом повторяемость — стабильность — будет равна рассеянию по обе стороны от среднего значения, полученного в результате повторных испытаний в одинаковых условиях. Нормы точности при позиционировании с односторонним подходом, принятые в СССР и странах СЭВ, примерно одинаковы и в зависимости

Качество сборки	Проверяемый параметр	Схема проверки	Типоразмер станков — наибольший диаметр детали, мм	Пределы допускаемых отклонений, мкм
Стол	Плоскостность рабочей поверхности планшайбы		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	30—64 45—100 60—240
	Торцовое биеение рабочей поверхности планшайбы на наибольшем размере		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	15—30 20—50 30—73
	Радiallyное биеение наружной (боковой) поверхности планшайбы		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	16—30 25—50 40—73
Вертикальные суппорты	Параллельность траектории перемещения вертикальных суппортов рабочей поверхности планшайбы		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	20—30 30—40 30—60
	Параллельность вертикального перемещения ползунков вертикальных суппортов оси вращения планшайбы		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	30—45 30—45 30—45
	Совпадение оси центрирующего отверстия револьверной головки с осью вращения планшайбы		$\geq 1600 \leq 2500$	25—30

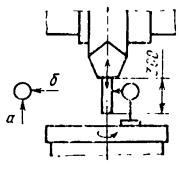
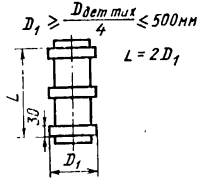
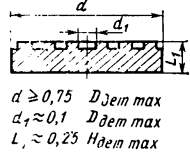
Качество сборки	Проверяемый параметр	Схема проверки	Типоразмер станков — наибольший диаметр детали, мм	Пределы допускаемых отклонений, мкм
	Параллельность оси центрирующего отверстия револьверной головки направлению перемещения ползуна		≤ 4000	а) 20—30 б) 30
Станок	Точность обработки цилиндрической поверхности образца в сечении:		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	а) 11—16 10—25 15—30 б) 10—30 10—50 10—50
	поперечном (а) продольном (б) Плоскостность торцевой поверхности образца		≤ 1600 Св. 2500 до 4000 Св. 4000 до 6300	30—40 30—60 40—80

Таблица 8

Таблица 9

Наибольшая длина рабочего перемещения, мм	Класс точности станка					
	Н			П		
	В	Н	П	В	Н	П
	Накопленное отклонение при линейном позиционировании, мкм					
	по оси Z и W			по оси X и U		
Св. 800 до 1250	65	32	16	40	20	10
Св. 1250 до 2000	80	40	20	50	25	12
Св. 2000 до 3200	100	50	25	65	32	16
Св. 3200 до 5000	125	65	30	80	40	20

Диаметр планшайбы, мм	Класс точности станка					
	Н			П		
	В	Н	П	В	Н	П
	Накопленное отклонение при угловом позиционировании, '					
	на произвольный угол			в фиксированное положение		
Св. 800 до 1250	50	25	12	4	4	3
Св. 1250 до 2000	40	20	10	4	4	3
Св. 2000 до 3200	32	16	8	3	3	2,5
Св. 3200 до 5000	25	12	6	3	3	2,5
Св. 5000 до 8000	20	10	5	3	3	2,5

от класса точности станка согласно РТМ2 Н70—1—78 допускают накопленные отклонения, приведенные в табл. 8 и 9.

Дискретность информации и отклонение по шагу шкалы устройства обратной связи для станков класса точности Н равно 10 мкм, класса П — 5 мкм и класса В — 2 мкм. Разрешающая способность средств проверки для станков классов точности Н и П — 1 мкм, класса В — 0,5 мкм. Допускаемое при угловом позиционировании накопленное отклонение указано для поворота на угол до 360° .

Точность позиционирования не учитывает всех элементов, вызывающих погрешности системы СПИД, особенно при контурной обработке. Поэтому предусматривают также дополнительную проверку станка при обработке типовых образцов деталей, указанных заводскими стандартами изготовителя.

ГЛАВА 2

КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКОВ

При большом разнообразии конструктивных решений узлов одностоечных и двухстоечных токарно-карусельных станков такие узлы, как коробка скоростей, коробка подач, суппорты и некоторые другие, имеют конструктивное подобие или же с целью унификации выполняются у всей серии станков одинаковыми. По мере развития и совершенствования конструкций станков видоизменяются и совершенствуются их узлы. Описание наиболее характерных конструктивных исполнений токарно-карусельных станков выпуска последних лет приведено ниже.

СТАНИНЫ И ПОРТАЛЫ

В состав несущей системы карусельного станка, обеспечивающей в процессе его работы правильное взаимное расположение и перемещение узлов и воспринимающей действие сил резания и веса узлов, входит станина у одностоечных станков или портал — у двухстоечных.

Станина одностоечного станка обычно представляет собой отлитую из серого чугуна марок СЧ—30 или СЧ—40 массивную коробчатую конструкцию равного по всей высоте или сужающегося кверху сечения с развитой системой внутренних (продольных и поперечных) ребер жесткости. Количество и расположение ребер выбирают из условий максимального повышения устойчивости станины на изгиб по осям X и Y , а также на скручивание вокруг оси Z под действием сил резания и веса поперечины с суппортом. Разбивая плоскости стенок внутри станины на отдельные ячейки, ребра способствуют также гашению возникающих при резании вибраций. С этой же целью наиболее нагруженная, передняя стенка станины одностоечного станка имеет толщину до 40 мм и более, в то время как толщина боковых и задних стенок обычно не превышает 20—25 мм. Станины станков ряда фирм имеют двойные стенки, при этом в полостях между стенками оставляют формовочный песок, который, как показала практика, не только способствует гашению возникающих при работе вибраций, но и снижает уровень шума станка.

В последние годы распространение получили сварные стальные станины из листового проката марок Ст3 или Ст4. Переход на сварные конструкции помимо снижения расхода металла за счет

более высокого у стали, чем у чугуна, модуля упругости на изгиб и кручение упрощает также создание различных модификаций станков в зависимости от условий заказа, что особенно важно при выпуске станков малыми партиями; отпадает необходимость изготовления дорогостоящих крупногабаритных моделей и литейной оснастки. Однако применение стальных, сложной формы сварных станин для выпускаемых серийно универсальных станков экономически не всегда оправдано.

На передней поверхности станины расположены направляющие для перемещения и закрепления поперечины и горизонтального суппорта. У станков последних лет выпуска обычно применяются прямоугольные направляющие (рис. 18). При оснащении станка боковым суппортом правая направляющая выполняется по всей высоте станины. С целью повышения износостойкости направляющие станины отливают из легированного хромоникелевого чугуна; при перлитной структуре чугуна они имеют твердость $HB\ 180\text{--}220$. Для повышения точностной долговечности направляющие современных станков подвергают закалке. Твердость рабочих поверхностей чугунных направляющих опор скольжения после высокочастотной или газопламенной закалки лежит в пределах $HB\ 400\text{--}450$. Если направляющие опор качения выполняют в виде привертных стальных закаленных планок, твердость их должна быть не менее $HRC\ 60\text{--}62$. При небольшой высоте обрабатываемых на станке деталей станины выполняют без направляющих. Неподвижная поперечина жестко крепится к платику на передней или верхней поверхности станины.

Станины и их соединения со столом имеют различные исполнения. У станков некоторых фирм (например, Webster—Bennett, Bullard) станина отлита заодно со столом (рис. 19). Такое монолитное исполнение обеспечивает высокую жесткость конструкции, но нетехнологично при серийном производстве станков. У станков отечественного производства и большинства зарубежных фирм станины выполняют отдельными от стола. Это упрощает литье сложных деталей, удешевляет и облегчает их обработку, а также

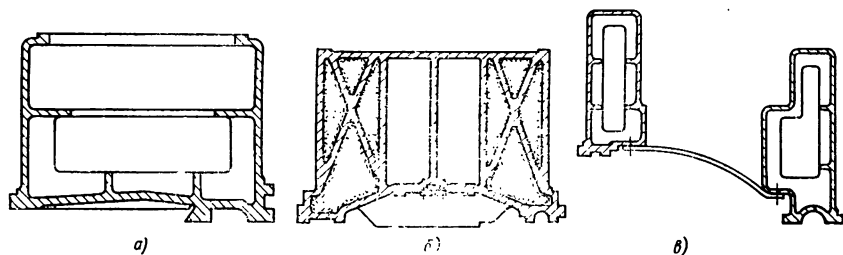


Рис. 18. Поперечное сечение станин одностоечных станков и виды вертикальных направляющих:

a — комбинированные направляющие; *b* — прямоугольные направляющие (внутренние полости станины заполнены песком); *в* — отдельные стойки облегченного станка

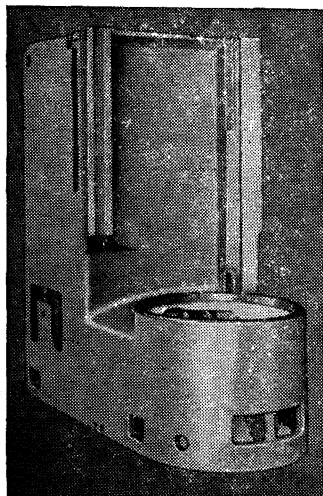


Рис. 19. Монолитная конструкция станины со столом одностоечного станка фирмы Bullard

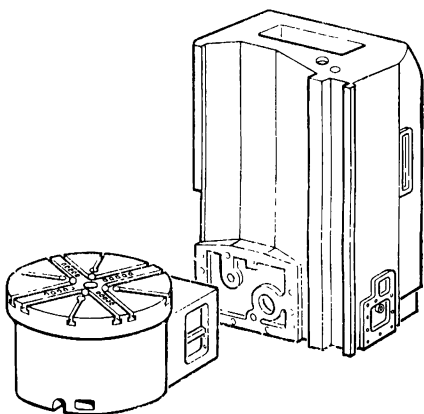
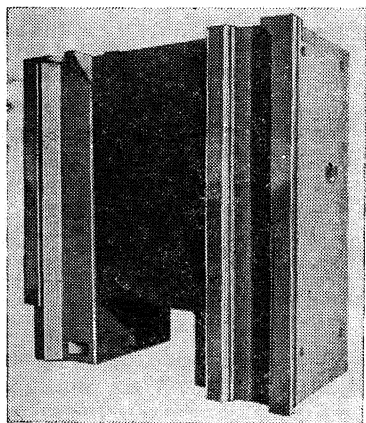


Рис. 20. Станина одностоечного станка с вертикальной стыковой плоскостью для присоединения стола

поузловую сборку. У части станков стол жестко крепят болтами и шпильками к развитому стыковочному платику на нижней передней части станины (рис. 20). Для фиксации положения закрепляемых узлов используют закладные шпонки или конические штифты диаметром 25—30 мм. У других станков станину устанавливают и крепят на верхней стыковочной поверхности развитого в длину жесткого стола. Такое соединение с горизонтальной поверхностью стыка (рис. 21) обеспечивает технологичность обработки корпусных деталей и более высокую жесткость их соединения.



Еще большее повышение динамической жесткости системы стол—станина с горизонтальным стыком, по данным зарубежных фирм, может быть обеспечено применением длинных, во всю высоту стола и станины шпилек соответствующего диаметра и натяжки их при монтаже станка усилием до

Рис. 21. Станина одностоечного станка фирмы ОМ с горизонтальной поверхностью стыка со столом

900—1200 кН, что значительно превышает возникающие при работе станка нагрузки. Повышение жесткости стыка предварительно напряженных таким образом деталей кроме обеспечения стабильности взаимного расположения стола со станиной гарантирует также и безвибрационную работу станка.

Нижняя часть внутренней полости станины у большинства станков с вертикальным стыком стола со станиной служит для размещения коробки скоростей и является масляным резервуаром смазочной системы главного привода и направляющих планшайбы. В связи с тем, что при работе станка температура смазочного масла повышается, особенно у станков с главным приводом на электромагнитных муфтах, такое решение может привести к тепловым деформациям — смещению оси стола. Рационально для снижения тепловых деформаций отводить масло в отдельный бак смазочной системы.

Для крепления коробки скоростей нижняя полость станины с задней стороны имеет окантовывающий нишу установочный платик. У некоторых моделей одностоечных станков с задней стороны станины над нишей для крепления коробки скоростей предусматривается также ниша для размещения панели с электроаппаратурой управления станком. Для защиты от попадания пыли и влаги эта ниша закрывается крышкой с герметизирующим уплотнением. Некоторые станкостроительные фирмы в нише сзади станины размещают электродвигатель главного привода.

На верхней установочной поверхности станины предусмотрены платики для крепления редукторов и электродвигателя механизма перемещения поперечины, а также устройства уравнивания горизонтального суппорта. Груз, уравнивающий суппорт, размещается во внутренней вертикальной полости станины. Если станок имеет механическую связь главного привода с приводом подач, то механизм передачи движения на подачу располагают на установочных платиках правой боковой стенки станины.

У станков малых размеров некоторых японских фирм с целью уменьшения массы станина выполнена из двух сдвинутых относительно друг друга стоек (см. рис. 18, в). Образующаяся между стойками полость закрывается спереди соединительным щитом. Такая конструкция делает станок легким и компактным, но значительно уступает по жесткости станкам с цельными станинами.

Специфичная коробчатая форма сечения с развитым периметром и наличие ребер жесткости станин одностоечных станков с консольной поперечиной обеспечивают высокую жесткость, необходимую при восприятии скручивающих и изгибающих моментов, возникающих при резании. Станины бывают как в чугунном литом, так и в сварном исполнении (рис. 22). Соответственно для повышения жесткости базирования расположены и направляющие перемещения и крепления консольной поперечины. Кроме двух прямоугольных призм на лицевой поверхности станины, под углом 90° к ним,

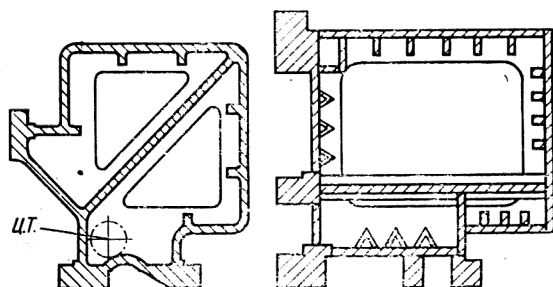


Рис. 22. Формы сечений станин одностоечных станков с консольной поперечиной

на левой стороне станины располагается еще одна опорная плоскость направляющих.

Конструктивные варианты соединения станины и стола станков с консольной поперечиной были показаны на рис. 1, з—к. У станков небольших типоразмеров стол жестко соединяется стыковочным пластиком со станиной. У станков больших типоразмеров взаимное положение станины и стола при подготовке станка к работе может изменяться, что позволяет выбирать оптимальные режимы при обработке деталей с различными диаметральными размерами. Измененные расстояния от станины до центра стола у станков средних размеров с диаметром обрабатываемой поверхности до 3—4 м обычно осуществляется смещением стола по направляющим основания, которое соединено с неподвижной станиной. У станков больших типоразмеров подвижной частью выполняется станина. Автономный привод осуществляет установочное перемещение станины или стола по плоским направляющим основания. Для облегчения перемещения в карманы направляющих перемещаемого узла подается под давлением масло. По окончании перемещения стол или станина жестко прижимается к основанию лапами механических прихватов (рис. 23) или пружинно-гидравлическими прижимами.

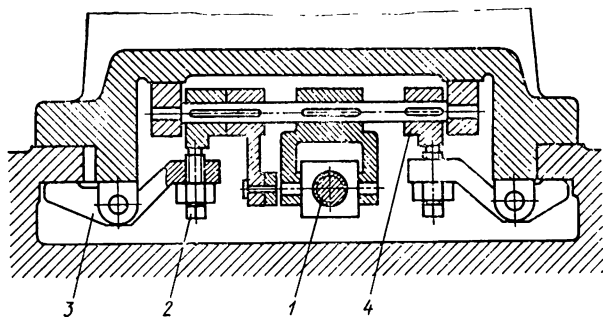


Рис. 23. Рычажно-винтовой механизм крепления перемещаемой станины к основанию одностоечного станка с консольной поперечиной:

1 — винтовая передача механизма зажима; 2 — регулировочные винты; 3 — лапы прихватов; 4 — эксцентриковые кулачки

Для облегчения совмещения оси отверстия ползуна с осью стола при выверке точности станка станина в центре тяжести системы станина—поперечина—суппорт обычно имеет ось с опорным подшипником, вокруг которой она может быть развернута относительно основания. Для облегчения смещения в полость гидроцилиндра опоры станины подается под давлением масло. Существуют конструкции и с отдельной установкой стола и станины. В этом случае каждый из этих узлов жестко крепится к мощному фундаменту, воспринимающему все действующие силы.

При перемещении суппорта по горизонтальным направляющим консольной поперечины станина станка испытывает значительные изгибающие нагрузки и, несмотря на высокую жесткость, может изгибаться на величину, превышающую допустимые отклонения геометрической формы обрабатываемой детали. Величина прогиба возрастает с увеличением высоты расположения поперечины. С целью компенсации провисания поперечины и прогибов станины от веса перемещающегося суппорта некоторые фирмы, в частности DÖRRIES, TOSHIBA, INNOCENTI, используют уравнивающую нагрузку, прикладываемую с внешней (правой) стороны станины. Нагрузка создается тягой или системой тросов и нагрузочным устройством (см. рис. 82, в) с гидроприводом. Величина компенсирующей нагрузки переменная и является функцией положений суппорта и поперечины, т.е. изгибающей нагрузки. задается эта величина вычислительным устройством ЧПУ на основе анализа данных датчиков обратной связи, отсчитывающих перемещения суппорта и поперечины.

Портал двухстоечного станка образуется двумя стойками, скрепленными своей нижней частью с боковыми платиками основания стола; верхние части стоек соединены между собой распоркой. У станков для обработки деталей увеличенной высоты с целью повышения динамической жесткости портала между стойками устанавливается связывающая их в середине высоты дополнительная перекладина. На передней стороне стоек (рис. 24) расположены прямоугольные призматические направляющие для перемещения и закрепления поперечины. Как правило, направляющие у правой стойки выполняются более широкими, чем у левой. Это диктуется большими нагрузками на правую стойку, так как при обычном резании планшайба с обрабатываемой деталью, если смотреть на станок сверху, вращается против часовой стрелки. Под действием сил резания поперечина прижимается больше к направляющим правой стойки, чем к направляющим левой. Кроме того, базирование поперечины в продольном направлении обычно осуществляют по направляющим правой стойки. При установке на станке горизонтального суппорта его также размещают на правой стойке, направляющие которой в этом случае выполняют по всей ее высоте. Таким образом, правая стойка при работе станка воспринимает основные нагрузки.

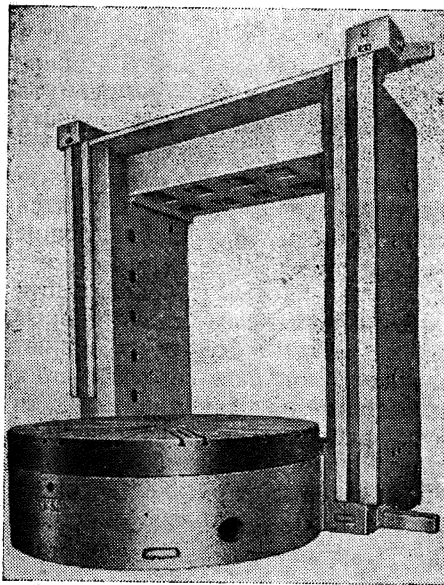


Рис. 24. Портал двухстоечного станка

Большое влияние на жесткость портала оказывает качество соединения стоек с основанием стола, поэтому его выполнению уделяется особое внимание. Общая металлоемкость портала и поперечины достигает 40—50 % всей массы станка, однако сделать их абсолютно жесткими не удастся. Как показывают исследования, из общего баланса смещений системы СПИД на долю смещения системы портал — поперечина у станков разных исполнений приходится 30—80 % полного перемещения

резца относительно детали. При этом большие значения податливости получаются в плоскости портала и меньшие — в перпендикулярной ей плоскости.

Под действием веса поперечины с расположенными на ней узлами, особенно у крупных и уникальных станков, стойки портала деформируются, отклоняясь вперед. Для частичной компенсации этих деформаций при изготовлении станков принимают соответствующие технологические меры: у станков малых типоразмеров при монтаже портал «заваливают» назад (верх стоек смещают от вертикали) на 0,08—0,10 мм, у крупных станков эта завалка достигает 2 мм и более. После монтажа на портал поперечины с суппортами, стойки, прогибаясь, занимают нормальное положение. Некоторые заводы завалку верхней направляющей стойки выполняют шабренным плоскостей направляющих. Величину завалки направляющих для каждой конкретной модели станка уточняют опытным путем.

При работе станка под влиянием сил резания портал упруго изгибается в плоскости ZOX и закручивается вокруг оси Z . Для повышения жесткости и виброустойчивости портала двухстоечного станка наиболее рациональна прямоугольная форма сечения стоек с соотношением ширины к длине 1 : 4 или 1 : 3, а по данным фирмы BERTHIEZ для станков больших размеров — даже 1 : 1. С целью снижения массы станков многие фирмы уменьшают сечение стоек в верхней части по длине. Увеличение высоты стыковочных платиков распорки, стола и стоек способствует повышению динамической жесткости портала.

У уникальных двухстоечных станков с расстоянием между стойками 10 м и более портал выполняется подвижным, что позволяет увеличить размеры обрабатываемой детали примерно на 25 % по сравнению с наибольшим номинальным диаметром. У таких станков стойки с поперечиной и суппортами имеют возможность специальным механизмом синхронно смещаться назад по плоским направляющим основания портала (рис. 25). Основание портала представляет собой две укрепленные на фундаменте мощные коробчатые балки с плоскими направляющими на верхней плоскости. Для повышения жесткости несущей системы балки соединяются с корпусом основания стола. Синхронное перемещение стоек осуществляется винтовыми передачами, приводимыми в движение от общего приводного электродвигателя. Для облегчения перемещения стоек нижние опорные поверхности их подошвы обычно снабжаются антифрикционными накладками с масляными карманами, куда подается под давлением смазочный материал. По окончании перемещения стойки жестко соединяются с основаниями.

Для выверки правильного положения станин и стоек неподвижных порталов на фундаменте применяют клиновые домкраты или, как их называют, регулируемые башмаки. Для повышения жесткости и виброустойчивости стыка подошва станины — башмак

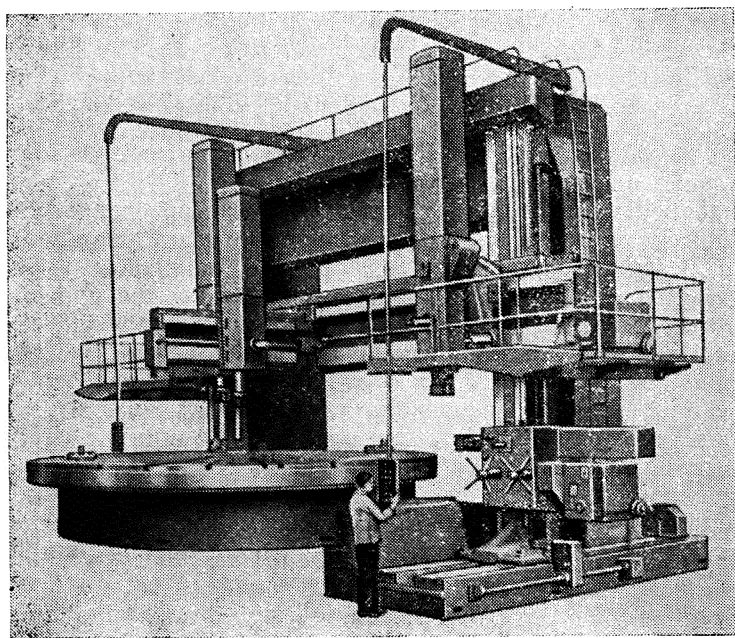


Рис. 25. Двухстоечный карусельный станок с перемещающимся порталом

опорная поверхность станины или стойки должна быть обработана достаточно точно и иметь шероховатость не грубее $Ra = 1,25 \div \div 2,5$ мкм. Размеры и форма опорной поверхности должны соответствовать массе смонтированных на станке узлов, с тем чтобы давление на фундамент после подливки не превышало 0,8—1,0 МПа. Толщину плиты опорной поверхности принимают не менее 50—60 мм. Для повышения жесткости стыка станины и стоек с фундаментом в опорной плите предусматривают отверстия под фундаментные болты.

СТОЛЫ И ПЛАНШАЙБЫ

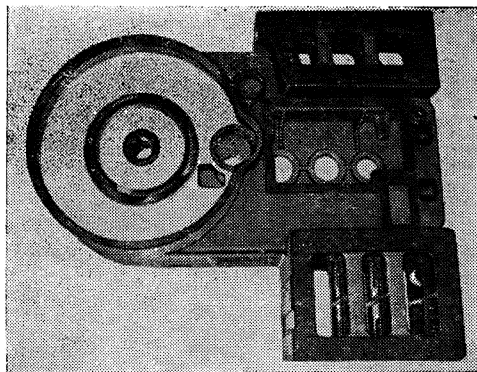
Точность геометрической формы обрабатываемой детали (некруглость цилиндрических и неплоскостность торцовых поверхностей, их шероховатость), скоростные характеристики, потери на трение, долговечность и надежность работы станка определяются его конструктивным исполнением, точностью, жесткостью и качеством изготовления стола карусельного станка, и в первую очередь радиальной и осевой опор планшайбы. На планшайбе устанавливается и крепится обрабатываемая деталь, планшайба передает ей вращательное движение и сохраняет неизменным положение оси вращения детали относительно траектории перемещения инструмента. Планшайба и основание стола воспринимают все возникающие при обработке нагрузки: вес детали и силы ее зажима крепежным устройством, реакцию на силы резания, крутящий момент привода вращения планшайбы, инерционные моменты неуравновешенных вращающихся масс и т. д. Назначение и условия работы определяют конструктивную форму корпусных деталей основания стола и планшайбы, которые выполняются в виде жестких коробчатых конструкций с развитой системой радиальных и кольцевых ребер жесткости.

Планшайба представляет собой полый ребренный диск, имеющий на верхней плоскости станочные пазы для крепления детали. Расположение ребер в корпусе планшайбы выбирают исходя из требования обеспечения минимальных ее прогибов от веса обрабатываемой детали и сил ее зажима в кулачках. У станков малых и средних типоразмеров планшайбу часто выполняют разъемной по высоте, т. е. на подшипниковых опорах основания стола базируется диск основания планшайбы (см. рис. 31), к которому жестко крепится собственно планшайба с приспособлениями для зажима детали. Такая конструкция создает удобства для регулировки и контроля подшипниковых опор и зубчатой пары привода вращения планшайбы, а также позволяет производить замену планшайб без нарушения регулировки подшипниковых опор.

Планшайбы обычно выполняют литыми из серого чугуна и, реже, — стальными. Планшайбы крупногабаритных и уникальных станков фирмы INNOCENTI выполнены в виде сваренных из стальных листов барабанов с решеткой из кольцевых и радиальных

Рис. 26. Корпус стола карусельного станка фирмы ОМ

ребер. Диаметральное сечение такого барабана напоминает конструкцию жесткой фермы. Высота планшайбы для повышения ее жесткости у станков последних лет выпуска составляет 30—40 %, а у станков больших типоразмеров — до 50 % общей высоты стола.



Основным назначением корпусной детали стола, определяющим его форму, является жесткая увязка опор планшайбы со станиной у одностоечных станков и стойками портала у двухстоечных. Основания столов обычно изготавливают из серого чугуна, а у станков, выпускаемых единично, иногда делают сварными. При серийном изготовлении станков сварное исполнение основания стола по трудоемкости не может конкурировать с литым исполнением.

Большое внимание уделяется обеспечению высокой жесткости стыка стола со станиной, для чего на корпусе стола предусматривают специальные пластики с развитым периметром, достаточное количество соединительных болтов и шпилек, чтобы создать на месте соединения необходимое предварительное натяжение, исключая раскрытие стыка при резании. Для повышения жесткости все чаще стыковку стола со станиной осуществляют не по вертикальной, а по горизонтальной плоскости. Такое исполнение (рис. 26) за счет увеличения периметра стыка повышает гарантию безвибрационной работы станка и с меньшими затратами трудоемкости на подгонку позволяет обеспечить высокую точность обрабатываемой детали. Для присоединения стоек портала основание стола двухстоечного станка имеет два развитых симметричных боковых пластика с левой и правой сторон.

Передняя лицевая стенка корпуса стола имеет обычно форму полукруга радиусом несколько меньшим, чем радиус планшайбы. Такая форма, обладая конструкционной жесткостью, способствует хорошему сбросу со стола нагретой в процессе резания стружки. В верхней передней части корпуса стола размещается диафрагма, являющаяся торцовой и радиальной опорой планшайбы. На верхней плоскости диафрагмы расположены круговые направляющие торцовой опоры планшайбы, а в центре ее, в цилиндрическом приливе, — отверстие для установки подшипников шпинделя или неподвижной цапфы радиальной опоры планшайбы. Над диафрагмой образуется масляная камера для размещения опор и шестеренной передачи привода вращения планшайбы. Сверху по контуру

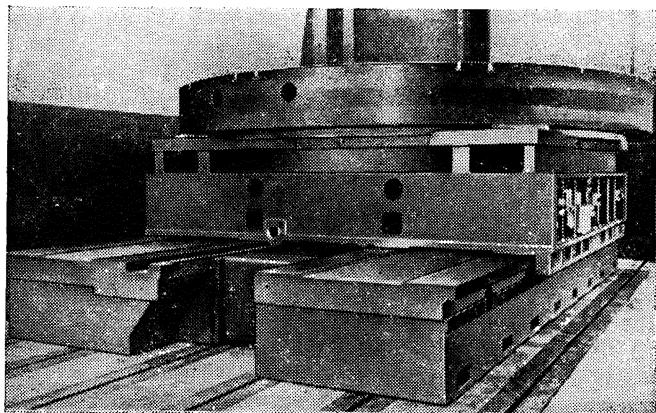


Рис. 27. Основание перемещаемого стола одностоечного станка с консольной поперечиной фирмы DÖRRIES

стенки камеры делаются кольцевые канавки лабиринта, в которые входят соответствующие выступы планшайбы, что препятствует выбросу масла из камеры, а также защищает камеры от попадания стружки и пыли и охлаждающей жидкости. У станков перестраиваемой компоновки столы могут иметь и другую форму.

У станков одностоечной компоновки с консольной поперечиной для обеспечения обработки детали большего диаметра можно изменять взаимное расположение стола и станины или же устанавливать и крепить их на фундаменте на нужном расстоянии раздельно. На рис. 27 показан перемещающийся стол станка серии SDE фирмы DÖRRIES. Стол с планшайбой и механизмом главного привода установлен на платику направляющих соединенного со станиной основания, которое имеет коробчатую форму с ребрами жесткости и закрепляется на фундаменте четырьмя рядами анкерных болтов. Четыре прямоугольные призмы направляющих скольжения на верхней поверхности основания воспринимают вес стола с деталью и обеспечивают фиксацию точного положения стола при его перемещении параллельно направляющим поперечины. При обработке детали основание воспринимает также и силы резания. Для предотвращения самопроизвольного смещения по основанию и опрокидывания стола предусмотрены четыре ряда специальных прихватов, автоматический прижимающих стол к основанию после окончания его перестановки. Обычно прижим осуществляется пакетами мощных тарельчатых пружин, а разжим перед перемещением — гидроцилиндрами.

Для перемещения стола на торцевой поверхности основания между внутренними платиками направляющих устанавливается редуктор с винтовым механизмом, вращение которого заблокировано с включением гидравлического механизма освобождения

прижимов (рис. 28). У станков с большой длиной пути перемещений стола вместо винтовой применяют реечную или червячную передачу с устройством для выборки люфтов. У ряда моделей современных станков в качестве привода используется регулируемый электродвигатель постоянного тока, что позволяет при использовании точной шариковой винтовой передачи и кругового датчика отсчета угла поворота винта осуществлять позиционирование перемещения стола. Для уменьшения сил перемещения и повышения точности позиционирования стола обычно применяют гидроразгрузку (масло под давлением подается в карманы на планках нижних опорных направляющих стола) или же обычные гидростатические направляющие.

Фирма BERTHIEZ для обеспечения высокой точности позиционирования крупногабаритных перемещающихся столов одностоечных станков серии ТМ применяет аэростатические направляющие, аналогичные гидростатическим, но с воздушной средой, разделяющей рабочие поверхности. В стык между рабочими поверхностями направляющих воздух подается через расположенные на опорной плоскости стола отверстия диаметром 0,25—0,3 мм. Давление воздуха 0,3—0,35 МПа, что соответствует давлению в цеховой воздушной сети. Перед подачей в систему направляющих воздух должен быть тщательно очищен от примесей и обезвожен. Площадь рабочей поверхности направляющих выбирают исходя из соответствия подъемной силы воздушного слоя суммарной нагрузке на направляющие. Движущийся узел при подаче воздуха приподнимается на 0,01—0,03 мм. Чем меньше зазор между рабочими поверхностями, тем жестче стык и меньше расход воздуха. Однако с уменьшением зазора возрастают требования к геометрической точности рабочих поверхностей. Их шероховатость не должна быть более $Ra = 0,16 \div 0,32$ мкм, а неплоскостность не должна превышать 0,3—0,5 величины зазора.

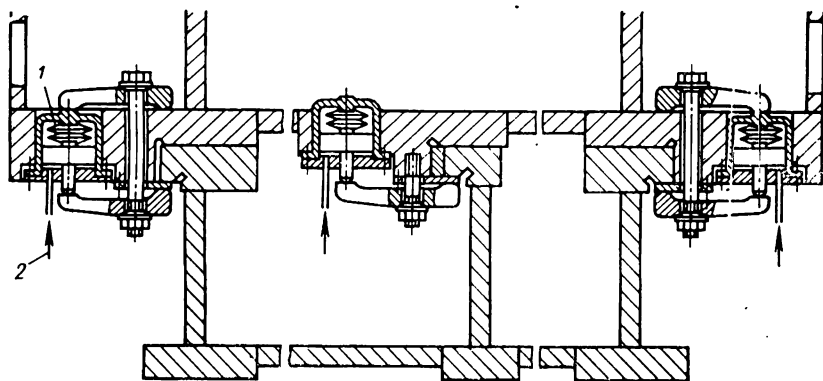


Рис. 28. Пружинно-гидравлические механизмы крепления подвижного стола:

1 — тарельчатая пружина зажима; 2 — подвод масла для разжима рычагов

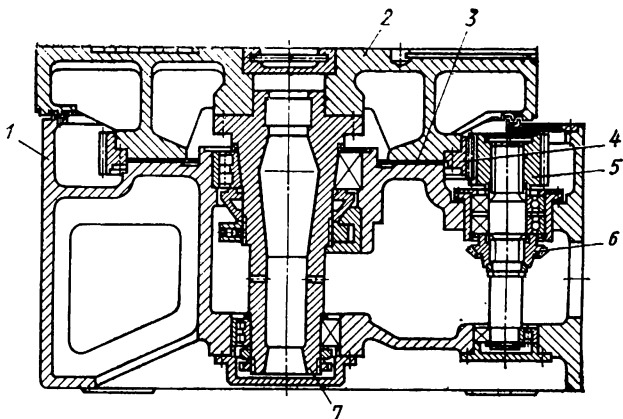


Рис. 29. Схема стола с плоскими круговыми направляющими:

1 — корпус основания стола; 2 — планшайба; 3 — плоские круговые направляющие с антифрикционными накладками; 4 — венцовое колесо; 5 — ведущая шестерня; 6 — приводная коническая шестерня стола; 7 — шпиндель

К преимуществам аэростатических направляющих по сравнению с гидростатическими можно отнести отсутствие необходимости сбора утечек масла; простоту закрепления подвижного узла путем сброса давления воздуха и использования силы сухого трения; плавность перемещения и незначительное трение как при малых, так и при высоких скоростях; надежность защиты направляющих от загрязнения отходами обработки путем сдувания их с рабочей поверхности перед движущимся узлом выходящим из зазора воздухом. Наряду с этим аэростатическим направляющим присущи и существенные недостатки: технологическая сложность получения требуемой геометрической точности рабочих поверхностей; большие площади рабочих поверхностей направляющих вследствие невысоких давлений в цеховых воздушных сетях для обеспечения достаточной несущей способности; возможность повреждения рабочих поверхностей при падении давления в сети, что вызывает необходимость нанесения специальных антизадирных покрытий и применения надежных блокировок. Вследствие изложенных факторов применение аэростатических направляющих оправдано только у высокоточных станков для осуществления движений позиционирования и рабочих перемещений узлов.

У токарно-карусельных станков наибольшее распространение получил привод планшайбы, осуществляемый через косозубые цилиндрические шестерни (рис. 29). Для плавности и бесшумности работы зацепления, а также чистоты обработки изделия большое значение имеют качество изготовления венцовой пары, точность ее монтажа и выбор величины зазора в зацеплении. Венцовую шестерню крепят непосредственно к планшайбе или же базирующуюся на подшипниках опоры промежуточному диску основания

планшайбы. Ведущую венец-шестерню устанавливают на вертикальном приводном валу стола, движение которому от коробки скоростей обычно передается коническими шестернями с криволинейным зубом. С целью ликвидации этой конической пары у многих современных станков коробки скоростей с горизонтальными валами заменены коробками с вертикальным расположением валов. В этом случае с венцом зацепляется выходная шестерня последнего вала коробки скоростей. При такой компоновке коробку или размещают в нише стола сверху, как у станков серии TFM фирмы BERTHIEZ (рис. 30), или же крепят на задней поверхности корпуса стола.

У карусельных станков ряда американских фирм привод планшайбы осуществляется коническими шестернями с криволинейным зубом, при этом конический венец крепится непосредственно к планшайбе. Такое решение имеет существенный недостаток: при выходе из строя крупногабаритной конической шестерни для ее изготовления требуется специальное оборудование. Кроме того, усложняется регулировка по мере износа конического зацепления. По этим причинам привод планшайбы с коническими шестернями не нашел широкого применения.

За последние годы произошли большие изменения в конструкциях опор планшайб. Широко применявшиеся ранее в качестве вертикальной опоры планшайбы V-образные круговые направляющие в настоящее время используются очень редко. Из-за переменной (зависящей от частоты вращения) величины всплывания планшайбы, больших потерь на трение и нагревание при высоких скоростях скольжения, а также низкой несущей способности при малых скоростях сокращается применение и плоских круговых направляющих смешанного трения с гидродинамической смазкой. Нестабильное всплывание планшайбы нарушает увязку вертикальных размеров при обработке деталей, что исключает использование таких направляющих на станках с ЧПУ.

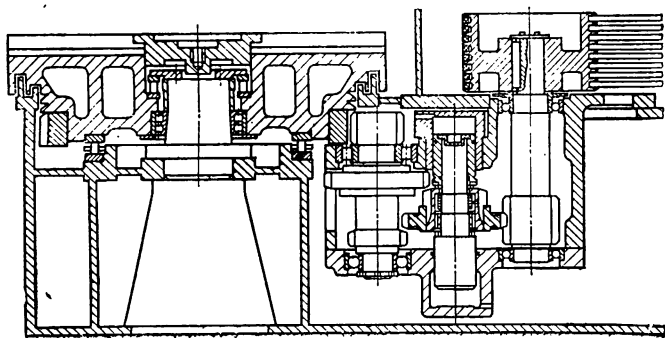


Рис. 30. Схема стола на подшипниках качения с центрированием планшайбы подшипником с коническим внутренним отверстием и коробкой скоростей с вертикальным расположением валов

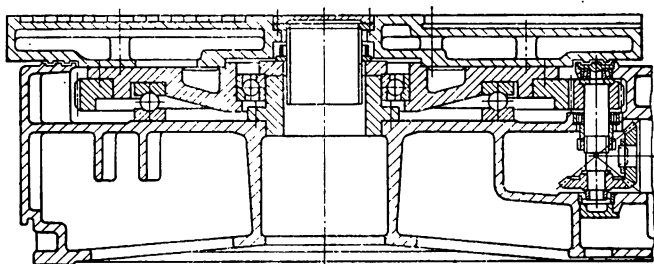


Рис. 31. Схема стола на подшипниках качения с центрированием и прижимом планшайбы одним радиально-упорным шарикоподшипником

Наибольшее распространение получили опоры планшайбы различного конструктивного исполнения на подшипниках качения у станков для обработки деталей диаметром до 2—2,5 м, а иногда и более и с круговыми гидростатическими направляющими у крупногабаритных и уникальных станков. Средний диаметр опоры — плоской направляющей или подшипника — принимают примерно равным 0,5—0,55 наибольшего диаметра обработки. Основными преимуществами опор качения планшайб токарно-карусельных станков являются их высокая точность, надежность и долговечность, высокий КПД и минимальное выделение тепла, а также снижение трудоемкости изготовления станка. Считавшийся ранее обязательным для повышения виброустойчивости планшайбы длинный двухопорный шпиндель резко укорочен или же заменен жесткой цапфой (рис. 31).

В качестве воспринимающей вертикальную нагрузку опоры применяют высокоточные крупногабаритные шариковые или роликовые подшипники. Восприятие радиальной нагрузки и центрирование планшайбы обеспечивается установленным на цапфе роликоподшипником с выборкой зазора путем предварительного натяга его по внутреннему конусному отверстию, или радиально-упорным подшипником. Для повышения жесткости и виброустойчивости опоры планшайбы при обработке высоких деталей на цапфе предусматривается второй верхний упорный подшипник, через который создается предварительное натяжение главного упорного подшипника. В других случаях центрирование с одновременной предварительной нагрузкой воспринимающего вертикальные силы упорного подшипника осуществляется установленным на цапфе радиально-упорным шариковым или коническим роликовым подшипником. По данным фирм, подшипниковые опоры планшайбы такой конструкции работают без регулировки не менее трех лет с сохранением точности вращения планшайбы по радиальному и торцовому биению до 0,005 мм у станков с планшайбой диаметром до 3000 мм.

Еще одной разновидностью опор качения планшайб, получившей распространение в последние годы, являются крупногабарит-

ные прецизионные перекрестно-роликовые подшипники, обеспечивающие восприятие радиальных и осевых нагрузок на планшайбу, а также высокую точность и жесткость опоры. На рис. 32 приведена схема стола карусельного станка на подшипниках качения различных типов. На левой половине схемы показана планшайба со шпинделем на обычных конических роликоподшипниках, на правой половине — бесшпиндельная опора планшайбы с перекрестно-роликовым подшипником. Эти подшипники выпускают с разрезным кольцом: наружным 2 (рис. 32, а) или внутренним 1 (рис. 32, б). Конические ролики 3 устанавливаются перекрестно так, что их торцы со стороны меньшего диаметра через один направлены в разные стороны. Ролики разделены пластмассовыми дисками-проставками 4.

Таким образом, перекрестно-роликовый подшипник является своеобразным соединением двух конических роликоподшипников и способен в равной мере воспринимать радиальные и осевые нагрузки как в одну, так и в другую сторону. Разрезное кольцо служит для выборки зазоров и предварительной натяжки подшипника. Натяжение подшипника осуществляется кольцевым фланцем.

Применение подшипниковых опор на станках больших типоразмеров ограничено технологической сложностью изготовления высокоточных крупногабаритных подшипников. При недостаточной точности деталей опоры и подшипника снижается не только точность станка, но и его виброустойчивость. При больших нагрузках планшайбы на подшипниковых опорах более склонны к вибрациям, чем при направляющих скольжения.

Круговые направляющие с гидростатической смазкой, или, как их называют, гидростатические направляющие, снижают по ери на трение в широком диапазоне скоростей и повышают точность вращения станка, а также обладают высокой жесткостью и демпфирующей способностью [3]. Это объясняется тем, что в гидростатических направляющих во всем диапазоне частот вращения и нагрузок стабильно обеспечивается режим жидкостного трения. Существует много конструктивных разновидностей гидростатических направляющих, из которых в качестве опор планшайбы

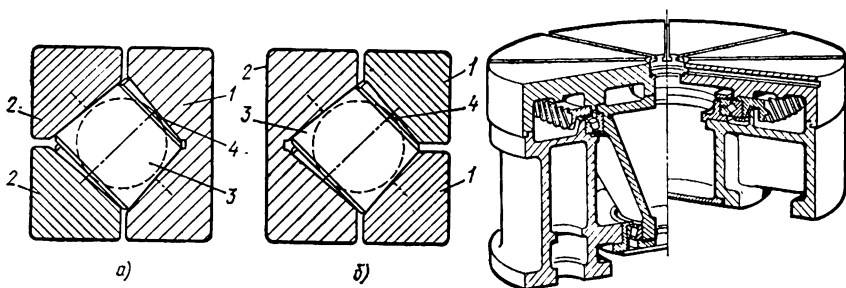


Рис. 32. Схемы подшипниковых опор планшайбы

токарно-карусельных станков используют две основные схемы: схема насос—карман с постоянным расходом масла через каждую опору (расход масла не зависит от нагрузки на опору) и схема с постоянным давлением масла на входе и дросселями, регулируемые для каждой опоры в зависимости от нагрузки на нее (расход масла пропорционален нагрузке).

Схема насос—карман отличается высокой жесткостью, простотой конструкции и надежностью, не нуждается в регулировке. Применяется она для тяжелых и уникальных станков, у которых благодаря большой массе планшайбы и обрабатываемой детали нагрузка на опоры от силы резания меняется незначительно. По этой схеме построены гидростатические направляющие токарно-карусельных станков мод. КУ-322 и новой гаммы станков серии А с диаметром обрабатываемой поверхности 4—8 м Коломенского ЗТС, станки с диаметром обрабатываемой поверхности 4—10 м фирмы SCHIESS—FRORIER и других фирм.

У станков с меньшими диаметрами обрабатываемой поверхности (2—4 м), где масса планшайбы меньше массы обрабатываемой детали, а величина создающей опрокидывающий момент силы резания сопоставима с весом планшайбы, достаточная осевая и угловая жесткость масляного слоя может быть обеспечена при схеме с регулируемым расходом масла (в зависимости от нагрузки на опору). По этой схеме выполнены гидростатические направляющие отечественных двухстоечных станков мод. 1А525 и 1А532Л, двухстоечных карусельных станков мод. К25В, К40В и К50В с наибольшим диаметром обрабатываемой поверхности 2,5—5 м завода СКД, двухстоечных станков фирмы FARREL и др.

ЭНИМСом разработана для отечественных станков система гидростатических круговых направляющих с многопоточным регулятором, осуществляющим связанное регулирование расхода масла с постоянным расходом на входе. Такая система обеспечивает важное для точной работы станка сочетание высоких угловой жесткости масляного слоя и его несущей способности. В отличие от систем, построенных по схеме насос—карман, здесь без опасности ухудшения динамической жесткости направляющих можно применять гидроаккумуляторы, что повышает эксплуатационную надежность станка.

Основным управляющим элементом смазочной системы круговых направляющих является многопоточный регулятор типа ЛОН 141, распределяющий постоянный поток масла от насоса по карманам круговых направляющих стола в зависимости от изменения нагрузки по секторам направляющих (рис. 33). При равномерной (центральной) нагрузке G на планшайбу масло по карманам распределяется также равномерно. При возникновении опрокидывающего момента M потоки масла по карманам автоматически перераспределяются.

Регулятор имеет замкнутую камеру 1, в которую подается насосом масло. В корпусе регулятора запрессована грибовидная

заслонка 2, состоящая из шести лопастей, сидящих на упругой ножке. Плоские поверхности лопастей перекрывают сопла 3, отводящие масло из каналов, соединенных трубопроводами с карманами круговых направляющих. В исходном положении заслонки между лопастями и торцами сопел установлен первоначальный зазор h_0 , через который поступающее от насоса масло подается в несущие карманы направляющих и, равномерно поднимая планшайбу, образует в направляющих круговой зазор H_0 . При этом в системе устанавливается постоянное давление P . При возникновении опрокидывающей нагрузки M планшайба стремится наклониться на угол β , изменяя зазоры в направляющих до величин H_1 и H_2 . Благодаря дросселирующему эффекту масла, вытекающего из карманов через зазоры H_1 и H_2 , изменяются давления P_1 и P_2 в соответствующих каналах и соплах регулятора. За счет упругой деформации ножки грибовидной заслонки ее лопасти отклоняются на угол γ и изменяют зазоры h_1 и h_2 . Дросселирующее сопротивление зазоров в соплах регулятора, соединенных с наиболее нагруженными карманами, снижается, а с менее нагруженными — возрастает, изменяя соответственно и расход масла, что приводит к выравниванию зазоров в несущих опорах направляющих и восстанавливает первоначальное положение планшайбы.

В случае вращения планшайбы с эксцентрично расположенной заготовкой точка приложения наибольшего давления в несущих карманах вращается, а заслонка регулятора совершает сложное пространственное движение, повторяющее траекторию движения планшайбы, но со сдвигом по фазе на 180° . Получается следящая система с обратной связью по давлению, обеспечивающая высокую угловую жесткость направляющих.

Опрокидывающий момент, воспринимаемый наиболее нагруженной парой опор,

$$M_{\max} = (P_1 - P_2) F C_F R,$$

где P_1 , P_2 — давление в несущих карманах соответственно нагруженной и разгруженной опор направляющих; F — площадь одной опоры направляющих; C_F — коэффициент несущей поверхности опоры:

$$C_F = \frac{2LB + lB + 2lb + Lb}{6LB};$$

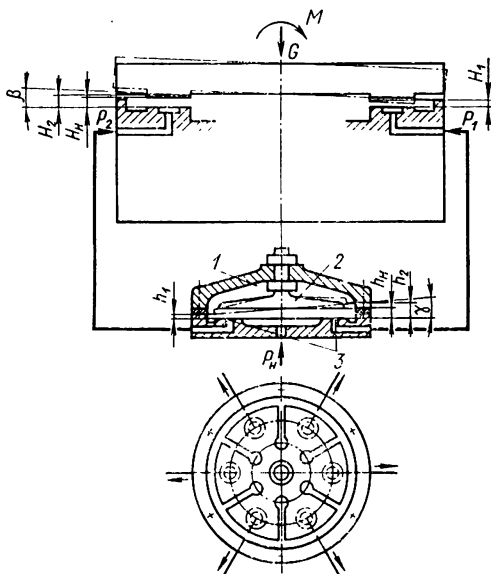


Рис. 33. Принципиальная схема действия регулятора ЛОН 141

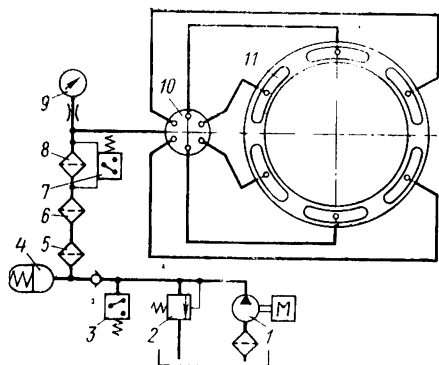


Рис. 34. Схема гидростатической смазки направляющих планшайбы с разделянопоточным регулированием у станков мод. 1А525ФМЗ

R — радиус расщепления центра кармана относительно оси планшайбы; L — длина опоры по средней линии; l — длина кармана; B — ширина опоры (выбирается исходя из минимальной удельной нагрузки на направляющих не менее

0,2 МПа); b — ширина карманов [обычно составляет (0,33—0,5) B].

На базе исследований ЭНИМСа [5] разработаны типовые рекомендации для применения многопоточных регуляторов ЛОН 141 с круговыми направляющими планшайб и выполнены гидростатические направляющие для отечественных двухстечных токарно-карусельных станков мод. 1А525 и 1А532Л (рис. 34).

Очищенное от случайных крупных примесей масло подается насосом 1 в карманы 11 круговых направляющих стола с дополнительной тонкой очисткой в пластинчатом 5 и сѣтчатом 6 фильтрах, а также тонкой фильтрацией в бумажном фильтре 8. Переливной клапан 2 служит для регулирования и настройки рабочего давления в смазочной системе $P_n = 0,5$ МПа; для визуального контроля давления в системе служит манометр 9. Надежность работы системы обеспечивается дифференциальным реле давления 7, дающим сигнал о засорении фильтра 8, и реле давления 3, отключающим вращение стола при внезапном падении давления масла в системе. Безаварийная посадка планшайбы на направляющие стола при торможении до полной остановки в случае прекращения подачи масла в систему от насоса обеспечивается масляным аккумулятором 4. Распределение потоков масла по карманам стола выполняет многопоточный регулятор 10 типа ЛОН 141. Монтажный зазор в регуляторе 0,1—0,2 мм, рабочий зазор в направляющих 40—70 мкм. Расход масла в зависимости от размеров станка 3—8 л/мин. Осевая жесткость опоры планшайбы — до 10 кН/мкм.

По-инному конструктивно решены круговые гидростатические направляющие столов одностечных карусельных станков с консольной поперечиной серии SE с диаметрами обработки от 5 м и выше фирмы ОМ. Центрирование планшайбы и восприятие радиальных нагрузок при резании осуществляются жестким шпинделем, вращающимся в прецизионном однорядном роликоподшипнике с коническим внутренним отверстием для выборки зазора. На нижней шейке шпинделя посажен упорный роликоподшипник, препятствующий всплыванию планшайбы при вращении и создающий предварительный натяг в направляющих. Восприятие осевой

нагрузки и опрокидывающего момента при резании осуществляется двумя кольцевыми гидростатическими направляющими с устройством компенсации неравномерного всплывания планшайбы — перекоса (рис. 35).

Кольцевые направляющие разбиты на три сектора с углом 120° . В каждом секторе прорезаны по два ряда замкнутых круговых пазов протяженностью несколько менее $\frac{1}{12}$ окружности. Пазы прорезаны в закрепленных винтами на поверхности стола бронзовых накладках и в пределах сектора с углом 120° соединены между собой подводщими масло трубками, образуя три группы карманов. Второе кольцо направляющих расположено в центре планшайбы вокруг шпинделя, имеет трехсекторную систему смазочных карманов, питаемых от общего насоса и развернутых на 60° относительно наружного кольца. Рядом с внутренним и наружным кольцами направляющих равномерно по окружности размещены электронные датчики контроля изменения зазора в направляющих $D_1—D_4$. Питающие систему регулируемые гидронасосы обеспечивают равномерное всплывание планшайбы, отсутствие ее перекосов и разрыва масляной пленки даже при неравномерной нагрузке. Перекос планшайбы по команде датчиков зазора $D_1—D_3$ через электронный блок управления и соленоиды $C_1—C_8$ устраняется практически мгновенным увеличением объема масла, подаваемого в соответствующую группу канавок путем повышения подачи соответствующего насоса.

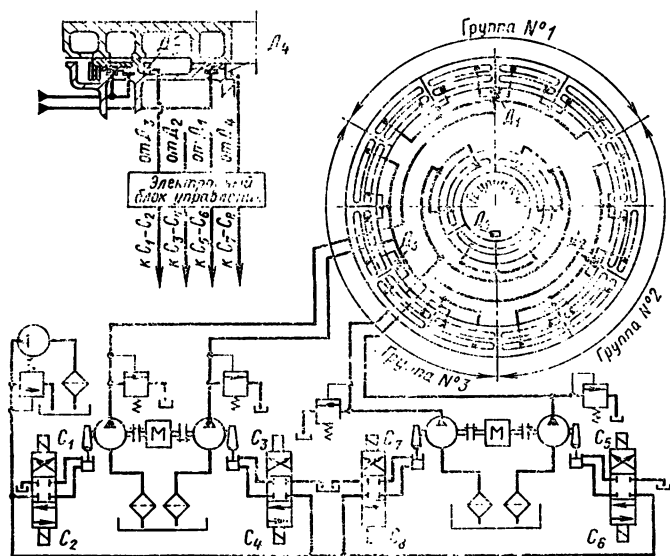


Рис. 35. Схема гидростатической смазки направляющих планшайбы с раздельно-поточным регулированием у станков фирмы ОМ

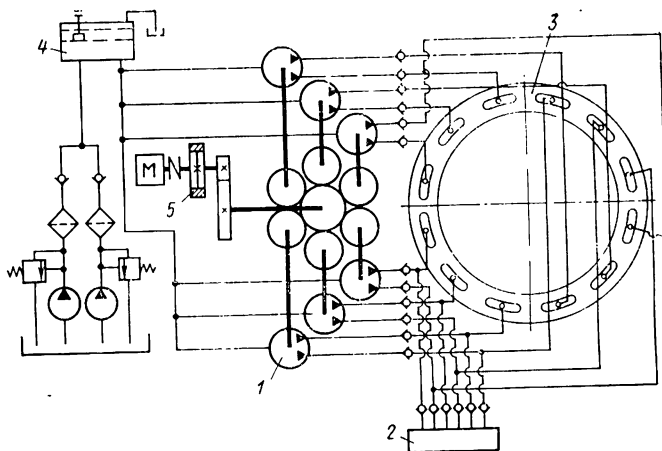


Рис. 36. Схема гидростатической смазки насос — карман круговых направляющих планшайбы станков мод. КУ-322

Оптимальная величина зазора в направляющих 40—50 мкм. Давление масла в карманах изменяется в пределах 0,1—0,4 МПа. Повышение температуры направляющих при работе с максимальной нагрузкой не превышает 10 °С. Компенсационная система обеспечивает, по данным фирмы, точность вращения стола во время обработки детали в пределах 15—20 мкм на наружной поверхности планшайбы.

Принципиальная схема смазочной системы насос—карман круговых направляющих планшайбы токарно-карусельного станка КУ-322 с диаметром планшайбы 7100 мм показана на рис. 36. Система обладает большой осевой и угловой жесткостью масляного слоя и обеспечивает малые энергетические потери и высокую эксплуатационную надежность. Торцовое биение планшайбы не превышает 10 мкм, а жесткость масляного слоя — 13 кН/мкм. В центральной части планшайбы расположен упорный роликоподшипник, воспринимающий часть веса обрабатываемой детали. Опорой подшипника является кольцевой гидроцилиндр. Осевое усилие разгрузки направляющих регулируется изменением давления подводимого в этот цилиндр масла в зависимости от веса обрабатываемой детали. Такая разгрузка способствует уменьшению деформации планшайбы в случае приложения нагрузки в ее центральной части и тем самым улучшает условия работы гидростатических направляющих. У станков этой гаммы с диаметром обрабатываемой поверхности 4000 и 5000 мм относительная жесткость планшайбы значительно выше, и центральная опора не применяется, а нагрузка планшайбы воспринимается круговыми направляющими.

Питание круговой гидростатической направляющей осуществляется двойными насосами 1 типа ЗГ12-41Б, подающими от-

фильтрованное масло из бака 4 в карманы направляющих основания 3. Число насосов соответствует числу карманов. Максимально допустимая разница в подаче насосов не должна превышать 10—15 %. Резервный блок питания 2 повышает надежность работы смазочной системы. Для уменьшения тепловыделения в направляющих используется маловязкое масло типа «Велосит». На случай аварийного отключения электроэнергии во избежание задиров направляющих из-за прекращения поступления масла в кинематической цепи вращения насосов предусмотрен маховик 5, а направляющие планшайбы армированы накладками из антифрикционного материала.

Применение гидростатических направляющих для планшайб тяжелых и уникальных карусельных станков является в настоящее время единственно возможным способом обеспечения их точности, жесткости, долговечности и высокого КПД, однако при этом следует учитывать и специфические особенности, связанные с большими размерами этих станков. К таким особенностям относятся (сравнительно со станками средних размеров) низкая жесткость базовых деталей, относительно большие погрешности их изготовления и тепловые деформации. Жесткость корпусных деталей основания стола и планшайбы, успешно работающих на обычных гидродинамических направляющих, при использовании гидростатических направляющих оказывается ниже жесткости масляного слоя и не обеспечивает условий нормальной работы опоры. Но если деформация гидродинамических направляющих приводит к образованию масляных клиньев и перераспределению нагрузки по опорной поверхности без изменения суммарной несущей способности масляного слоя, то при гидростатических направляющих его несущая способность ограничивается деформациями опоры.

Обобщающим показателем погрешностей изготовления и деформаций базовых деталей может служить начальный зазор в направляющих H_0 , который принимается постоянным при номинальной нагрузке и обуславливает такой же дополнительный расход масла через опору, как и при реальной погрешности. Для круговых направляющих тяжелых карусельных станков нормальной точности при ненагруженной планшайбе диаметром $D_{пл}$ значения H_0 ориентировочно составляют:

$D_{пл}$, мм	3000—4000	5000—6000	7000—8000
H_0 , мкм	30	40	50

Изменение нагрузки ΔG , отнесенное к изменению начального зазора ΔH_0 , характеризует приведенную жесткость базовых деталей j . Фактическая жесткость масляного слоя

$$j_{\Phi} = \frac{j_1 j_2}{j_1 + j_2},$$

где j_2 — жесткость масляного слоя без учета податливости базовых деталей, которая может быть примерно определена, как

$j_2 = 3G/H$; G — нагрузка на опору, кН; H — величина зазора с учетом всплывания планшайбы, достигающая 60—70 мкм.

Соотношение приведенной жесткости j_1 базовых деталей и масляного слоя при малых нагрузках принимается $j_1 \geq (3 \div 4) j_2$; без соблюдения этого условия не может быть обеспечена нормальная эксплуатация станка.

Приведенная жесткость базовых деталей станка зависит от многих факторов: конструкции опоры планшайбы, способа закрепления основания, местных деформаций, характера и места приложения нагрузки. Об отклонениях поверхности верхней опоры от идеальной плоскости можно судить по изменению давления масла в карманах при повороте планшайбы. Проведенные на Коломенском ЗТС исследования карусельных станков для обработки деталей диаметром 4—9 м показали, что под действием нагрузок на рабочей поверхности верхней опоры круговых направляющих образуются две волны отклонений — «перелом» планшайбы. Под действием кольцевой нагрузки от веса детали 1000 кН величина деформаций планшайбы диаметром 8000 мм в отдельных случаях достигала 0,2 мм [13].

Отрицательное влияние на работу направляющих оказывают и тепловые деформации планшайбы, которые могут достигать значительных размеров. Планшайба при нагреве принимает форму чаши. При повышении температуры масла на 10 °С во время исследования станка стрела прогиба планшайбы диаметром 4000 мм достигала в центре 0,18 мм, а первоначальный зазор в направляющих увеличивался на 35—37 мкм, что приводило к нарушению нормального режима смазки опоры.

Для уменьшения влияния тепловых и упругих деформаций планшайбы на работоспособность направляющих с гидростатической смазкой фирма INNOCENTI применяет на станках серии TVB самоустанавливающиеся опорные башмаки типа Hydro—Tilt взамен нижней кольцевой направляющей. На рис. 37 приведена схема гидростатической смазки круговых направляющих планшайбы станка TVB 550/450. Планшайба опирается на расположенные кольцом 24 опорных башмака размерами в плане 320×460 мм и высотой 95 мм. Для равномерного распределения нагрузки разность высот башмаков не должна превышать 0,005 мм. На верхней рабочей поверхности башмака закреплена винтами бронзовая накладка, в которой выфрезерованы два прямоугольных кармана для подвода смазки. На нижней поверхности башмака предусмотрен скругленный опорный платик. От сдвига башмак удерживается двумя расположенными по его длине штифтами.

Для повышения надежности работы системы смазочное масло подается в нее по двум одинаковым параллельным цепям: одна цепь питает карманы башмаков с нечетными порядковыми номерами, другая — с четными. Подача каждого из насосов — 50 л/мин. Расчетный расход масла через направляющие при работе станка — до 75 л/мин. Система рассчитана на работу с маслом типа «Вело-

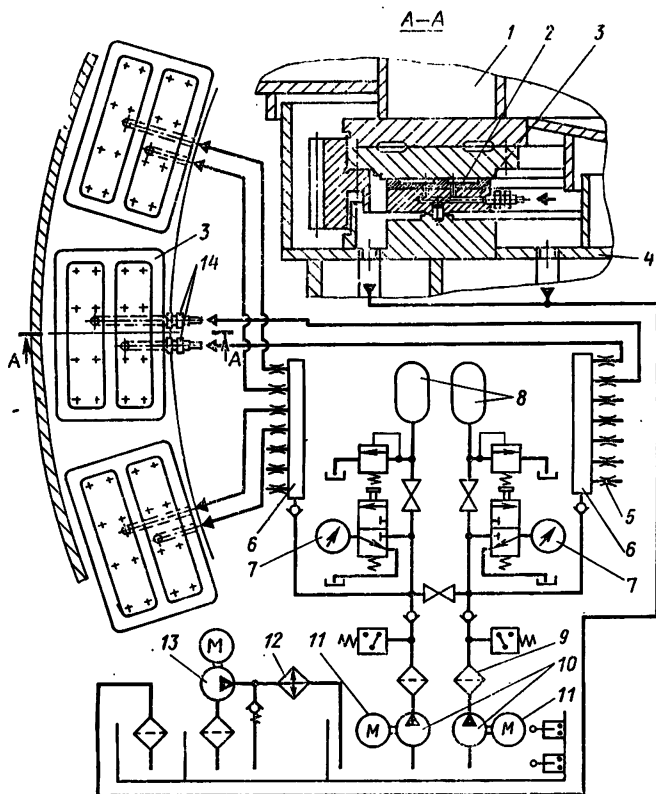


Рис. 37. Схема круговых направляющих стола с гидростатической смазкой станка мод. TVB 550/450 фирмы INNOCENTI:

1 — планшайба; 2 — антифрикционная накладка; 3 — опорный башмак; 4 — корпус стола; 5 — дроссель настройки подачи смазки в карманы опорного башмака; 6 — масло-распределитель; 7 — манометр, $p = 0 \div 16$ МПа; 8 — аккумулятор, $V = 50$ л, $p = 2$ МПа; 9 — фильтр тонкой очистки, $\delta = 60$ мкм, $Q = 150$ л/мин; 10 — масляный насос, $Q = 50$ л/мин, $p \leq 7$ МПа; 11 — электродвигатель, $N = 7,4$ кВт; 12 — маслоохладитель, холодопроизводительность 100 кДж/ч; 13 — масляный насос, $Q = 144$ л/мин; 14 — подводы масла в карманы башмака

сит». Объем подаваемого в каждый карман масла регулируется дросселями, давление масла перед дросселем — 6 МПа. Реле давления контролирует подачу масла в систему. Для защиты направляющих от задиrow во время торможения планшайбы при аварийном прекращении подачи масла предусмотрены два аккумулятора. Отработавшее масло по магистралям слива возвращается в бак-маслосборник, откуда после дополнительной фильтрации и охлаждения в теплообменнике перекачивается в основной резервуар. Объем масла в резервуаре контролируется реле максимального и минимального уровня.

Действующие по схеме насос—карман круговые гидростатические направляющие планшайбы станков серий DF и DV фирмы

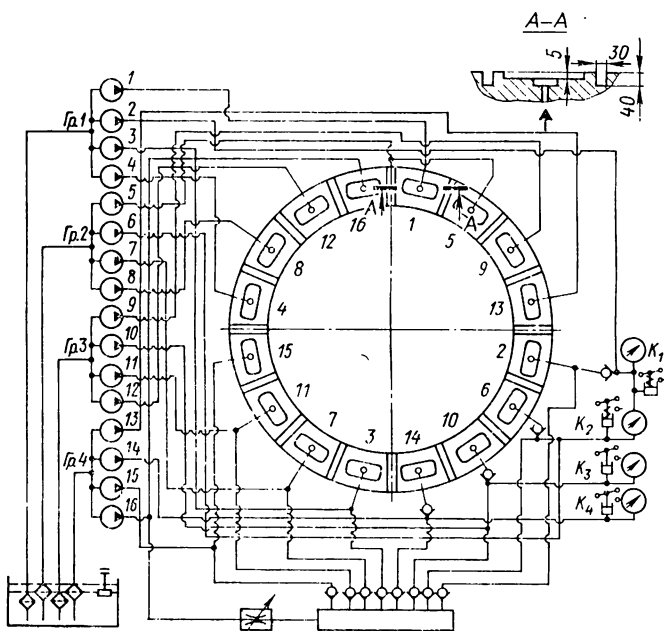


Рис. 38. Схема гидростатической смазки «насос — карман» направляющих планшайбы станков серии DV фирмы SCHIESS — FRORIEP

SCHIESS—FRORIEP имеют несколько иное конструктивное исполнение. Планшайба выполнена достаточно жесткой, ее высота 1075 мм при высоте основания стола 1070 мм, расчетная нагрузка — до 4000 кН. На круговой направляющей основания стола по окружности выполнены карманы прямоугольной формы (рис. 38). Такая форма кармана выбрана для облегчения механической обработки. Число карманов зависит от типоразмера станка: у станка с диаметром обрабатываемой поверхности $D_3 = 5000$ мм 16 карманов, при $D_3 = 6300$ мм — 20, при $D_3 = 8000$ мм — 24, при $D_3 = 10\,000$ мм — 28. Масло в карманы подается счетверенными многопоточными насосами (по четыре потока в каждом насосе). Между карманами расположены радиальные канавки для охлаждения направляющих. По данным исследований фирмы радиальные канавки в направляющих снизили избыточную температуру на 3 °С. Рабочая поверхность направляющих планшайбы армирована накладками из антифрикционной пластмассы.

Планшайба центрируется на цапфе основания двухрядным роликоподшипником с коническим внутренним отверстием, и в центре упирается на роликовый подшипник-подпятник с гидравлическим кольцевым поршнем. Как и у станков Коломенского ЗТС, давление масла в подшипнике регулируется в зависимости от веса детали.

Установленный с предварительным натягом 0,06 мм верхний упорный подшипник на шипе увеличивает жесткость масляного слоя при осевых и опрокидывающих нагрузках. В случае падения давления масла в одном из карманов направляющих из-за разрыва маслопровода или выхода из строя насоса на пульте управления станком загорается сигнальная лампа. При снижении давления до $p = 0,25p_{\min}$ вращение планшайбы отключается. Минимальное рабочее давление $p_{\min} = 0,5$ МПа. На случай внезапного отключения электроэнергии в системе предусмотрены гидроаккумуляторы, поддерживающие давление в карманах в течение 30—40 с, что достаточно для торможения планшайбы. Мощность электродвигателя масляных насосов 2,2 кВт; объем масла в системе 1800 л, его вязкость 7,1—7,7 мкм²/с. Зазор, как и давление масла, зависит от нагрузки и составляет без детали 0,115 мм, с деталью максимальной массы — 0,06 мм.

Нагрузка на направляющие является функцией не только веса обрабатываемой детали и планшайбы, но и сил зажима детали в кулачках, а также сил резания и их направления. Допускаемая масса обрабатываемой детали определяется не только допускаемой нагрузкой на направляющие при данной частоте вращения, но и развиваемым главным приводом крутящим моментом, перегрузочной способностью привода при трогании планшайбы с места, что имеет особое значение при обработке деталей максимальных для данного станка диаметральных размеров с наибольшим значением махового момента GD^2 . С увеличением частоты вращения планшайбы допускаемая масса обрабатываемой детали снижается; в паспортах станков приводятся кривые ограничения допускаемой массы детали в зависимости от частоты вращения планшайбы (рис. 39).

У одностоечных станков с консольной поперечиной диаметр планшайбы значительно меньше допускаемого наибольшего диаметра обрабатываемой детали, а средний диаметр направляющих меньше диаметра планшайбы. При изменении радиуса и направления приложения сил резания в процессе обработки детали значительно изменяется и величина действующего на опору планшайбы опрокидывающего момента, перераспределяется нагрузка. Соответственно при увеличении прогибов планшайбы грузоподъемность стола снижается, и это должно учитываться при эксплуатации станков.

Планшайбы карусельных станков предназначены для установки на них и крепления обрабатываемой детали, а также ее вра-

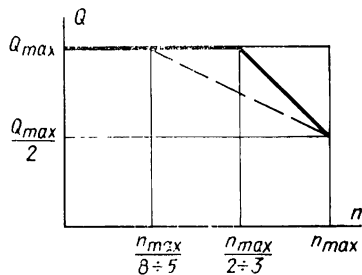


Рис. 39. Ограничение массы деталей в зависимости от частоты вращения планшайбы

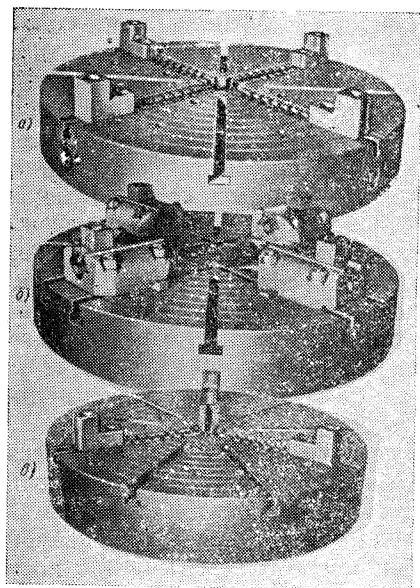
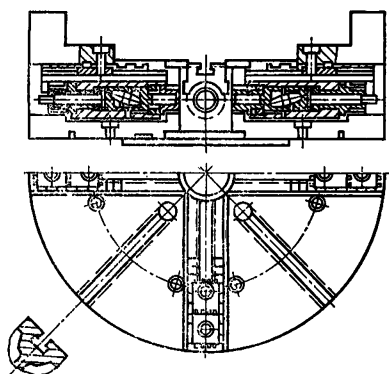


Рис. 40. Конструкции планшайб

Рис. 41. Планшайба с механизмом зажима изделия типа «ломающийся рычаг» станков фирмы JUNGENTHAL



щения в процессе обработки. У универсальных станков на верхней поверхности планшайбы в специальных Т-образных пазах крепятся четыре или у станков больших размеров — шесть либо восемь кулачков. Кулачок состоит из корпуса с четырьмя или шестью отверстиями под болты для крепления на планшайбе и собственно Г-образного кулачка с закаленными рифлеными рабочими поверхностями (рис. 40, б), перемещаемого в пазу корпуса. При закреплении детали каждый кулачок перемещается независимо от других за счет вращения ключом винта, встроенного в корпус. Сдвигаясь относительно неподвижного корпуса к центру или от центра, кулачок осуществляет зажим обрабатываемой детали за наружную или внутреннюю поверхность. Независимое перемещение кулачков позволяет осуществлять закрепление деталей некруглой формы. Для увеличения надежности крепления корпуса кулачка на планшайбе последняя обычно имеет расположенные между Т-образными пазами отверстия для опорного штифта корпуса кулачка или же литой зигзагообразный паз, в который упирается шпоночный упор корпуса.

Для перемещения кулачка с упорным штифтом к центру или от центра корпус приходится приподнимать над поверхностью планшайбы, что приемлемо только для станков малых типоразмеров. У больших станков с литыми зигзагообразными пазами на поверхности планшайбы кулачки имеют сдвигаемую шпонку — шпоночный упор. При установке последнего в среднее положение кулачок можно сдвигать без подъема. После установки кулачка в нужное положение шпоночный упор сдвигается в одну из боко-

вых впадин паза. Для облегчения установки кулачков на требуемый размер на верхней поверхности планшайбы наносятся концентричные кольцевые риски. Кроме пазов для крепления корпусов кулачков, на верхней поверхности планшайбы предусматривают дополнительные радиальные пазы для установки в них различных приспособлений и прихватов для крепления деталей сложной формы.

У тяжелых и уникальных станков с целью увеличения усилия зажима детали поворот зажимных винтов осуществляется через встроенную в корпус кулачка замедляющую зубчатую передачу. Существуют и другие конструкции усилителей зажима. Так, фирма JUNGENTHAL для этой цели применяет устройство с «ломающимся» рычагом (рис. 41).

На планшайбах станков малых типоразмеров с целью увеличения высоты обрабатываемой детали при том же расстоянии от поверхности планшайбы до поперечины деталь устанавливается непосредственно на поверхность планшайбы, а кулачки выполняются врезными (см. рис. 40, а). Корпусом кулачка в этом случае является сам корпус планшайбы, в котором прорезано четыре Т-образных паза. В этих пазах винтовыми передачами перемещаются закаленные планки с поперечными пазами на верхней плоскости. Упираясь шпонками в поперечные пазы, на планках крепятся зажимные кулачки. Каждая планка перемещается независимо, позволяя закреплять изнутри или снаружи обрабатываемую деталь некруглой формы. Предварительная настройка кулачков на размер закрепляемой детали осуществляется перестановкой их по пазам планок.

Если станок предназначен для обработки только круглых деталей с незначительным колебанием припуска у одностоечных и малых типоразмеров двухстоечных станков, применяют самоцентрирующие планшайбы с врезными кулачками (см. рис. 40, в). В этом случае одновременное перемещение всех трех (а иногда и более) кулачков осуществляется одним механизмом. В качестве примеров таких механизмов могут служить шестерни с прорезанными на боковой поверхности пазами в виде плоской архимедовой спирали. По пазам при повороте шестерни скользят соединенные с кулачками ползушки, а также рычажные или клиновые механизмы (рис. 42) с центральной ползушкой, приводимой в движение винтовой передачей, пневмо- или гидроцилиндром.

У одностоечных станков с консольной поперечиной и смещающимися взаимно столом и стойкой для возможности установки и крепления на планшайбе деталей кольцевой формы с диаметрными размерами, значительно большими диаметра планшайбы, на последней устанавливают опорную крестовину, состоящую из четырех, шести или даже восьми консольных опорных балок. Эти балки крепятся винтовыми прихватами в радиальных пазах планшайбы вместо зажимных кулачков, увеличивая опорную поверхность для установки обрабатываемой детали. На верхней

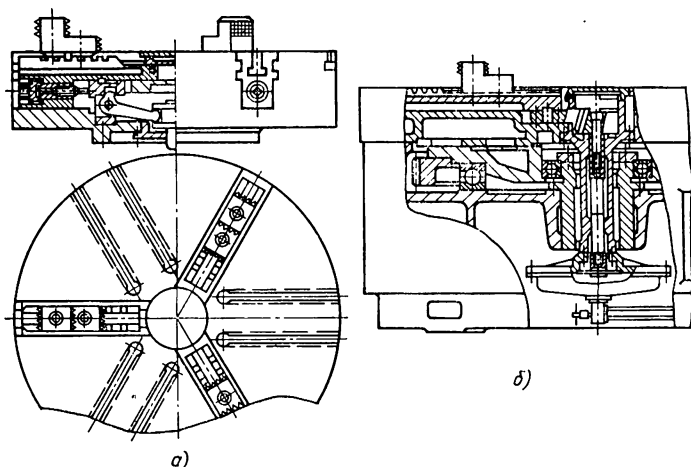


Рис. 42. Самоцентрирующая планшайба:

а — с рычажным механизмом перемещения кулачков; б — с клиновым механизмом и пневмоприводом

плоскости опорных балок прорезаны станочные пазы для установки и крепления кулачков или других устройств, крепящих детали.

От надежности закрепления обрабатываемой детали на планшайбе зависит величина допускаемой силы резания. При этом надежность крепления детали в кулачках повышается с увеличением ее диаметра и снижается с увеличением высоты. У станков с повышенной высотой обрабатываемой поверхности обычно вводится ограничение максимальных режимов резания в зависимости от отношения высоты обрабатываемой детали H к диаметру заготовки d_3 (рис. 43).

Планшайбы, как и корпуса столов двухстоечных станков больших типоразмеров (от диаметра обрабатываемой поверхности 6300 мм и выше) для возможности их транспортировки по железной дороге выполняются составными из нескольких частей, число которых зависит от габаритов деталей и конструктивного решения способа их расчленения. Плоскости разъемов тщательно уплотняют

и жестко стягивают соединительными шпильками. Окончательную обработку состыкованных деталей ведут в собранном виде.

Станки с наибольшим диаметром обрабатываемой поверхности (10 м и

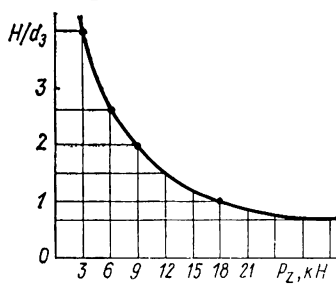


Рис. 43. Ограничение допустимой силы резания в зависимости от высоты H и диаметра крепления заготовки d_3

выше), а также многооперационные станки больших размеров обычно имеют две планшайбы: внутреннюю малого диаметра и большую кольцевую. Каждая из планшайб может вращаться раздельно от своего приводного вала или же быть заторможенной. Необходимость в этом возникает при обработке высоких полых цилиндрических деталей большого диаметра. В этом случае на наружной кольцевой планшайбе устанавливается деталь, а на внутренней — дополнительную стойку с горизонтальным суппортом. Обработку внутренней поверхности цилиндра осуществляют за счет вращения кольцевой планшайбы. Обе планшайбы могут вращаться вместе, соединенные замком в одну систему.

ГЛАВНЫЙ ПРИВОД

У токарно-карусельных станков привод вращения планшайбы называют главным приводом станка. В состав его входят электродвигатель, коробка скоростей и зубчатая передача вращения планшайбы. Передача движения от приводного электродвигателя коробке скоростей осуществляется клиноременной передачей или соединительной эластичной муфтой.

Для обеспечения в каждом конкретном случае оптимальной скорости резания для всех применяемых режущих инструментов при обработке деталей из различных материалов и различных диаметральных размеров станок должен иметь возможно более широкий диапазон частот вращения планшайбы. Однако расширение диапазона регулирования частот усложняет и удорожает конструкцию механизмов главного привода, что вызывает необходимость оптимально приемлемых ограничений возможностей регулировки. При изменении частоты вращения планшайбы за счет ступенчатого изменения передаточного отношения кинематической цепи коробки скоростей обычно общий диапазон регулирования $R = n_{\max}/n_{\min}$ принимается равным 50. Каждая последующая ступень отличается от предыдущей обычно по закону геометрической прогрессии со знаменателем ряда φ , который принимают равным 1,12—1,33. При этом в зависимости от общего диапазона регулирования и принятого знаменателя ряда число ступеней может быть от 12 до 36. Наиболее распространено значение $\varphi = 1,26$, при котором в диапазоне регулирования $R = 50$ имеется 18 ступеней частот вращения.

Изменение передаточного отношения коробки скоростей у больших станков выполняется поочередным зацеплением прямозубых зубчатых пар с различными передаточными отношениями за счет смещения по шлицевым валам двух или трех венцовых шестеренных блоков. У станков больших типоразмеров с тяжелыми крупногабаритными шестернями при изменении передаточного отношения удобнее перемещать не тяжелые блоки шестерен, а более легкие зубчатые или кулачковые муфты, соединяющие валы со свободно вращающимися на них шестернями. При этом шестерни смежных валов находятся постоянно в зацеплении.

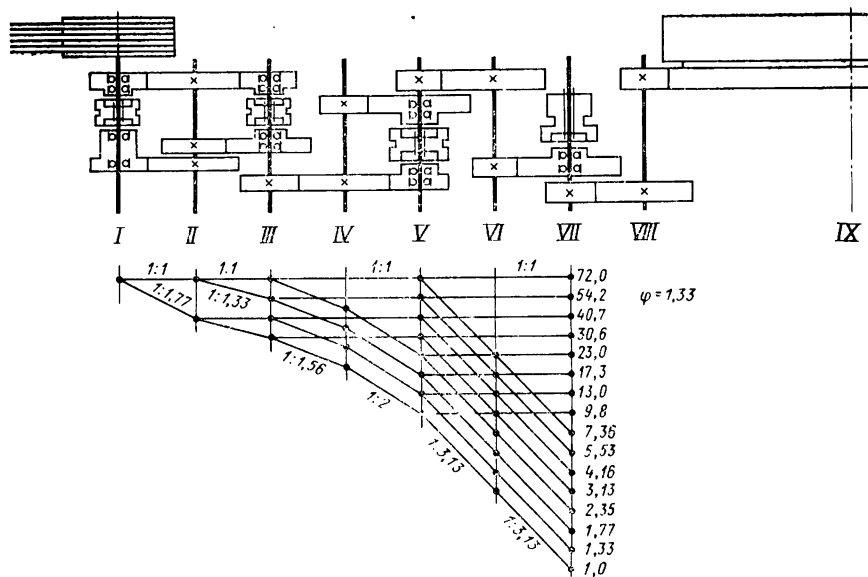


Рис. 44. Схема коробки скоростей с переключением частот вращения планшайбы зубчатыми муфтами

На рис. 44 приведены кинематическая схема и картина частот вращения валов такой коробки скоростей станков серии SE фирмы ОМ. Электродвигатель вертикального исполнения установлен на качающейся плите — кронштейне натяжного устройства, закрепленного на боковой стенке коробки скоростей, и соединяется с ней клиноременной передачей. Все шестерни для повышения плавности вращения выполнены косозубыми и закреплены на валах от осевых смещений. Переключение 16 ступеней осуществляется четырьмя зубчатыми муфтами с электрогидравлическим управлением. У станков этой серии приняты два значения φ : 1,33 и 1,36, что обеспечивает общий диапазон регулирования $R = 72$ или 100.

Дистанционное электрогидравлическое управление изменением частот вращения планшайбы получило широкое распространение в 50-е годы, и некоторыми фирмами применяется до сих пор. Недостатком коробок скоростей с таким управлением, помимо их конструктивной сложности, является невозможность переключения частот вращения без остановки планшайбы, что исключает поддержание постоянной скорости резания при обработке торцовых поверхностей и сужает возможности применения для управления станком устройств ЧПУ.

Этого недостатка не имеет приведенная на рис. 45 коробка скоростей с переключением частот вращения за счет включения электромагнитных муфт в различных комбинациях. Одна из

находящихся в постоянном зацеплении косозубых цилиндрических шестерен свободно вращается на валу и соединяется с ним при включении соответствующей многодисковой фрикционной электромагнитной муфты. Применение фрикционных элементов позволяет осуществлять переключение ступеней не только на остановленном станке, но и в процессе резания под нагрузкой, что используется при обработке с поддержанием постоянной скорости резания. Включение вращения и торможение планшайбы осуществляются теми же муфтами и не требуют дополнительных тормозных фрикционов.

С изменением частоты вращения планшайбы за счет ступенчатого изменения передаточного отношения коробки скоростей при неизменной частоте вращения электродвигателя изменяется и крутящий момент, вращающий планшайбу с обрабатываемой деталью:

$$M_{кр i} = 9550 \frac{N_M}{n_i} \eta_i,$$

где N_M — мощность электродвигателя, кВт; n_i — частота вращения планшайбы на данной ступени, мин^{-1} ; η_i — КПД кинематической цепи главного привода; $M_{кр i}$ — крутящий момент на планшайбе на данной ступени, Н·м.

На низких частотах вращения передаваемый планшайбе крутящий момент резко возрастает, поэтому во избежание нерационального увеличения габаритов входящих в состав главного привода элементов вводится ограничение используемого на планшайбе крутящего момента, т. е. на ступенях от $n_{\text{мин}}$ до n_p обработка ведется с ограничением $M_{кр} = \text{const}$. В пределах этих частот

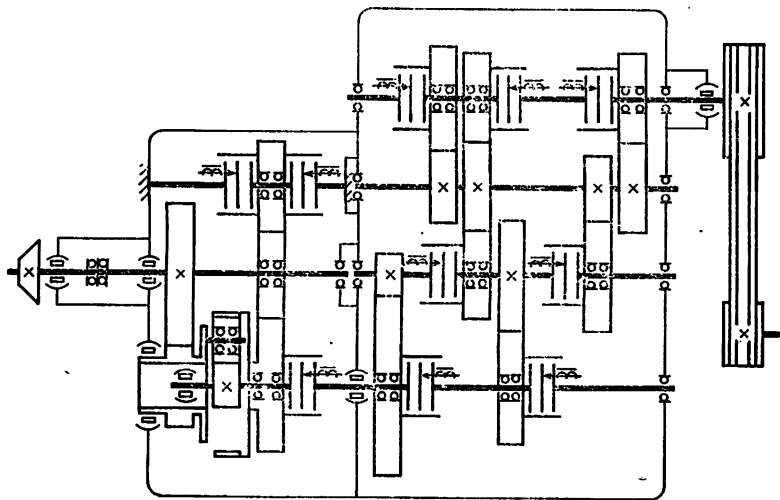


Рис. 45. Коробка скоростей станка мод. 1525 с переключением частот вращения планшайбы электромагнитными многодисковыми муфтами

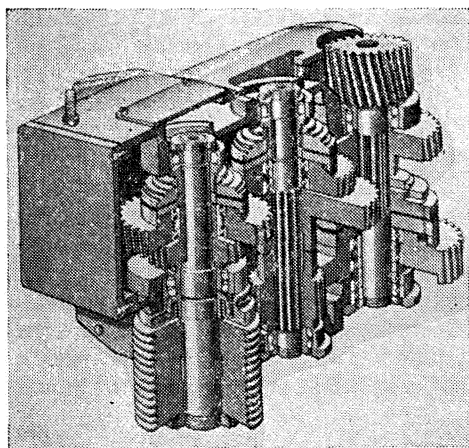


Рис. 46. Схема трехступенчатой коробки перебора с электромагнитными зубчатыми муфтами

вращения мощность электродвигателя полностью не используется. Ступенью n_p является ступень, на которой ведут прочностные расчеты элементов главного привода. Начиная от ступени n_p и выше, возможно полное использование мощности электродвигателя.

Обладая отмеченными преимуществами, коробки скоростей с электромагнитными муфтами имеют и существенные недостатки: обильное тепловыделение из-за трения, возникающего в дисках при включении муфт под нагрузкой или при торможении муфтами планшайбы, а также из-за постоянного нагрева находящихся под напряжением обмоток муфт; большие габариты муфт, применяемых на последних валах коробки скоростей, что ограничивает возможность использования этих муфт на станках больших типоразмеров. Для решения этого вопроса у некоторых моделей станков применены более компактные и не имеющие проскальзывания зубчатые электромагнитные муфты. Конструктивно эти муфты аналогичны широко распространенным многодисковым электромагнитным муфтам, только фрикционные диски заменены у них кольцами с мелкими радиально расположенными зубьями (рис. 46).

Общим недостатком коробок скоростей с горизонтальным расположением валов является наличие в кинематической цепи передачи вращения планшайбе пары конических шестерен. Изготовление конических шестерен с криволинейным зубом требует сложного технологического оборудования, однако даже при самом тщательном исполнении эта зубчатая пара может быть источником повышенного шума при работе станка с высокими частотами вращения планшайбы. В связи с этим находят все большее распространение коробки скоростей с вертикальным расположением валов, не требующие конических передач. При этом вертикально располагается и электродвигатель главного привода.

Применение бесступенчато регулируемых двигателей постоянного тока в сочетании с упрощенной трех- или четырехступенчатой коробкой скоростей позволило обеспечить бесступенчатое изменение частот вращения планшайбы при одновременном упрощении кинематики главного привода. Высокая стоимость этих агрегатов ограничивала область применения регулируемых приводов по-

стоянного тока в основном крупногабаритными тяжелыми и уникальными станками с наибольшим диаметром обрабатываемой детали свыше 3 м. Создание более совершенных и относительно дешевых бесступенчато регулируемых в широких пределах приводов постоянного тока с тиристорным управлением позволило применить их практически на всех современных моделях карусельных станков. При этом упрощается кинематика механической части привода станка при одновременном расширении диапазона частот вращения планшайбы до $R = 100 \div 125$ и выше. Возможность изменять частоту вращения планшайбы в широком диапазоне частот практически бесступенчато, а также относительно несложная автоматизация управления пусковыми и тормозными процессами привели к широкому внедрению таких приводов на станках с ЧПУ.

Требования к кинематике привода карусельного станка диктуют необходимость использования полной мощности двигателя в возможно более широком диапазоне регулирования частот вращения планшайбы.

Характеристика электрического привода постоянного тока с двухзонным регулированием частоты вращения предусматривает изменение частоты вращения от n_{\min} до $n_{\text{ном}}$ за счет изменения напряжения в цепи якоря с постоянным крутящим моментом на валу двигателя (диапазон r_M) и от $n_{\text{ном}}$ до n_{\max} с постоянной мощностью за счет изменения поля возбуждения (диапазон r_N). Однако общий диапазон регулирования частот вращения $r = r_M r_N = n_{\max}/n_{\min}$ даже у наиболее современных двигателей недостаточен для обеспечения требуемого диапазона изменения частот вращения планшайбы карусельного станка, и в том числе диапазона регулирования с постоянной мощностью. Поэтому в комплекте с бесступенчато регулируемым приводом постоянного тока используется упрощенная двух-, трех- и даже четырехступенчатая коробка скоростей — зубчатый перебор с передаточным отношением, изменяемым электромагнитными или зубчатыми муфтами (см. рис. 5).

Требуемое число ступеней в переборе z определяется расчетом:

$$z = \frac{\lg R - \lg r_M}{\lg r_N},$$

где (см. рис. 47) $R = R_M R_N$ — полный диапазон регулирования частот вращения планшайбы, состоящий из диапа-

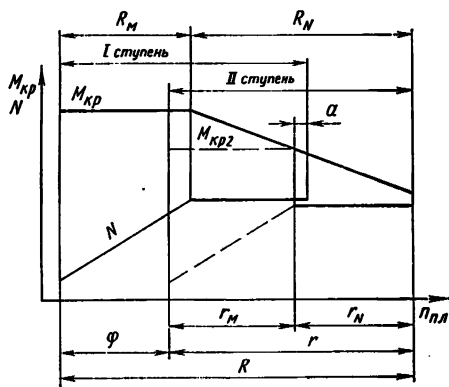


Рис. 47. Картина изменения мощности N и крутящего момента $M_{кр}$ на различных частотах вращения планшайбы $n_{пл}$

зона регулирования с постоянным крутящим моментом R_M и диапазона R_N , на котором мощность двигателя используется полностью; r_M, r_N — диапазоны регулирования частот вращения двигателя соответственно с постоянным крутящим моментом и с постоянной мощностью.

Увеличение диапазона R_N диктуется тем, что с широким внедрением режущих инструментов с пластинами из твердых сплавов при тех же силах возросли скорости резания, а это повлекло за собой расширение диапазонов частот вращения планшайбы и увеличение мощности главного привода в верхней части диапазона частот. Если у карусельных станков, выпускавшихся 20—30 лет назад, отношение $\lg R_N / \lg R$ составляло 0,2—0,3, то у современных станков оно равно 0,4—0,5. Для одностоечных станков эта величина обычно составляет 0,45—0,50, а для двухстоечных 0,4—0,48. С другой стороны, величина $R_N = r_M$ выбирается по характеристике конкретного привода исходя из требуемой «добротности» регулирования частоты вращения планшайбы, так как у разных типов привода при снижении частоты вращения под нагрузкой от $n_{ном}$ до $n_{мин}$ разброс фактических и расчетных частот увеличивается, но в разной мере. Поскольку в главном приводе карусельных станков допускаемая величина разброса обычно не превышает $\pm 2\%$, то это и определяет приемлемую величину диапазона R_N .

Полученная расчетная величина z округляется до ближайшего большего значения. При округлении ее до меньшего значения в части диапазона регулирования будут иметь место «провалы» — снижения развиваемых моментов, что нежелательно, хотя, в крайнем случае, может быть допущена величина округления не более 10—15%, что соответствует такой же величине «провала» на кривой развиваемых крутящих моментов. Округление до большего значения, а иногда и увеличение полученного значения z на одну единицу, повышает удобство управления станком вследствие широкого перекрытия a ступеней (рис. 47).

Знаменатель прогрессии передаточных отношений ступеней перебора $\varphi_z = \sqrt[z-1]{\frac{R_N}{r_N}}$ должен быть меньше r_N .

Если нужный диапазон изменения частот вращения планшайбы R универсального станка не может быть обеспечен допускаемым диапазоном регулирования имеющихся приводов и принятой конструкцией перебора, выполняют станки с различными скоростными характеристиками, каждая из которых оговаривается при заказе станка. Фирма Webster—Bennett³ выпускает одностоечные станки серий V и EV с общим диапазоном регулирования частот $R = 22$ и новую серию станков с ЧПУ FRNC и ERNC, у которых $R = 38$. При этом станки имеют четыре исполнения по скоростной характеристике главного привода: 1) медленное исполнение, предназначенное в основном для обработки высокопрочных стальных заготовок большого диаметра или деталей

сложного фасонного профиля типа многоручьевых шкивов клиноременных передач; 2) нормальное исполнение, предназначенное для обычной обработки деталей из любых материалов; 3) ускоренное исполнение, рекомендуемое к использованию в тех случаях, когда на станке будут обрабатываться в основном чугунные заготовки и изредка алюминиевые; 4) высокоскоростное исполнение, предлагаемое для обработки деталей из цветных металлов — алюминия, меди, бронзы и т. п.

Такая специализация хотя и упрощает главный привод, но ограничивает технологические возможности использования универсального станка при изменении номенклатуры обрабатываемых деталей. Различные скоростные характеристики исполнений станка обеспечиваются за счет изменения передаточных отношений замедляющих передач, входящих в кинематическую цепь главного привода.

На рис. 48 приведена эволюция главного привода одностоечных карусельных станков завода TOS. Станки серии SK (рис. 48, а) в составе главного привода имели регулируемый коммутаторный электродвигатель с общим диапазоном регулирования $r = 4$, в том числе диапазон регулирования с постоянной мощностью $r_N = 1,33$. Выбранный общий диапазон регулирования частот вращения планшайбы $R = 42,5$ даже при применении четырехступенчатого перебора не мог быть обеспечен без довольно больших «првалов» в кривой допускаемых крутящих моментов и эффективной мощности.

На станках серии SKE (рис. 48, б) главный привод уже имеет общий диапазон регулирования частот вращения $R = 90$, что обеспечивается использованием регулируемого в пределах 1 : 27 двигателя постоянного тока в сочетании с простым двухступенча-

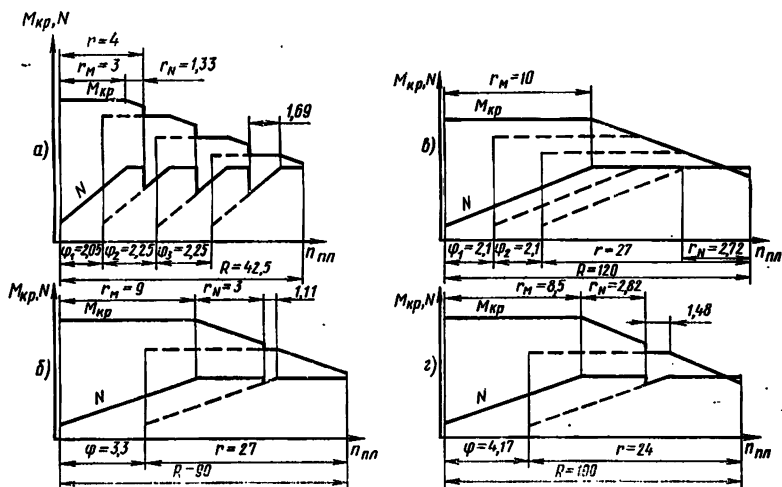


Рис. 48. Эволюция главного привода на постоянном токе станков завода TOS

тым перебором с передаточным отношением $\varphi_z = 3,3$. При этом на части диапазона имеется «провал» крутящих моментов и эффективной мощности.

Увеличение числа ступеней перебора до трех при том же диапазоне регулирования двигателя позволило на станках серии SKJ (рис. 48, в) не только избежать «провала» крутящих моментов и эффективной мощности, но и расширить общий диапазон регулирования частот вращения планшайбы до $R = 120$.

У станков новой серии SKQ NC общий диапазон изменения частот вращения планшайбы $R = 100$. Переключение частот осуществляется регулируемым в пределах 1 : 24 двигателем постоянного тока с тиристорным управлением. При этом в диапазоне $r_m = 8,5$ сохраняется постоянный момент, а в диапазоне $r_N = 2,82$ за счет изменения напряжения на роторе при изменении частоты вращения двигателя от 850 до 2400 об/мин сохраняется постоянная мощность. Сужение диапазона регулирования частот вращения планшайбы компенсируется изготовлением станков в трех скоростных исполнениях: нормальном, повышенном и ускоренном. Диапазон частот станка ускоренного исполнения по сравнению со станками нормального исполнения за счет изменения передаточного отношения кинематической цепи коробки привода сдвинут в 1,58 раза.

На рис. 46 была приведена конструктивная компоновка трехступенчатой коробки перебора с вертикальным расположением валов, устанавливаемой фирмой MORANDO на станках серий VL и VH. Вращение коробки передается от регулируемого в пределах 1 : 12 двигателя постоянного тока через клиноременную передачу. Переключение ступеней перебора производится тремя зубчатыми электромагнитными муфтами. Знаменатель ряда перебора $\varphi_z = 2,5$ обеспечивает получение трех ступеней частот вращения выходного вала перебора в соотношении 1 : 2,5 : 6,25. Общий диапазон изменения частот вращения планшайбы $R = 75$.

Стремление расширить диапазон частот вращения планшайбы при наличии привода постоянного тока с общим диапазоном регулирования $r = 8$ ($r_m = 4,2$ и $r_N = 1,19$) вынудило фирму OM установить на новой серии одноступенчатых станков VT₄-N четырехступенчатый перебор. Но и при этом из-за малого диапазона r_N не удалось избежать «провалов», подведенных к планшайбе крутящего момента и эффективной мощности (рис. 49). Недостаточная жесткость узлов станка, предназначенного для работы с относительно небольшими сечениями снимаемой стружки, повлекла за собой занижение использования мощности двигателя на низшей ступени перебора. Обработка с ограниченным постоянным крутящим моментом ведется в диапазоне регулирования частот вращения $R_m = 11,3$; таким образом, у станков этой серии $R_m > r_m$. Переключение ступеней осуществляется перемещением гидроцилиндрами двухвенцового шестеренного блока на первом валу и шестерни с кулачковой муфтой на выходном валу перебора.

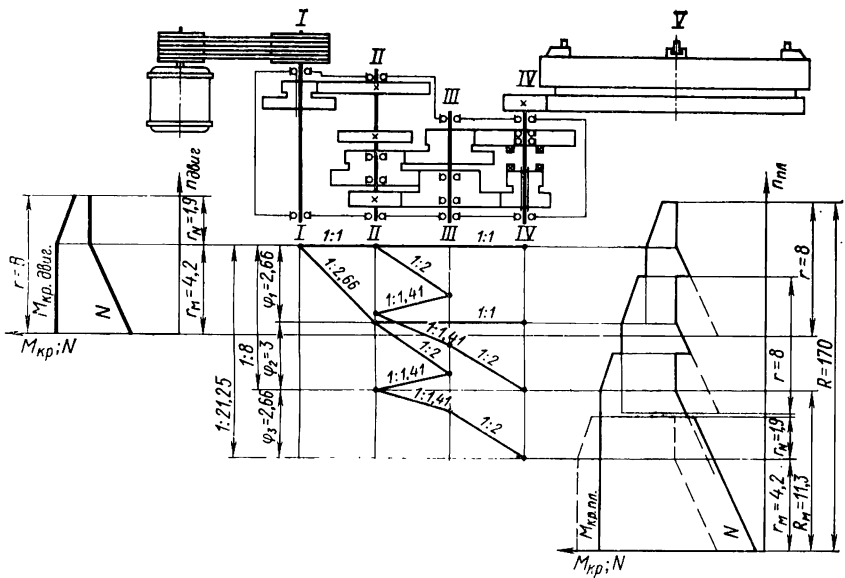


Рис. 49. Кинематическая схема и силовая характеристика главного привода станков серии VT_4 фирмы ОМ

На выходе получаются четыре ступени частот вращения с передаточными числами $1 : 2,55 : 8 : 21,25$. В сочетании с диапазоном изменения частот вращения двигателя $r = 8$ это обеспечивает общий диапазон регулирования частот вращения планшайбы $R = 170$.

Примерами станков с более широким диапазоном регулирования главного привода могут служить многооперационные одностоечные станки с консольной поперечиной серии *SDE* фирмы *DÖRRIES*, имеющие диапазон регулирования частот вращения планшайбы $R = 420$, а также двухстоечные станки мод. *1A525MФ3* и *1A532MФ3*, у которых $R = 470$, что продиктовано расширенными технологическими возможностями этих станков.

СУППОРТЫ И ПОПЕРЕЧИНЫ

Для закрепления и осуществления перемещения режущих инструментов в процессе обработки деталей токарно-карусельные станки в зависимости от назначения и компоновки укомплектовывают одним, двумя, тремя суппортами и более. От конструктивного исполнения и технического состояния суппортов во многом зависит производительность, возможности обработки и работоспособность станка. По исполнению суппорты карусельных станков разделяются на вертикальные и горизонтальные (боковые). Вертикальные суппорты обычно располагают на поперечине, а горизонтальные —

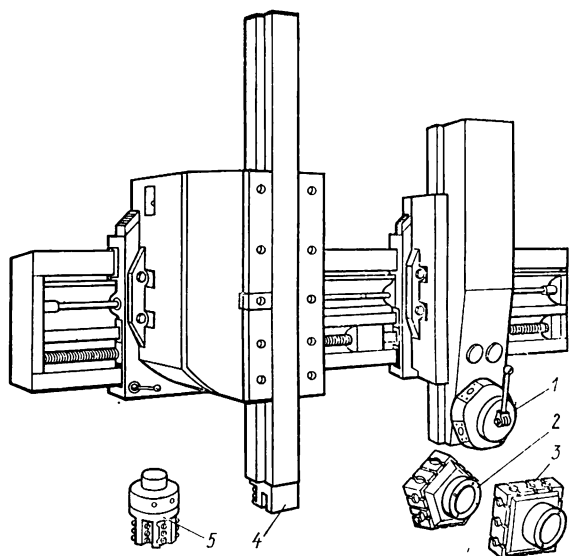


Рис. 50. Вертикальные суппорты и типы револьверных головок:

1 — пятигранная револьверная головка с ручным механизмом поворота; 2 — пятигранная головка с механизмом автоматического поворота; 3 — четырехгранная револьверная головка; 4 — токарный резцедержатель расточного суппорта; 5 — четырехпозиционная револьверная головка с вертикальной осью поворота для расточного суппорта

на вертикальных направляющих станин или стоек. По технологическому назначению суппорты можно условно разбить на три группы: для токарной обработки с револьверной головкой и без нее; фрезерно-расточные, сверлильные и шлифовальные, имеющие обычно встроенный автономный привод для вращения режущего инструмента; комбинированные с ползуном для токарной обработки и вращающимся внутри его фрезерно-расточным шпинделем. Ниже приведено описание разновидностей применяемых суппортов и конструктивные исполнения их отдельных элементов.

Вертикальные суппорты. На поперечине станка в зависимости от его компоновки устанавливается один или два вертикальных суппорта с режущим инструментом для внутреннего растачивания или наружного обтачивания поверхностей обрабатываемой детали. Универсальные одностоечные токарно-карусельные станки из-за малых габаритов рабочего пространства в основном исполнении чаще имеют один вертикальный суппорт, который с целью повышения универсальности станка и ускорения смены инструмента в процессе обработки деталей сложной конфигурации снабжается устанавливаемой на ползуне четырех- или пятигранной револьверной головкой. На головке можно закрепить до пяти и более резцедержателей с инструментом и, в зависимости от принятого технологического процесса, за счет поворота головки поочередно вводить их в работу. Ось вращения револьверной головки универсального револьверного суппорта расположена горизонтально или (для удобства размещения резцедержателей) под углом $7-10^\circ$ к горизонту. После поворота головка жестко фиксируется в рабочем положении зажимным устройством, обеспечивающим постоянство

расположения режущего инструмента относительно оси обрабатываемой детали.

Цилиндрическое внутреннее растачивание и наружное обтачивание детали производится при вертикальном перемещении ползуна в направляющих корпуса суппорта параллельно оси вращения планшайбы. Торцовые поверхности детали обрабатываются при горизонтальном перемещении корпуса суппорта по направляющим поперечины перпендикулярно к оси вращения планшайбы.

Хотя револьверный суппорт, позволяя установку на нем многоинструментной наладки, обладает определенными преимуществами, он не может быть использован из-за своих больших габаритов при растачивании глубоких отверстий небольших диаметров. Для выполнения этих работ применяют одноинструментные вертикальные суппорты с более компактным сечением ползуна; часто их называют расточные суппорты (рис. 50). В ползуне такого суппорта обычно крепится один резцедержатель, но иногда вместо резцедержателя устанавливается четырехпозиционная поворотная револьверная головка с вертикальной осью вращения.

На рис. 51 приведены различные формы сечений ползуну вертикальных суппортов. При равной жесткости на изгиб и кручение от возникающих при резании нагрузок габарит корытообразного ползуна револьверного суппорта определяется минимально допустимым диаметром D_{\min} растачиваемого отверстия, который в 2 раза больше, чем диаметр d_{\min} при обработке ползуном расточного суппорта восьмигранного или круглого сечения. Таким ползуном можно производить обработку внутренних и наружных поверхностей детали на длине всего хода. Возможная высота обрабатываемой поверхности определяется только длиной хода ползуна. При внутреннем растачивании таким ползуном допускаемая высота обрабатываемой поверхности детали $H_d = L - (10 \div 15)$ мм, где L — наибольшая величина хода ползуна, а $10—15$ мм — запас хода на вывод инструмента из детали.

При обработке револьверным суппортом наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, длина которых больше длины резцедержателя, чтобы исключить врезание грани направляющих ползуна или головки в обрабатываемую поверхность, приходится увеличивать вылет реза или применять удлиненную расточную оправку. И то и другое из-за снижения виброустойчивости заставляет занижать режимы резания. Кроме того, при обработке внутреннего отверстия удлиненной расточной оправкой снижается

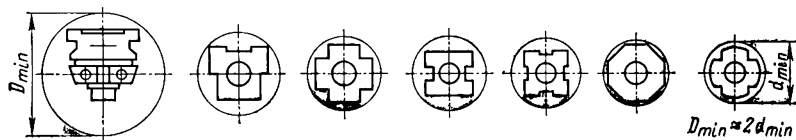


Рис. 51. Формы сечений ползуну вертикальных суппортов и соотношения минимальных размеров растачиваемых ими отверстий

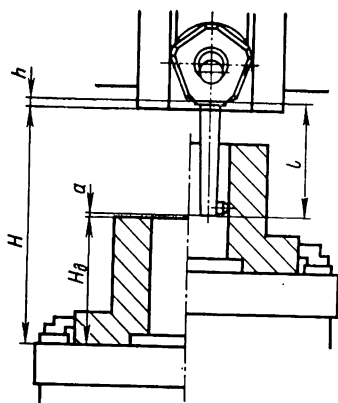


Рис. 52. Схема определения допустимой высоты растачиваемой револьверным суппортом детали

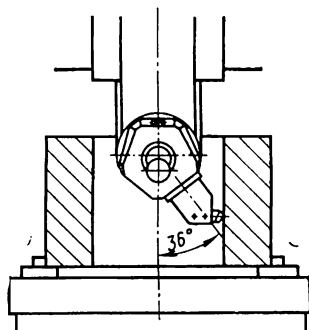


Рис. 53. Дополнительная, шестая рабочая позиция пятигранной револьверной головки

допустимая высота обрабатываемой детали из-за необходимости выводить оправку из детали по окончании растачивания. На рис. 52 изображена схема определения предельной высоты растачиваемой детали H_d при применении револьверного суппорта с расточной оправкой длиной l :

$$H_d = (H + h) - (l + a),$$

где h — расстояние от нижней поверхности корпуса суппорта до нижней кромки револьверной головки; $a = 15 \div 10$ мм — зазор между верхним торцом обрабатываемой детали и оправкой при крайнем верхнем положении ползуна; H — расстояние между опорной поверхностью планшайбы и нижней поверхностью корпуса суппорта при поднятой до предела поперечине.

Для повышения жесткости системы инструмент — суппорт за счет уменьшения вылета резца у многих конструкций станков пятигранная револьверная головка имеет дополнительную, шестую рабочую позицию (рис. 53) под углом 36° к основным осям.

По соображениям, связанным с жесткостью конструкции, вертикальный ход ползуна револьверного суппорта обычно на 25—30 % короче вертикального хода ползуна расточного суппорта станков того же типоразмера. Независимо от формы сечения ползуна по мере увеличения его вылета при резании, из-за снижения жесткости системы суппорт — ползун допустимая на ползун нагрузка снижается. На рис. 54 показано снижение допустимых сил резания в зависимости от увеличения вылета ползуна.

У двухстоечных карусельных станков на поперечине, как правило, устанавливаются два вертикальных расточных суппорта, однако при заказе станка с наибольшим диаметром обрабатываемой поверхности (до 2,5—3,5 м) можно оговорить поставку правого

суппорта с револьверной головкой. У одностоечных станков с консольной поперечиной число и комбинации суппортов бывают различными и оговариваются при заказе станка. Как одностоечные, так и двухстоечные станки могут быть укомплектованы специальными фрезерно-расточными, сверлильными и шлифовальными суппортами.

Для обеспечения обработки конических поверхностей без применения дополнительных механизмов у многих моделей станков корпус суппорта выполняется поворотным относительно основания (салазок), перемещающегося по направляющим поперечины. В этом случае салазки снабжаются центрирующей цапфой для базирования поворотной части корпуса при установке ее под нужным углом. Поворотная часть жестко соединяется с салазками Т-образными винтами. Величина наклона ползуна — поворота суппорта относительно вертикальной оси у различных моделей станков разная, но обычно у небольших станков лежит в пределах $\pm 45^\circ$, а у средних и тяжелых $(+30^\circ) \div (-15^\circ)$. Знак плюс обозначает поворот ползуна правого суппорта по часовой стрелке, а минус — против часовой стрелки; для левого суппорта знаки изменяются на обратные.

Не имеющий поворотной части суппорт, более жесткий, хотя и менее универсальный в работе, принято называть крестовым, а с устройством для поворота — поворотным. Для поворота передняя часть суппорта у станков малых типоразмеров снабжена червячным устройством, входящим в зацепление с сектором косозубой шестерни, закрепляемой на салазках или нарезаемой непосредственно на корпусе салазок. Поворот обычно производится вручную. У крупногабаритных и уникальных станков для поворота суппорта устанавливается редуктор с автономным электродвигателем, управляемым дистанционно с пульта управления станком.

У вертикальных суппортов, не имеющих поперечины, одностоечных карусельных станков «компактной» компоновки серии DK фирмы SCHIESS—FRORIEP, станков мод. 800 CNC итальянской фирмы GIANA и им подобных салазки револьверных суппортов перемещаются непосредственно по вертикальным направляющим станины. Горизонтальное перемещение имеют ползуны с четырехкантными револьверными головками. Такое упрощение позволило при небольших габаритах обеспечить относительно жесткую конструкцию суппорта, но ограничило возможности обработки на этих станках высоких деталей со сложным ступенчатым контуром.

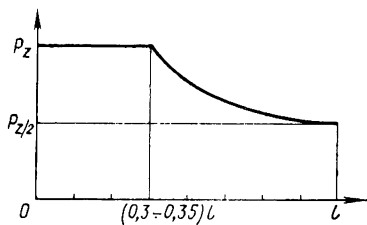


Рис. 54. Зависимость допустимой величины силы резания P_z от вылета ползуна l

Вертикальное и горизонтальное перемещения ползуна и суппорта при резании (рабочая подача), а также установочные перемещения у станков малых и средних размеров обычно осуществляются винтовыми или косозубыми реечными передачами. У станков больших типоразмеров из-за недостаточной жесткости и сложности изготовления точных винтов длиной более 2—2,5 м чаще используются реечные и червячно-реечные передачи. Для обеспечения точности обработки и равномерности движения на низких скоростях механическая часть привода подач должна иметь не зависящие от скорости движения малые потери на трение и высокую жесткость, т. е. минимальные зазоры в кинематической цепи. А так как на винтовые или червячно-реечные передачи как на конечное звено приходится значительная доля редукции привода, то эти требования в первую очередь относятся к ним.

Ходовые винты скольжения выполняются с метрической или дюймовой резьбой трапецеидального профиля. Устранение зазоров в резьбовом соединении обеспечивается применением регулируемых разрезных гаек. На современных станках широкое применение нашли передачи винт—гайка качения, значительно снижающие трение в резьбе и обеспечивающие за счет предварительного натяжения плавное беззазорное перемещение узла. Для обеспечения высокой жесткости и точностной долговечности в приводах подач применяют шариковые винты диаметром 80—100 мм с шагом 10—20 мм, изготовленные из сталей ХВГ, 8ХФ или 7ХГ2МВ. Гайки и вкладыши изготавливают из сталей 9ХС, ШХ15, 12ХН3А или 18ХГТ. Твердость рабочих поверхностей после объемной термообработки *HRC* 60—62. Допускаемая этими винтовыми передачами осевая нагрузка составляет 40—85 кН, а осевая жесткость соответственно 1,2—1,8 кН/мкм. При этом суммарная жесткость привода подач с передачей винт—гайка качения при длине винта до 2000 мм лежит в пределах 0,2—0,5 кН/мкм.

Оптимальная величина сил предварительного натяжения в каждом конкретном случае определяется исходя из условия неразмыкания стыков в кинематической цепи под действием динамических нагрузок и обычно составляет 0,5 наибольшей силы на гайке. Недостаточное натяжение приводит при работе механизма к ударам, снижению точности работы следящего привода подач, повышенному шуму. При чрезмерно большой силе увеличивается нагрузка на элементы привода, потери холостого хода и снижается КПД механизма.

КПД шариковой винтовой пары при правильной регулировке доходит до 0,9 и может быть ориентировочно определен из зависимости

$$\eta = K_{\eta} \frac{\operatorname{tg} \lambda_{\text{н}}}{\operatorname{tg}(\lambda_{\text{н}} + \rho)},$$

где K_{η} — коэффициент, величина которого зависит от величины натяга в гайке; $\lambda_{\text{н}}$ — угол наклона винтовой линии; ρ — приведенный угол трения.

Для повышения жесткости, плавности работы и долговечности винтовой передачи у тяжелых станков с большими длинами перемещений используют винт-гайку с гидростатической смазкой. Работающая в условиях жидкостного трения винтовая передача имеет очень высокий КПД (до 0,99). Коэффициент трения невелик и незначительно уменьшается со снижением скорости. Профиль резьбы таких винтов трапецеидальный, диаметр винта должен быть не менее 80—100 мм. Резьба может быть незакалена. Недостатком гидростатической винтовой передачи является сложность изготовления, трудность борьбы с утечками масла и необходимость его тонкой фильтрации.

В общем балансе жесткости привода подач большую роль играет осевая жесткость винтовой передачи. Суммарная податливость передачи складывается из податливостей кронштейна гайки, опор винта, самого винта и податливости резьбового соединения. Существуют два способа осевой фиксации винтов: одноопорный и двухопорный. При одноопорной фиксации винт жестко крепится затяжкой упорных подшипников в одной из опор, при этом другой конец винта имеет возможность смещаться во второй опоре в осевом направлении. Этот способ отличается простотой и применяется на станках с ручным управлением, а также для относительно коротких вертикально расположенных винтов точных станков. При двухопорной фиксации винт предварительно растягивается между опорами (рис. 55).

Двухопорная фиксация рекомендуется для расположенных горизонтально ходовых винтов точных станков при длине винта, равной 20 диаметрам или более. Монтаж винта с двумя опорами — операция сложная и трудоемкая, но, как показывают исследования, осевая податливость при работе предварительно растянутого двухопорного винта в 2—4 раза меньше, чем одноопорного [6]. Кроме того, при этом в значительной мере снижаются погрешности перемещения узла из-за теплового удлинения винта. Увеличение шага резьбы, вызываемое предварительной растяжкой винта, компенсируется вводимой в программу коррекцией.

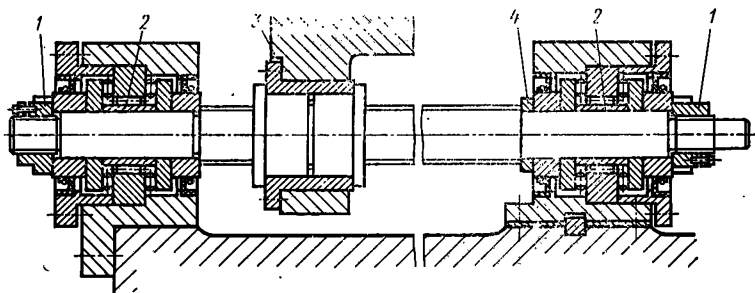


Рис. 55. Двухопорное крепление ходового винта.¹

1 — гайка затяжки подшипников; 2 — дистанционная втулка, определяющая величину предварительного натяга подшипников; 3 — перемещающийся узел; 4 — компенсаторные кольца, задающие величину предварительного растяжения винта

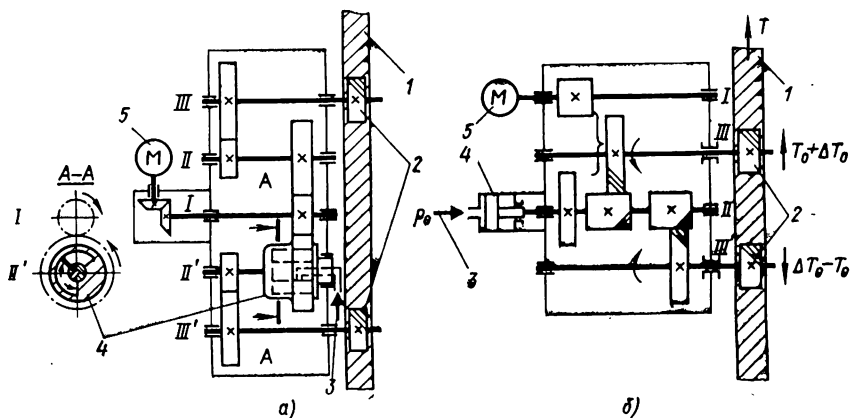


Рис. 56. Схемы двухшестеренных реечных механизмов подачи суппорта с автоматической выборкой зазоров в зацеплении:

1 — закрепленная на поперечине рейка; 2 — реечные шестерни; 3 — подвод масла к нагрузочному устройству; 4, 5 — привод подачи

Движение винтовым и реечным передачам суппортов передается от корбкок подач или, при использовании регулируемых в широком диапазоне частот вращения двигателей постоянного тока, непосредственно от двигателей, которые устанавливаются у станков малых и средних типоразмеров, обычно на боковых торцах поперечины. При этом у одностоечных станков, имеющих один вертикальный суппорт, винтовой привод горизонтального перемещения целесообразнее крепить на левой стороне поперечины. Это повышает точность позиционирования по диаметру, так как при обтачивании деталей малых размеров с меньшими полями допусков в цепи подач участвует и более короткий участок винта, что уменьшает погрешность. При креплении винта на правой стороне поперечины получается обратная картина. У тяжелых и уникальных станков коробки подач или регулируемые двигатели устанавливают непосредственно на корпусе суппорта.

Для обеспечения беззазорного зацепления при использовании в приводе подачи косозубой реечной передачи применяют разрезные реечные шестерни с осевым или круговым сдвигом одной половины шестерни относительно другой за счет натяжных гидравлических устройств.

На тяжелых станках применяют более эффективные конструкции реечного привода подач с двумя параллельными кинематическими цепями и гидравлическим устройством устранения зазоров в зацеплении (рис. 56). Гидравлическое нагрузочное устройство, схема которого показана на рис. 56, а, действует по принципу гидромотора с качающейся лопастью. Подаваемое в полость корпуса 4 через отверстие в вале II' масло давит на лопасть и создает крутящий момент, натягивающий все элементы обеих кинемати-

ческих цепей I, II, III и I, II', III' и устраняющий зазоры в зацеплении передач. Изменением давления масла изменяется величина крутящего момента, выбирающего зазоры. В механизме, схема которого приведена на рис. 56, б, крутящий момент, натягивающий параллельные цепи для выборки зазора, создается за счет сеевого сдвига гидроцилиндром вала II с косозубыми шестернями валов III и III', имеющими правый и левый наклоны зубьев.

По сравнению с обычными передачами в передачах с выборкой зазоров возрастают нагрузки на все элементы цепи подач. Так, при усилии подачи T на зубья ведущей реечной шестерни действует нагрузка $T + \Delta T$, а на шестерни параллельной цепи $\Delta T - T$, где $\Delta T \geq 0,5T$.

У станков больших типоразмеров горизонтальное движение суппорта по поперечине обычно осуществляется червячно-реечной передачей. Червяк устанавливается в корпусе суппорта и входит в зацепление с рейкой, расположенной вдоль направляющих поперечины. Червячная рейка собирается из отдельных, точно состыкованных по шагу и жестко зафиксированных отрезков. Для повышения жесткости передачи и снижения коэффициента трения у многих моделей современных тяжелых и уникальных станков червячно-реечная передача снабжается гидростатической смазкой. На рис. 57 приведена схема такой передачи.

Приводимый во вращение от шестерни 1 привода подач червяк 2 жестко зафиксирован в сеевом направлении упорными подшипниками опор корпуса суппорта 3. Через кольцевые канавки коллекторов смазочной системы в правой и левой опорах к червяку подведены масляные магистрали высокого 5 и низкого 4 давления. По периметру окружности червяка расположены отдельные системы каналов — отверстий для подвода масла к боковым поверхностям каждого витка. При вращении червяка масло из коллектора с высоким давлением подается только в те отверстия, которые

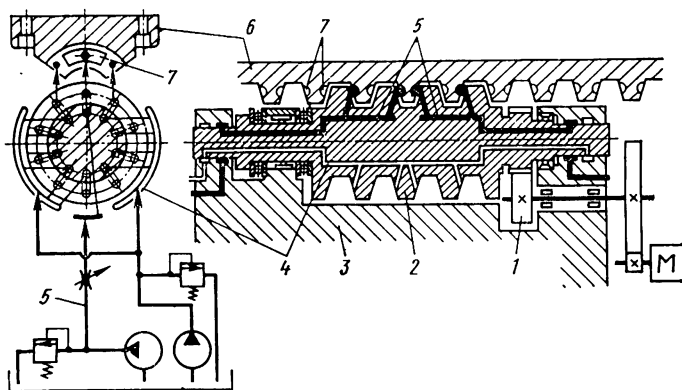


Рис. 57. Схема червячно-реечной передачи механизма горизонтальной подачи суппорта с гидростатической смазкой

в данный момент перекрыты зубьями рейки. Чтобы увеличить площадь несущей поверхности масляного слоя между витками червяка 2 и рейки 6, на боковых поверхностях зубьев рейки предусмотрены занижения — масляные карманы 7. Для повышения плавности работы и жесткости передачи, а также снижения эффекта пульсации давления масла во время вращения червяка, когда отверстия поочередно открываются и перекрываются зубьями рейки, предусмотрена вторая магистраль низкого давления. Она заполняет маслом каналы перед их входом в места зацепления с рейкой и предотвращает образование в них воздушных пузырьков. В результате при перемещении суппорта пульсирующие толчки обычно не вызывают отклонений более чем на 0,2 мкм.

У многих отечественных и зарубежных станков ползун вертикального суппорта не уравнивается, что вызывает повышение мощности, расходуемой на перемещение ползуна вверх, и требует обязательного применения безлюфтовой передачи в механизме перемещения. Для постоянного устранения зазоров в кинематической цепи перемещения и облегчения подъема ползуна у ряда конструкций суппортов предусматриваются устройства уравнивания веса ползуна. Наиболее распространены устройства гидравлического уравнивания, у которых масло под давлением подведено к одному или двум гидроцилиндрам в корпусе суппорта и постоянным усилием, несколько превышающим по величине вес ползуна с установленными на нем деталями и рецедержателями, поджимает плунжеры ползуна вверх.

Существуют и другие конструкции уравнивающих устройств, в том числе уравнивание контргрузом, соединенным с ползуном тросом или втулочно-роликовой цепью. Этот известный способ хотя и повышает громоздкость, массу и инерционность системы при копировании, но отличается простотой и надежностью. У станков фирмы Webster—Bennett ползун вертикального суппорта уравнивается гидروпневматическим противовесом: установленный на станине станка гидроаккумулятор находится под давлением воздуха и соединен рукавом с установленным на салазках суппорта вертикальным цилиндром уравнивания. Подведенное от аккумулятора масло постоянно стремится поднять поршень цилиндра. На верхнем торце штока поршня расположены две звездочки, через которые перекинута цепь, прикрепленные одним концом к ползуну, а другим — к корпусу салазок. Стремящийся подняться под давлением масла поршень с постоянной силой натягивает цепи и воспринимает вес ползуна. В результате обеспечивается равномерное уравнивание ползуна на всей длине его вертикального хода. При ходе ползуна вниз масло из цилиндра выдавливается в аккумулятор.

Корпусные детали суппортов и поперечины обычно отливают из серого чугуна твердостью *HV* от 180 до 220, но имеются конструкции станков, у которых эти детали выполняют сварными из стали. Ползуны выполняют из чугунных или стальных отливок,

поковок или стального проката. Большое значение для обеспечения плавного и точного перемещения режущего инструмента в процессе обработки имеет конструктивное исполнение корпусных деталей суппортов и их направляющих, которые должны обеспечивать высокую жесткость и износостойкость в сочетании с малыми силами трения. Жесткость направляющих определяет смещение суппорта и закрепленного на нем режущего инструмента относительно обрабатываемой детали под нагрузкой. Для повышения точности позиционирования и равномерности движения суппорта при малых скоростях коэффициент трения в направляющих не должен существенно зависеть от скорости движения.

Необходимость обеспечения высокой точности и динамической жесткости, а также плавности перемещения на малых скоростях, подвижных узлов, уменьшения потребляемой мощности и габаритов регулируемых приводов перемещения у станков с ЧПУ привела к созданию более эффективных направляющих: качения и жидкостного трения с гидростатической смазкой.

На карусельных станках применяют следующие виды направляющих суппортов: направляющие скольжения со смешанным трением, где к трущимся поверхностям смазка подводится самотеком или под малым давлением; направляющие качения; комбинированные направляющие, сочетающие поверхности скольжения и направляющие качения; гидростатические направляющие скольжения, стабильно обеспечивающие жидкостное трение за счет создания жесткого слоя подводимой под давлением смазки.

Направляющие скольжения со смешанным трением наиболее просты в изготовлении и широко применяются на универсальных станках нормальной точности. Основными недостатками таких направляющих являются недостаточная жесткость из-за невозможности полной ликвидации зазоров между рабочими поверхностями, относительно большой износ и высокий коэффициент трения при малых скоростях перемещения. Для уменьшения влияния этих факторов на одной из двух (более короткой) трущихся поверхностей направляющих крепят снижающие коэффициент трения и повышающие износостойкость накладки из антифрикционных материалов — бронзы, цинкоалюминиевого сплава ЦАМ или пластмасс. Зачастую вторая трущаяся поверхность подвергается закалке до твердости *HВ* 450—500, что еще больше повышает износостойкость рабочих поверхностей и снижает их склонность к задирам. Для облегчения подгонки и обеспечения минимально возможного зазора в направляющих (порядка 0,025—0,030 мм), а также компенсации их износа применяют различные конструкции клиньев и планок.

На рис. 58 приведены конструктивные варианты расположения компенсационных элементов направляющих скольжения ползунов вертикальных суппортов. При схемах *а* и *б* использовано по три клиновых компенсатора, при схеме *в* — четыре. Показанный на схеме *г* вариант с восьмигранным ползуном не имеет клиновых

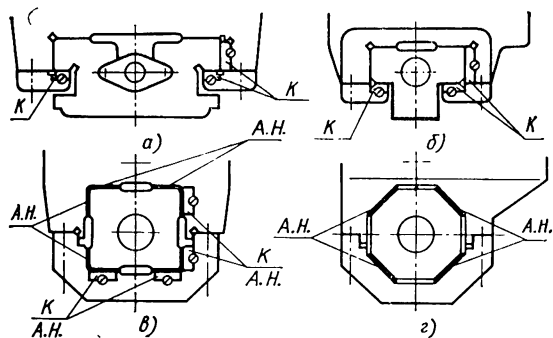


Рис. 58. Схемы направляющих скольжения ползунков:

К — клиновые компенсаторы; А. Н. — антифрикционные накладки

компенсаторов, выборка люфтов здесь осуществляется подгонкой шлифованием или шабрением плоскости стыка между корпусом суппорта и крышкой. С целью упрощения конструкции некоторые фирмы не используют клиновые компенсаторы и под передними прижимными планками; компенсация зазора осуществляется соответствующим занижением прилегающей к корпусу опорной поверхности планки. Однако практика показывает, что при эксплуатации по мере изнашивания направляющих такие подгонки производятся не всегда своевременно, и суппорт быстро теряет свою точность.

На рис. 59 показаны схемы направляющих скольжения, используемых для горизонтальных перемещений суппортов по поперечине. При схеме *a* нижняя направляющая воспринимает все возникающие при резании нагрузки: составляющие сил резания, прижимающие суппорт к поперечине, воспринимаются нижними лицевыми поверхностями направляющих поперечины, а сдвигающие вверх силы — задней наклонной плоскостью призмы нижней направляющей. Опрокидывающий момент от сил резания, действующих на ползун, воспринимается задней гранью верхней

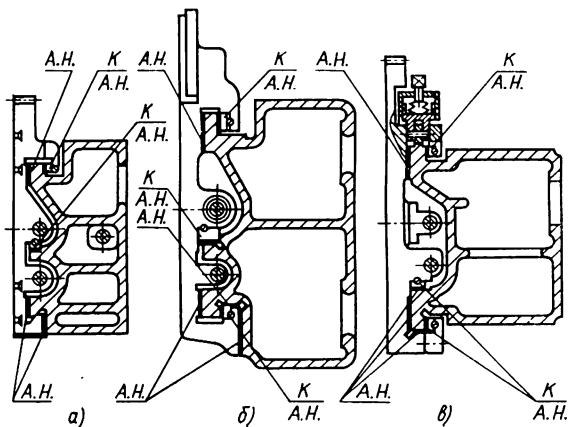


Рис. 59. Схемы направляющих скольжения салазок суппортов:

К — клиновые компенсаторы; А. Н. — антифрикционные накладки

направляющей поперечины. Точность направления горизонтального перемещения суппорта обеспечивается верхней плоскостью и наклонной задней поверхностью нижней направляющей поперечины. Для компенсации зазоров используются два клиновых компенсатора. При схемах б и в с прямоугольными призматическими направляющими для компенсации зазоров в подвижных соединениях требуются три клиновых компенсатора.

Для повышения точности горизонтального перемещения суппорта за счет уменьшения прогиба нижней направляющей поперечины под действием веса суппорта в варианте по схеме в нижняя направляющая разгружается пружинящими роликовыми опорами салазок, передающими нагрузку от массы суппорта на призму верхней направляющей поперечины. Это способствует одновременно и уменьшению сил перемещения. Однако недостаточную жесткость и неравномерность медленных перемещений, а также большие потери на трение устранить при направляющих скольжения со смешанным трением не удастся. Как известно, уменьшение сил трения позволяет уменьшить зону нечувствительности при трогании с места суппорта или ползуна и погрешности их позиционирования. По данным исследований ЭНИМСа [11] ориентировочно можно принимать следующие величины коэффициента трения покоя для направляющих смешанного трения:

Пара трения чугун—чугун	0,25—0,30
То же при применении антискачковых смазок	0,075—0,09
Накладки из сплава ЦАМ-10-5	0,18—0,20
Фторопластовые накладки	0,04—0,06

Тогда погрешность позиционирования суппорта (мкм) будет

$$\Delta_{\text{п}} = (1 \div 2) \frac{\Delta f N}{j_{\text{пр}}},$$

где N — номинальная нагрузка, Н; Δf — разность коэффициентов трения покоя и движения; $j_{\text{пр}}$ — жесткость привода подач, Н/мкм.

У токарно-карусельных станков средних типоразмеров жесткость привода подач с обычными ходовыми винтами не превышает 100—150 Н/мкм. При направляющих смешанного трения с парой скольжения чугун—чугун и смазывании индустриальным маслом Δf в среднем составит 0,09. Соответственно погрешность позиционирования суппорта от нагрузки массой 500—1000 кг может достигнуть 0,01—0,02 мм, а деформация привода под действием сил трения — 0,05—0,07 мм, что может быть приемлемо для станков с ручным управлением и недопустимо для станков с ЧПУ. Коэффициент трения движения в паре чугун—сплав ЦАМ 10-5 составляет примерно $f = 0,15$; соответственно $\Delta f = 0,04$. При использовании специальных антифрикционных накладок и антискачковых смазок или же гидростатических направляющих коэффициент трения покоя практически равен коэффициенту трения движения, что повышает равномерность движения и позволяет снизить погрешности позиционирования $\Delta_{\text{п}}$ до 1—3 мкм.

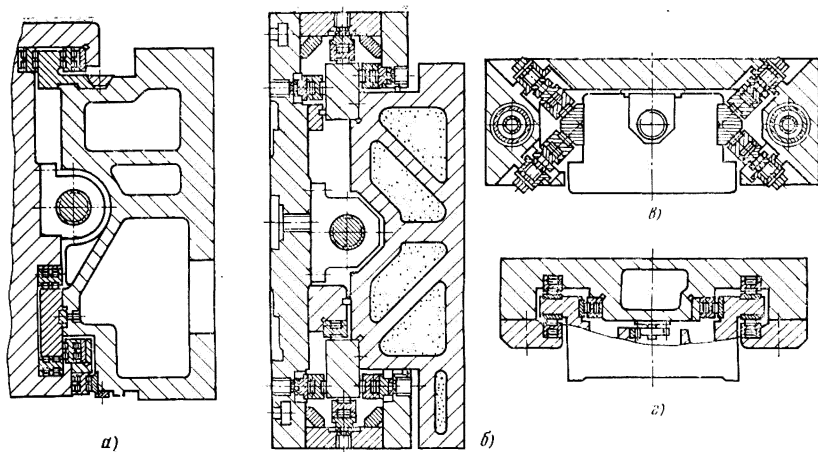


Рис. 60. Схемы направляющих качения суппортов

Повышение жесткости направляющих и снижение сил трения у станков повышенной точности с ЧПУ (малых и средних типоразмеров) ряд фирм обеспечили применением направляющих качения. Коэффициент трения f в направляющих такого типа обычно не превышает 0,002—0,0025 и практически не изменяется с изменением скорости движения, в то время как у направляющих скольжения при паре трения чугун—чугун величина f изменяется от 0,3 до 0,15. Применение на станке направляющих качения и шариковых винтовых передач повышает КПД цепи подач до 90 %; (КПД станка с направляющими скольжения и обычными винтовыми передачами составляет 25—40 %). Практически исключается скачкообразность движения при малых скоростях перемещения, амплитуда скачкообразного движения не превышает 0,01 мм. В связи с тем, что жесткость роликовых опор при малых нагрузках изменяется нелинейно, а при нагрузках, близких к допустимым, их податливость практически постоянна, направляющие качения монтируют с предварительным натягом. Это обеспечивает высокую жесткость при действии значительных опрокидывающих моментов. Так, при длине направляющих суппорта у токарно-карусельных станков средних размеров 800—1000 мм жесткость направляющих качения с предварительным натягом составляет 5,0—7,5 кН/мкм; у направляющих скольжения станка таких же размеров она не превышает 2,5 кН/мкм.

На рис. 60 изображены конструктивные варианты исполнения направляющих качения суппорта и ползуна. Во избежание быстрого изнашивания дорожки качения роликов должны иметь твердость не ниже $HRC\ 58—62$. Для этого корпусные детали выполняют с привертными закаленными накладными призмами (варианты *а*, *б*, *в*) из стали 7ХГ2ВМ или ШХ15СГ или же в местах

качения роликов чугунные детали снабжают дорожками из закаленной стальной полосы (вариант *г*). Уменьшение твердости рабочих поверхностей направляющих резко снижает их несущую способность и долговечность. Так, при твердости *HRC* 55 снижение составит около 10 %, а при *HRC* 53 — до 20 %.

Из-за сложности термической обработки накладные призмы направляющих составляют из отдельных планок длиной 800—1000 мм. Разновысокость планок в комплекте не должна превышать 2 мкм, разновысокость смонтированного комплекта, установленного в одной плоскости, не должна быть более 2—4 мкм. Непрямолинейность и непараллельность рабочих и опорных поверхностей — не более 0,008 мм на 1000 мм длины призмы. Шероховатость рабочих поверхностей — не грубее $Ra = 0,16 \div 0,63$ мкм.

Регулировка зазоров и предварительная нагрузка роликовых опор направляющих осуществляются регулировочными винтами с самоустанавливающимися сферическими подкладками или клиновыми компенсаторами с опорной поверхностью, позволяющей за счет наклона клина выбирать перекося опорной плоскости. Для этого на опорной поверхности клина выполняют продольный бурт шириной, примерно равной половине ширины клина, что позволяет последнему отклоняться в поперечном направлении, а опору клина устанавливают в полукруглую полость корпуса. При правильной выставке опоры поперечный перекося роликовой танкетки относительно рабочей поверхности призмы направляющей не должен превышать 1—2 мкм на длине ролика, а продольный перекося — 5—10 мкм на длине танкетки. Несоблюдение этого требования уменьшает несущую способность и долговечность опоры, ее жесткость. Так, при перекося по длине до 15—20 мкм несущая способность опоры снижается вдвое. Оптимальная предварительная нагрузка — натяг направляющих качения — принимается равной 0,25—0,3 допустимой опорой нагрузки.

Наряду с положительными качествами направляющим качения свойственны и недостатки: сложность изготовления их выше, чем направляющих скольжения; резкое уменьшение сил трения снизило демпфирующие свойства этих направляющих в сторону движения перемещаемого узла и, как следствие, виброустойчивость последнего в том же направлении при малых скоростях перемещения. Это привело в последние годы к широкому применению комбинированных направляющих, которые представляют собой сочетание направляющих качения с направляющими скольжения, покрытыми антифрикционными накладками для снижения коэффициента трения. Такое сочетание обеспечивает высокую жесткость в наиболее важном для точности перемещения направлении с удовлетворительной характеристикой трения, достаточной для демпфирования линейных колебаний.

На рис. 61, *а—д* приведены конструктивные схемы исполнения суппортов с комбинированными направляющими: основную рабочую нагрузку воспринимают направляющие скольжения, а точ-

ность перемещения обеспечивают грани направляющих, снабженные опорами качения. Жесткость комбинированных направляющих при равных габаритах суппорта в 1,5—3 раза выше, чем направляющих скольжения. Соппротивление движению комбинированных направляющих корпуса суппорта с вертикальными опорами качения и воспринимающими основные нагрузки от сил резания плоскостями с антифрикционными накладками при применении антискачковых смазок в 2—5 раз ниже, чем в паре скольжения чугуна—чугун. У комбинированных направляющих точное базирование ползуна при его вертикальном движении осуществляется роликовыми танкетками, а восприятие нагрузок в лобовом направлении, менее отражающемся на точности обработки, — направляющими скольжения. Для снижения коэффициента трения рабочие поверхности направляющих корпуса и клиновых компенсаторов имеют накладки из антифрикционных материалов.

Наиболее высокими антифрикционными свойствами и практически неизменным в зоне малых скоростей перемещения коэффициентом трения обладают накладки из полимерных материалов — фторопластов с наполнителем в виде бронзы, графита, дисульфида молибдена, а также из композиционных материалов на основе самотвердеющих эпоксидных смол (рис. 62). Первые имеют в паре с чугуном или сталью коэффициент трения 0,04—0,06, при работе пары трения самотвердеющая композиция — чугун или сталь коэффициент трения порядка 0,09. Равномерность перемещения на малых скоростях достигается при смазке направляющих антискачковыми маслами серии ИНСп (ТУ 38.101672—77) или индустриальными серии ИГНСп (ТУ 38.101798—79).

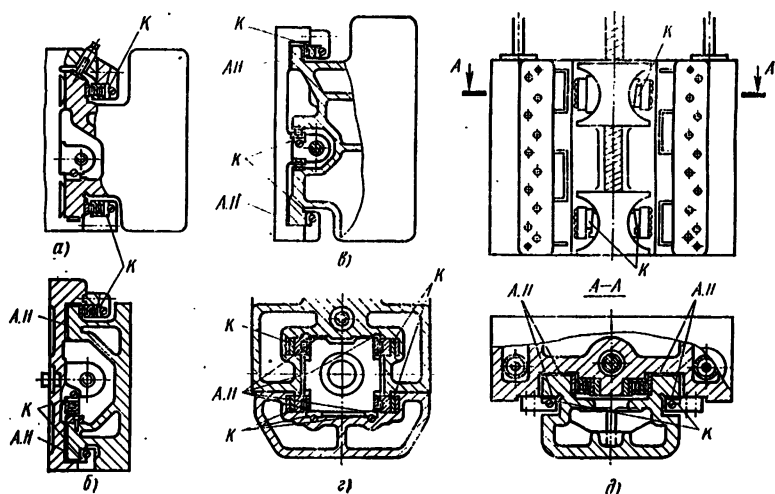


Рис. 61. Схемы комбинированных направляющих суппортов

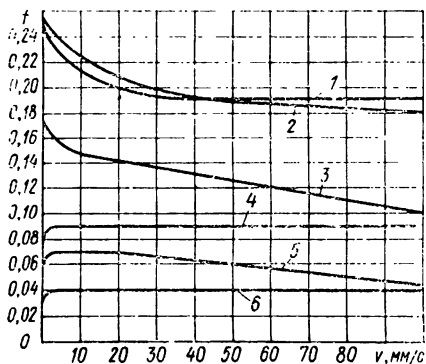
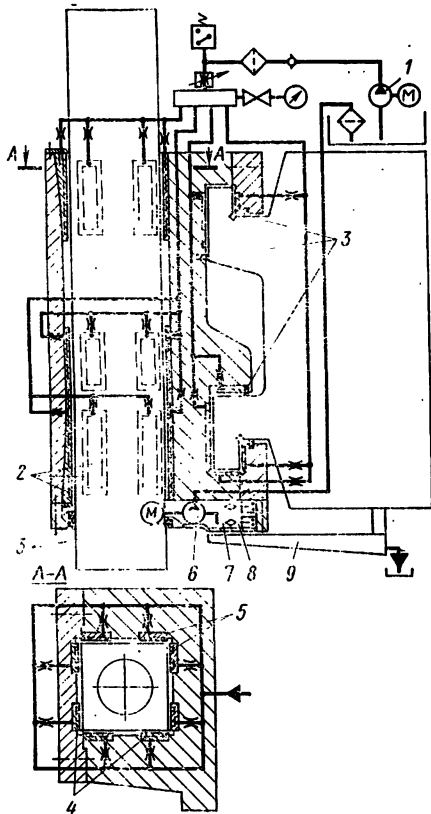


Рис. 62. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения для различных материалов направляющих:

1 — текстолит ПТ; 2 — чугун СЧ 21—40; 3 — бронза ОФ 10—1, силал ЦАМ 10—5; 4 — композиция УП-5-222; 5 — наполненный фторопласт ФЧК20; 6 — то же, ФЧК15М5

Рис. 63. Схема направляющих суппортов с гидростатической смазкой:

1 — насос подачи смазочного материала; 2 — канавки для смазки направляющих полузона; 3 — уплотнения; 4 — клиновые компенсаторы с канавками для масла; 5 — антифрикционные накладки направляющих с канавками для масла; 6 — насос откачки утечек масла; 7 — резервуар для сбора утечек масла; 8 — поплавковые реле уровня; 9 — желоб для сбора утечек с направляющих поперечины



Накладки из антифрикционных фторопластовых материалов наклеивают на одну из сопрягаемых поверхностей направляющих, имеющую меньшую длину. Например, в паре поперечина — суппорт накладки наклеивают на направляющие корпуса суппорта. После твердения клея производится окончательная подгонка — пришабривание направляющих для обеспечения геометрической точности положения узлов. При использовании самотвердеющих пастообразных композиций взаимное прилегание и точное расположение поверхностей трения обеспечивается без последующей механической обработки. Для этого рабочие поверхности одной из деталей покрывают тонким слоем разделительной смазки, предотвращающей прилипание пасты. Направляющие другой детали при обработке занижают на 1,5—2 мм и тщательно обезжиривают; на обезжиренные поверхности наносят слой пастообразной композиции. После этого одну деталь накладывают на другую, базирясь по предварительно выставленным технологическим упорам приспособлений, которые обеспечивают их взаимное расположение, соответствующее положению на работающем станке. Твердение анти-

фрикционной композиции при температуре 20 °С длится 15—20 ч. Допустимое давление при скольжении в направляющих 7,5—8 МПа, статическая прочность на сжатие 80 МПа. Накладки из антифрикционных материалов устойчивы к воде, маслам и СОЖ, но подвержены разрушению бензолом и ацетоном.

У тяжелых и уникальных станков фирм FARREL, INNOCENTI, SCHIESS—FRORIER для повышения жесткости направляющих, точности и плавности перемещения ползуна и суппорта, а также для снижения трения все более широко используются направляющие скольжения замкнутого типа с гидростатической смазкой [3]. Характерной особенностью конструкции таких суппортов является повышенная жесткость базовых деталей — корпуса суппорта и ползуна. На рис. 63 приведена схема суппорта с гидростатическими направляющими и принципиальная схема подвода смазочного материала к опорным поверхностям.

Работоспособность и жесткость направляющих существенно зависят от рабочих зазоров в направляющих: чем меньше зазор, тем жестче система. Однако величина зазора определяется сложностью точного изготовления направляющих поверхностей на всей длине перемещения узла. Толщина масляного слоя должна оставаться постоянной в пределах 15—25 мкм у тяжелых и 40—50 мкм у уникальных станков по всей площади поверхности направляющих даже при имеющей место деформации крупногабаритных корпусных деталей. Отклонение от прямолинейности и плоскостности не должно превышать соответственно 10 и 20 мкм. Для уменьшения зазоров в направляющих суппортов тяжелых станков без опасения повреждения рабочих поверхностей фирма FARREL применяет плавающие поджимаемые опоры.

Коэффициент жидкостного трения в замкнутых гидростатических направляющих определяется по зависимости

$$k_f = \frac{10^{-4}}{6h} \frac{F_1 + F_2}{F_1} \frac{v \mu_d}{p_y},$$

где $F_1 = L_1 B_1$ и $F_2 = L_2 B_2$ — площадь соответственно основных и дополнительных направляющих, см²; h — зазор в направляющих, мм; v — скорость движения узла, м/мин; μ_d — динамическая вязкость масла, Па·с; p_y — давление, МПа.

Давление масла в направляющих станков различных моделей зависит от их ширины и величины действующих нагрузок и лежит в пределах $(2 \div 10) 10^5$ Па.

При эксплуатации станка сложную проблему представляет тонкая очистка масла: частицы примесей не должны быть более $1/2$ — $3/4$ величины зазора в направляющих. Не менее сложен и сбор утечек масла; для этого направляющие снабжаются системой уплотнений и желобов, а у вертикальных направляющих ползуна в нижней части корпуса суппорта выполняется ванна — масло-сборник с насосом для откачки утечек в общую систему. Этот

насос включается периодически в работу по командам поплавковых реле уровня.

Для повышения динамической жесткости суппортов с направляющими скольжения, а также компенсации в них остаточных зазоров, при работе станка, у суппортов предусматривают специальные зажимы. На станках с ручным управлением зажим осуществляется вручную — поворотом винтовых прихватов или прижимов. При этом во время обработки при перемещении ползуна производится зажим корпуса, а при обработке с перемещением корпуса суппорта зажимается ползун. У станков с дистанционным автоматизированным управлением с целью уменьшения непроизводительных перемещений рабочего для выполнения вспомогательных операций зажим ползуна или корпуса суппорта осуществляется автоматически и заблокирован с включением перемещения. Зажим обычно выполняется пружинами, а разжим — гидроцилиндром или плунжером, масло к которому подводится одновременно с включением перемещения.

Для защиты направляющих и винтовых передач, что особенно важно при парах качения, направляющие поперечин закрываются предохранительными пластмассовыми гармошками или стальными телескопическими щитами.

Для обеспечения надежной работы всех движущихся частей суппорта (направляющих, подшипников, винтовых передач, шестерен и т. д.) обычно предусматривается автономная система смазки суппорта, состоящая из масляного бачка, насоса с распределительным дозирующим устройством и системы разводящих трубок, по которым к точкам смазывания непрерывно или периодически подводятся небольшие порции масла. Подача излишнего масла нежелательна, так как вызывает его подтекание и загрязнение станка, а в отдельных случаях по условиям обработки детали подтекание масла вообще недопустимо. Для обеспечения равномерной смазки рабочих поверхностей направляющих скольжения на рабочих плоскостях направляющих корпуса суппорта делают зигзагообразные канавки, масло к которым подводится через просверленные в корпусе отверстия, соединенные с маслоразводящими трубками смазочной системы.

Требуемый по технологическому процессу режущий инструмент крепится винтами в резцедержателях и инструментальных оправках, форму и размеры которых выбирают в зависимости от конфигурации обрабатываемой детали. Для точной установки и крепления резцедержателей на ползунах суппортов предусматривают соответствующие стандартизованные посадочные места, обеспечивающие в пределах сотых долей миллиметра повторяемость положения резцедержателя при его повторной установке на суппорт.

На рис. 64 показаны варианты применяемых на карусельных станках посадочных мест для резцедержателей расточных суппортов и соответствующие им хвостовики резцедержателей с ручной сменой и креплением. У револьверных суппортов посадочные

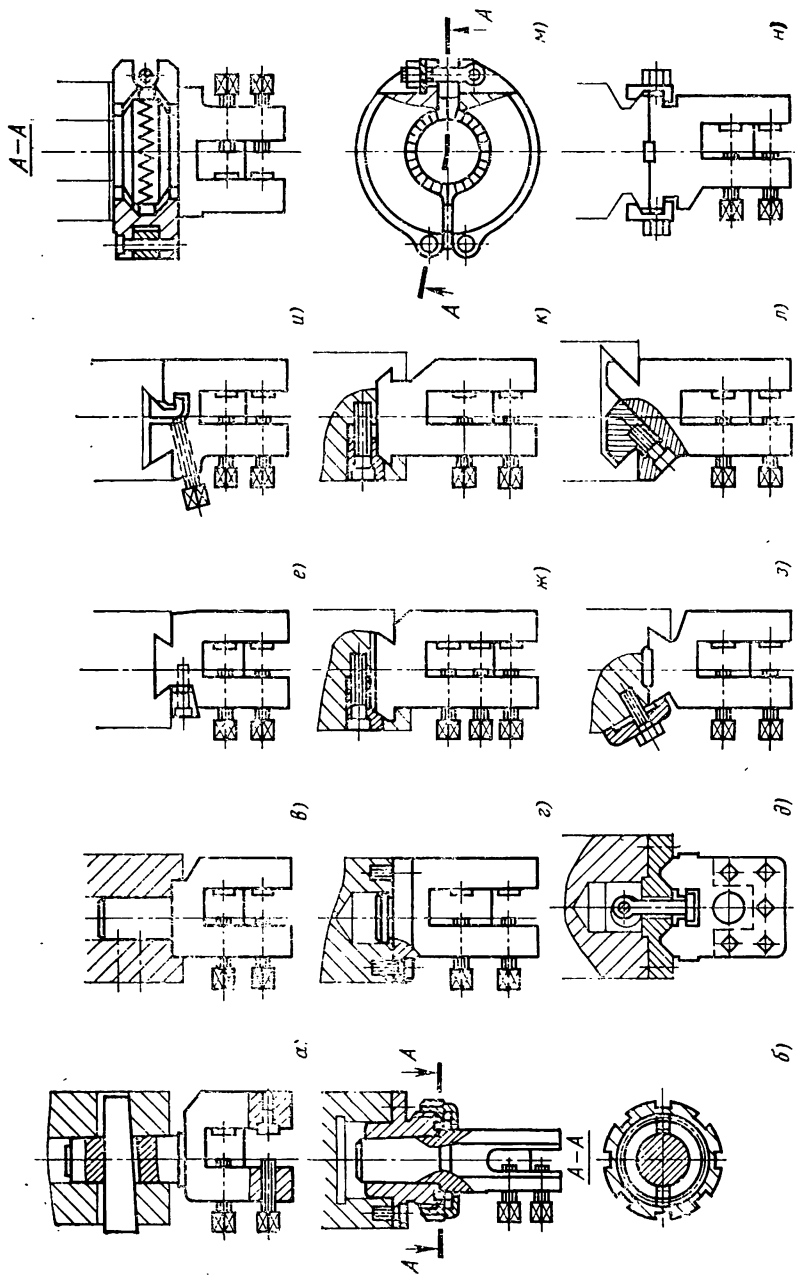


Рис. 64. Разновидности посадочных мест и креплений разрезателей в ползуне:

а — конический хвостовик с клиновым креплением; б — конический хвостовик с накидной гайкой; в — цилиндрический хвостовик с клиновым винтовым креплением; г — цилиндрический поясок с винтовым креплением; д — фиксирующее плоское зубчатое колесо с накидным хомутом зажима; е — фиксирующее плоское зубчатое колесо с винтовым зажимом; ж — фиксирующее плоское зубчатое колесо с накидным хомутом зажима; з — фиксирующее плоское зубчатое колесо с винтовым зажимом; и — фиксирующее плоское зубчатое колесо с накидным хомутом зажима; к — фиксирующее плоское зубчатое колесо с винтовым зажимом; л — фиксирующее плоское зубчатое колесо с накидным хомутом зажима; м — фиксирующее плоское зубчатое колесо с винтовым зажимом; н — фиксирующее плоское зубчатое колесо с накидным хомутом зажима.

места резцедержателя, как правило, соответствуют расточным суппортам и располагаются по граням револьверной головки. Широко распространенные пятигранные головки, допускающие установку до пяти резцедержателей, все больше вытесняются четырехгранными, позволяющими удобнее размещать инструментальную наладку и допускающими установку до шести различных резцедержателей с настроенными вне станка на специальных приборах вылетами инструментов. Это позволяет сократить время подготовки к работе станков с автоматизированными системами управления.

На рис. 65 приведены схемы наладки инструментов на пяти- и четырехгранных револьверных головках с различными способами базирования резцедержателей. В схеме 2 две грани имеют центрирующие отверстия ($\varnothing 80$); резцедержатель или расточная оправка в них крепится через зажимной сухарь винтом, как и в схеме 1, а вторые две грани имеют паз для крепления резцедержателей с хвостовиками «ласточкин хвост»; базирование их осуществляется по одному жесткому центральному упору — врезной закаленной шпонке. Встречаются головки с тремя расположенными по грани базирующими пазами (схема 3), что позволяет фиксировать резцедержатели в различных положениях. У головок в схеме 4 крепление производится по всем граням типа «ласточкин хвост» с базированием за счет совмещения зубьев реек резцедержателей и револьверных головок. Схему 5 применяет фирма TOSHIBA на станках с ЧПУ серии TSN для четырехгранных револьверных головок (рис. 66) с базированием резцедержателей по цилиндрическим отверстиям на лицевой поверхности головки. Тут же размещены и отверстия для крепления резцедержателей, позволяющие устанавливать их в различных положениях.

Для работы станка большое значение имеет точность позиционирования головки после поворота и жесткость крепления (прижима) ее к ползуну. От этого зависит точность обработки и жесткость револьверного суппорта в целом. На станках с автоматизированным управлением применяют дистанционно управляемые механизмы поворота и крепления револьверных головок с электрическим или гидравлическим приводом. На рис. 67 показана схема такого дистанционно управляемого устройства автоматического поворота револьверной головки. При нажатии на подвесном пульте управления станком кнопки «Поворот револьверной головки» включается установленный на верхнем торце ползуна электродвигатель 1. Через шестеренчатые передачи 2 вращение передается на приводной вал 3, имеющий на нижнем конце резьбу. При вращении, вывинчиваясь из гайки 8, вал перемещается вверх. Гайка 8 и насаженный на нее червяк 7 удерживаются в это время от вращения включившейся при нажатии кнопки электромагнитной муфтой 5. Перемещаясь вверх, приводной вал 3 рейкой 10 через косозубую шестерню — гайку 9 и винт 12 отжимает револьверную головку.

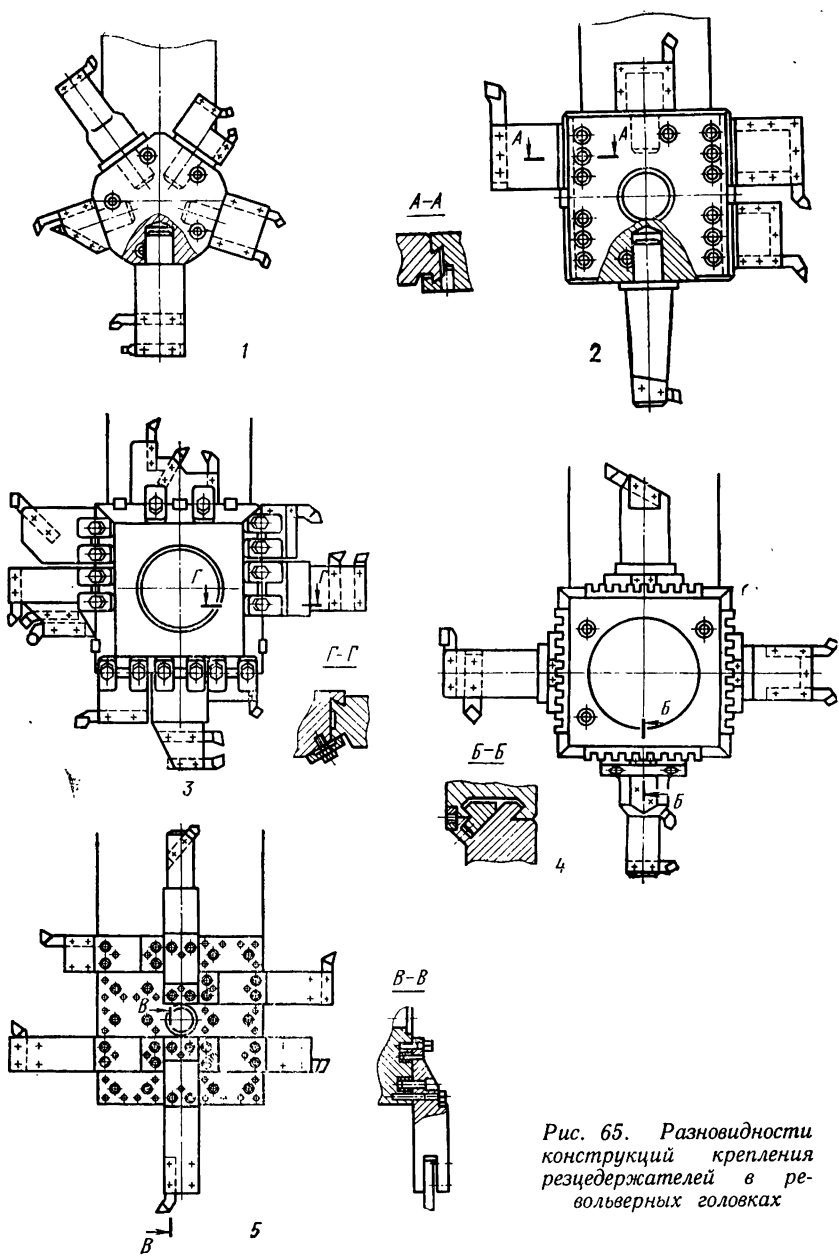


Рис. 65. Разновидности конструкций крепления резцедержателей в револьверных головках

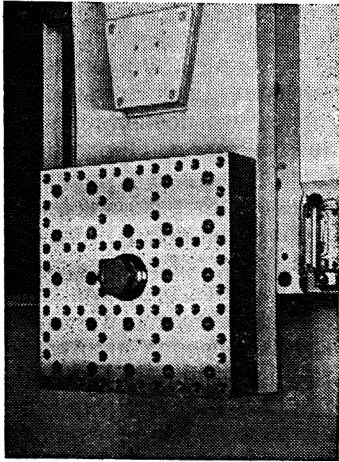
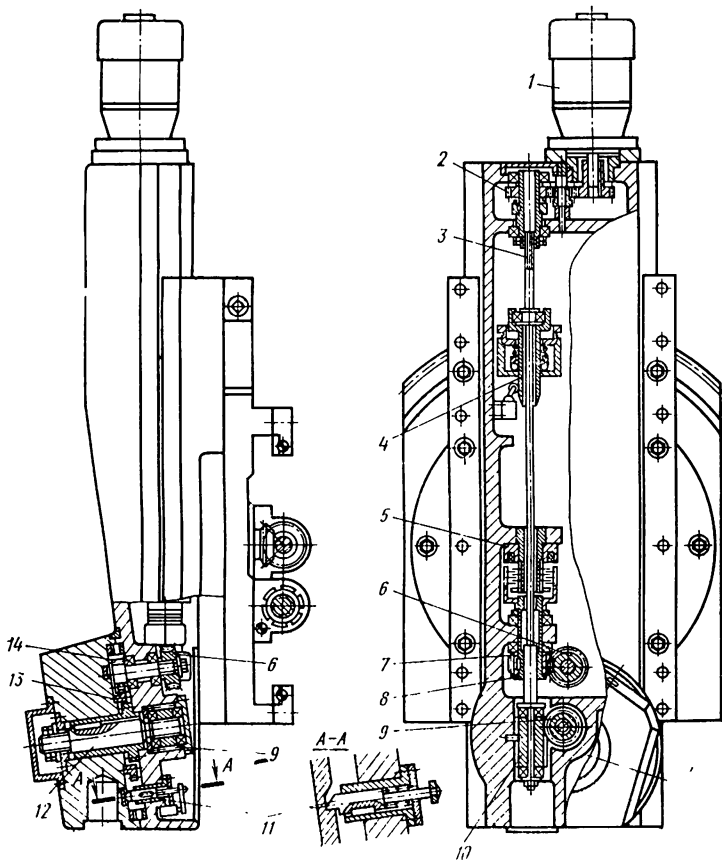


Рис. 66. Четырехгранная револьверная головка с базирующими крепежными отверстиями станков серии TSN фирмы TOSHIBA

Рис. 67. Механизм автоматического поворота и зажима револьверной головки одношпиндельного станка мод. 1516



Перемещение приводного вала вверх происходит до тех пор, пока рейка 10 не упрется в торец гайки 8. Одновременно с валом 3 перемещается и гильза 4, которая еще до окончания подъема вала в конечное положение своим корпусом через конечный выключатель отключает электромагнитную муфту 5, что позволяет вращаться гайке 8 вместе с посаженным на нее червяком. Продолжая вращаться, вал 3 через червяк 7 приводит в движение червячную шестерню 6 и через шестерни 14 и 13 поворачивает револьверную головку. При провороте головки на $\frac{1}{3}$ оборота под действием пружины упор 11 западает в паз закрепленного на задней плоскости головки диска фиксации и через микропереключатель дает команду на реверс электродвигателя 1. Если кнопка «Поворот револьверной головки» остается еще нажатой, реверса двигателя не произойдет и вращение головки будет продолжаться. Если же кнопка отпущена, то электродвигатель изменит направление вращения. От проворота в обратную сторону револьверная головка удерживается фиксирующим упором 11 и тормозит этим червяк, посаженный на гайку 8. Приводной вал 3 смещается по резьбе гайки 8 вниз и рейкой 10 зажимает головку. Возрастающая сила прижима через максимальное реле отключает электродвигатель.

Существуют и другие конструкции механизма автоматического поворота револьверных головок. Приводом у такого механизма может быть устанавливаемый на верхнем конце ползуна электродвигатель, гидродвигатель или гидромеханизм с цилиндрами.

Для сокращения времени настройки инструмента в револьверной головке некоторые фирмы выполняют ее корпус быстросъемным. При этом со станком поставляются две сменных головки; пока ведется обработка инструментами одной головки, вторая находится в настройке.

Для обеспечения многоинструментальной токарной обработки внутренних поверхностей отверстий малых диаметров на нижнем торце ползуна вертикального расточного суппорта могут быть установлены трех- или четырехпозиционные револьверные головки с вертикальной осью проворота (рис. 68). Существуют разновидности револьверной головки для расточного ползуна и с горизонтальной осью.

Точное позиционирование револьверной головки при повороте осуществляется за счет ее базирования — индексации перед прижимом к ползуну. Наибольшее распространение получили две конструкции точной индексации головки: пружинящие кулачковые диски — муфты (рис. 69) и плоские конические шестерни. Один из таких кулачковых дисков (или плоских шестерен) крепят к головке, а другой — к опорной поверхности ползуна. Число кулачков или зубьев на дисках кратно числу позиций головки. Такая индексация обеспечивает высокую стабильность позиционирования головки.

Горизонтальные (боковые) суппорты предназначены для обработки наружных поверхностей деталей большой высоты, когда

обработка вертикальным суппортом из-за требуемых больших вылетов ползуна и соответствующего этому ограничения режимов резания неэффективна или вообще невозможна. За счет установки горизонтального суппорта на направляющих станины или стойки жесткость его обычно выше, чем у размещенного на поперечине вертикального суппорта; соответственно выше и допускаемые силы резания. Применяются горизонтальные суппорты в основном на одностоечных станках, но по заказу потребителя устанавливаются и на правой стойке двухстоечных станков средних типоразмеров. На специальных станках может быть установлено одновременно два суппорта — правый и левый. Наибольший диаметр обработки горизонтальным суппортом обычно не превышает диаметр планшайбы, поэтому при обработке детали максимального диаметра горизонтальный суппорт опускается ниже верхней опорной плоскости планшайбы. Наименьший диаметральный размер обрабатываемой горизонтальным суппортом поверхности определяется допустимым вылетом ползуна; с увеличением вылета снижается допустимая суппортом нагрузка от сил резания. Величина горизонтального перемещения ползуна у одностоечных станков обычно не превышает 750—800 мм, а у двухстоечных — 1200—1500 мм.

На передней поверхности ползуна обычно крепится четырехгранная головка резцедержателя, проворачивающаяся на жестко заделанной в ползуне оси. Точное позиционирование головки выполняют плоские шестерни или же жесткая пластина упора, к которому прижимается резцедержатель своей задней гранью. Зажим и разжим головки и поворот ее в новую позицию чаще всего

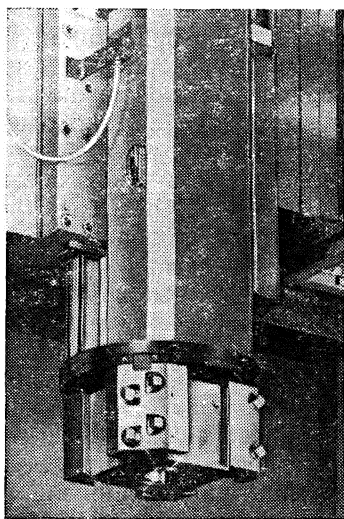


Рис. 68. Револьверная головка с вертикальной осью поворота

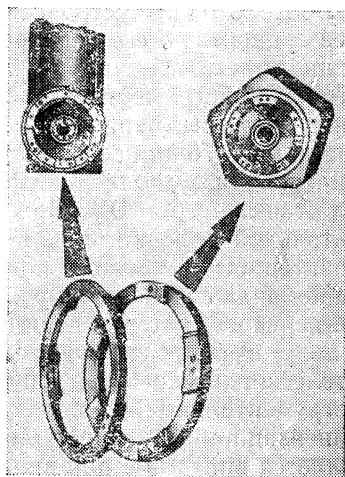


Рис. 69. Кулачковые диски индексации положения револьверной головки

осуществляется вручную. Встречаются головки с поворотом от электродвигателя или гидроцилиндра.

Смазывание всех механизмов суппорта производится автоматически плунжерными насосами, подающими масло из ванны в корпусе суппорта в маслораспределитель, откуда оно по трубкам поступает к точкам смазки.

Для постоянной односторонней выборки зазоров в кинематической цепи вертикальных подач и облегчения ручного перемещения горизонтальный суппорт и закрепленная на нем коробка подач уравниваются грузом, который размещается во внутренней полости станины. Груз связан с суппортом стальным тросом, перекинутым через направляющие ролики, установленные в кронштейне наверху станины. Масса груза на 5—10 % больше суммарной массы уравниваемых узлов. У некоторых станков уравнивание суппорта осуществляется гидроцилиндром.

У крупногабаритных одностоечных станков с консольной поперечиной ряда фирм конструктивное исполнение горизонтального и вертикального суппортов взаимно унифицировано. Для расширения технологических возможностей горизонтальный суппорт этих станков зачастую выполняется поворотным; поворот его осуществляется червячной передачей от отдельного электродвигателя. Иногда для облегчения поворота применяют разгрузочные устройства. Так, у станков фирмы INNOCENTI поворотная часть суппорта уравнивается тросом, перекинутым через систему блоков; другой конец троса закреплен на корпусе салазок. Изменяющееся по величине в зависимости от угла поворота суппорта усилие натяжения троса создается установленным на салазках нагрузочным гидроцилиндром.

Более сложны устройства компенсации переориентации корпуса суппорта — его перекоса в ту или другую сторону при изменении вылета ползуна и установке на нем различных по массе сменных инструментальных головок, что изменяет положение центра тяжести суппорта.

На рис. 70 приведена принципиальная схема такой системы компенсации, выполненная фирмой SCHIESS—FRORIER на тяжелых станках серии DV. При установке на ползун сменной инструментальной головки 2 включается соответствующая по весовой характеристике ее коду комбинация конечных выключателей 3. Эта команда передается в решающее устройство системы компенсации перекоса, которая подключает соответствующую пару (вверху и внизу) путевых выключателей 4 перемещения опорных ползушек 7 телескопического гидроцилиндра 6. Чем больше вес сменной инструментальной головки, тем дальше влево должен сместиться компенсационный гидроцилиндр. Перемещение цилиндра осуществляется винтами 5 при включении с пульта управления электродвигателей 9. Остановка двигателей производится по достижении цилиндром оптимального положения соответствующей парой путевых выключателей 4.

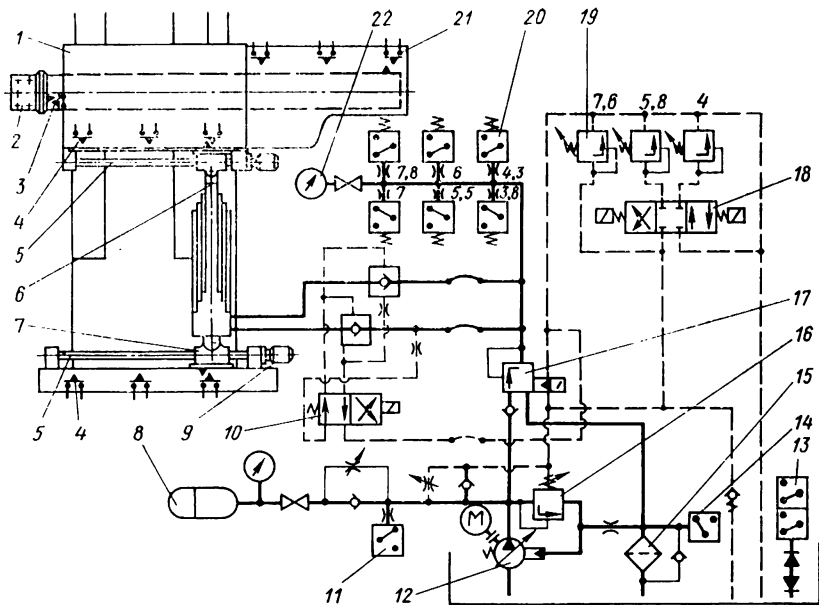


Рис. 70. Принципиальная схема системы компенсации переориентации положения горизонтального суппорта:

1 — горизонтальный суппорт; 2 — сменная инструментальная головка; 3 — конечные выключатели распознавания кода инструментальной головки; 4 — путевые выключатели телескопического гидроцилиндра; 5 — винты перемещения телескопического гидроцилиндра; 6 — телескопический гидроцилиндр; 7 — опорная ползушка — гайка перемещения телескопического гидроцилиндра; 8 — гидроккумулятор; 9 — электродвигатель привода винта; 10 — распределитель $\frac{4}{2}$ с электромагнитным управлением; 11 — реле давления 0,9 МПа; 12 — регулируемый поршневой гидронасос с гидроразуплотнением; 13 — реле максимального и минимального уровня масла; 14 — реле контроля засорения фильтра; 15 — фильтр маслопровода возврата; 16 — редукционный клапан; 17 — управляющий клапан с электрогидравлическим управлением; 18 — распределитель $\frac{4}{3}$ с электромагнитным управлением; 19 — регулируемые напорные клапаны с управлением от основного потока; 20 — реле контроля давления — датчики обратной связи; 21 — путевые переключатели — датчики контроля положения ползуна; 22 — манометр для визуального контроля давления в гидроцилиндре; цифры у позиций 19 и 20 — давление в МПа

Кроме изменения положения цилиндра в зависимости от веса инструментальных головок, автоматически, в зависимости от давления масла в гидросистеме, изменяется и развиваемая цилиндром сила уравнивания в соответствии с вылетом ползуна по командам путевых переключателей 21. Предусмотрены три ступени давления масла: 4; 5,8 и 7,6 МПа; они устанавливаются напорными клапанами 19. Для включения самой высокой ступени давления золотник трехходового распределителя 18 устанавливается в среднее положение. При включении соленоидов и перемещении золотника влево или вправо соответственно включается вторая или первая ступень давления. Давление масла в цилиндре контролируется визуально по манометру 22 и автоматически включенными попарно реле давления 20. При этом первая пара реле контроли-

рует нормальную работу суппорта на ступени с колебанием давления 7—7,8 МПа, вторая — на ступени с давлением в пределах 5,5—6 МПа и третья — на ступени с давлением 3,8—4,3 МПа. Перемещения суппорта включаются только после подтверждения о том, что цилиндр установлен в заданное положение и развито необходимое давление уравнивания. При давлении масла выше или ниже установленного движение суппорта отключается, и на пульте управления станком загорается сигнал помехи. Избыточное, а также выжимаемое при движении суппорта вниз масло через клапан 17 и фильтр 15 сливается в бак.

Редукционный клапан 16 поддерживает в системе установленное давление, автоматически повышая или снижая подачу насоса. Гидроаккумулятор 8 служит для сглаживания перепадов давления в системе из-за имеющей место инерционности управления подачей насоса. Реле давления 11 контролирует давление масла на случай разрыва маслопровода.

Поперечина. Путь перемещения ползуна вертикального суппорта универсального карусельного станка нормального исполнения обычно составляет около 60 % допускаемой станком высоты обрабатываемой детали; ее высота может изменяться в широких пределах. Поэтому при установке суппорта на постоянной высоте приходится работать с большими вылетами ползуна и, следовательно, заниженными режимами резания. Для создания оптимальных условий обработки необходимо иметь возможность изменять по высоте расположение вертикального суппорта, максимально приближая его к обрабатываемой детали. С этой целью универсальные карусельные станки снабжают подвижной поперечиной — переустанавливаемой по высоте жесткой опорой для вертикальных суппортов. У специализированных станков, предназначенных для обработки невысоких деталей поперечина выполняется неподвижной. Основными предъявляемыми к поперечине требованиями являются обеспечение прямолинейности горизонтального перемещения суппорта на всей длине его хода, сохранение параллельности этого перемещения плоскости планшайбы и параллельности перемещения ползуна оси вращения детали при переустановках поперечины по высоте, а также обеспечение стабильного и виброустойчивого положения суппорта в процессе обработки детали.

В большинстве случаев поперечины отливают из серого чугуна; для большей износостойкости чугун легируют медно-никелевыми присадками. Стальные сварные поперечины применяют в основном при единичном выпуске крупногабаритных и специальных станков. С целью обеспечения высокой жесткости поперечина имеет сечение коробчатой формы с развитой системой ребер, разбивающих внутреннюю полость на отдельные отсеки. Для повышения виброустойчивости иногда во внутренних полостях литых чугунных поперечин оставляют формовочный песок. На задней стороне корпуса поперечины располагаются опорные плоскости направляющих для вертикального перемещения по ним станины

или портала. Тут же размещается и механизм жесткой фиксации поперечины после ее установки в требуемом по высоте положении.

На передней стороне корпуса поперечины на всю ее длину размещаются отштабренные или точно шлифованные горизонтальные направляющие для перемещения вертикальных суппортов. При использовании направляющих качения призмы горизонтальных направляющих поперечины выполняют в виде привертных стальных планок, закаленных до твердости *HRC* 60—62. Базирование суппорта при его горизонтальном перемещении осуществляется по призме нижней направляющей. Для размещения механизмов перемещения суппортов между горизонтальными направляющими поперечины имеется желоб, в который у станков с коробками подач небольших размеров монтируют ходовой вал или винт, а у крупногабаритных станков — червячно-реечную передачу. От ходового вала через шестеренную передачу в корпусе суппорта движение передается ползуну. Механизмы привода подач станков малых и средних размеров крепятся на боковых торцах поперечин. У станков с ЧПУ в желобе между направляющими обычно устанавливают также и линейные датчики контроля горизонтальных перемещений суппортов.

Вертикальное перемещение поперечины у станков малых и средних типоразмеров осуществляется червячно-винтовыми механизмами, которые устанавливаются на верхней плоскости станины одностоечных станков или портала у двухстоечных (рис. 71). У тяжелых и уникальных станков редукторы состоят из цилиндрических и конических зубчатых передач. Синхронность вращения винтов подъема при двух редукторах обеспечивается жестким соединением приводных валов редукторов с электродвигателем. Для обеспечения точной установки поперечины параллельно плоскости планшайбы и восстановления этого положения в случае неравномерного износа резьбы в процессе эксплуатации станка в кинематической цепи перемещения предусматривают специальные регулировочные устройства. Простейшим из них является регулируемая соединительная муфта, которую устанавливают между электродвигателем и одним из редукторов механизма подъема. Одной из половин муфты является косозубая или червячная шестерня, с которой входит в зацепление регулировочный винт, установленный в корпусе муфты. Поворотом винта обеспечивается плавный проворот шестерни относительно корпуса, а следовательно, и одного винта подъема поперечины относительно другого.

Распространен способ обеспечения точности горизонтального положения поперечины фиксированием ее перед зажимом по пазам или отверстиям в двух базирующих рейках. Эти пазы или отверстия для повышения точности фиксации обрабатывают с одной установки и имеют шаг по длине рейки 100 или 200 мм (рис. 72). Рейки крепят с правой и левой сторон портала на боковых поверхностях стоек или станины с точной регулировкой взаимного расположения опорных поверхностей пазов. При перемещении попе-

речины в новую позицию, не доходя нескольких миллиметров до выбранного положения, за счет взаимодействия путевых выключателей с упорами включается гидравлический механизм выдвижения фиксаторов. Войдя в гнезда, фиксаторы дают команду на опускание поперечины независимо от направления ее предыдущего движения. Жесткая «посадка» на фиксаторы перед включением зажима гарантирует точность положения поперечины при обработке детали.

Износ резьбы гаек механизма перемещения поперечины отражается не только на точности станка, но может привести и к аварии — срезанию изношенной резьбы и падению поперечины. Поэтому уделяется большое внимание обеспечению хорошей смазки винтовой пары и контролю за величиной износа. Одна из конструкций устройства для контроля износа резьбы приведена на рис. 73. Гайка состоит из двух частей: рабочей гайки 2, толщина витков которой соответствует ширине впадин винта 1, и ловителя 4, имеющего при том же шаге резьбы t толщину витков несколько меньшую, чем ширина впадин винта. Вся нагрузка Q на винтовую пару передается только через рабочую гайку. Ловитель висит на витке свободно, на расстоянии h от рабочей гайки и удерживается от проворота шпонкой 3. Положение ловителя относительно рабочей гайки контролируется прибором 5. По мере изнашивания витков рабочей гайки вследствие появившегося зазора Δt гайка смещается вместе с поперечиной вниз на величину Δt относительно ловителя, ненагруженная резьба которого не изнашивается. Шкала 6 контрольного прибора 5 показывает величину износа резьбы гайки. При достижении предельно допустимого износа срабатывает конечный выключатель 7, блокирующий работу механизма разжима и перемещения поперечины. Ловитель одновременно является и предохранительным звеном. В слу-

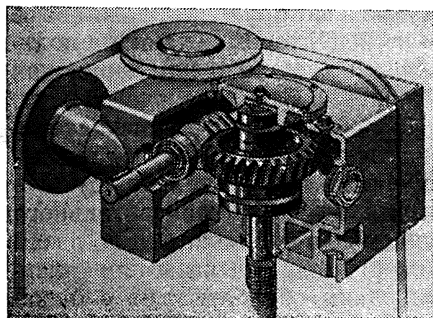


Рис. 71. Редуктор перемещения поперечины

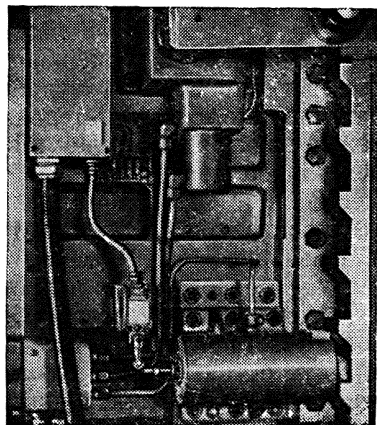


Рис. 72. Реечный механизм выверки положения поперечины

Рис. 73. Устройство контроля износа резьбы гайки перемещения поперечины:

а — новая гайка; б — изношенная гайка

чае срезания резьбы рабочей гайки поперечина, пройдя путь $h_1 = h - \Delta t$ между нижним торцом рабочей гайки и ловителем, повиснет на ловителе.

По окончании перемещения для повышения жесткости и виброустойчивости несущей системы станка поперечина фиксируется на направляющих зажимными устройствами. На станках с ручным управлением прижим осуществляется прихватами, приводимыми в действие рукояткой с эксцентриковыми или винтовыми механизмами. На современных станках применяют дистанционно управляемые электромеханические или пружинно-гидравлические механизмы (рис. 74), у которых при работе станка рычаги 3, прижимающие поперечину к направляющим станины или стойки 4, постоянно находятся под давлением пакетов тарельчатых пружин 1.

Разжим рычагов перед перемещением поперечины осуществляется под действием масла, подаваемого в полость цилиндра 2, и сжатия пружин. У тяжелых станков устанавливают по два таких механизма на правом и левом крыльях поперечины. Привод перемещения поперечины сблокирован с механизмом зажима и главным приводом станка: при включенном зажиме нельзя включить электродвигатель перемещения, при незажатой поперечине нельзя

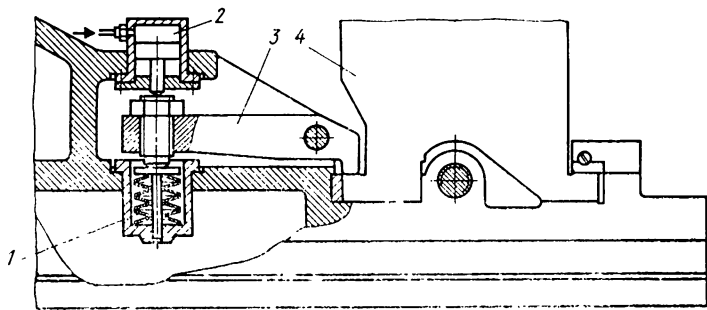
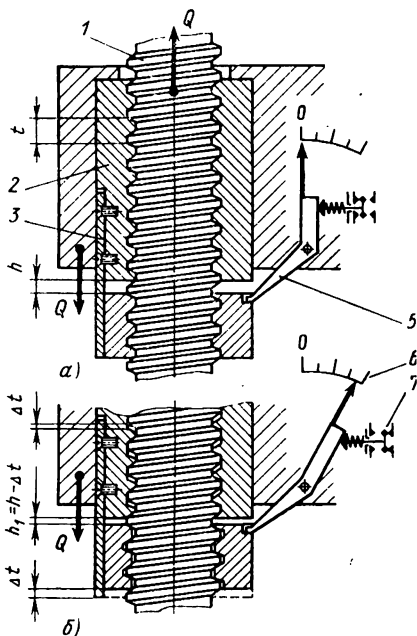


Рис. 74. Пружинно-гидравлический механизм зажима поперечины

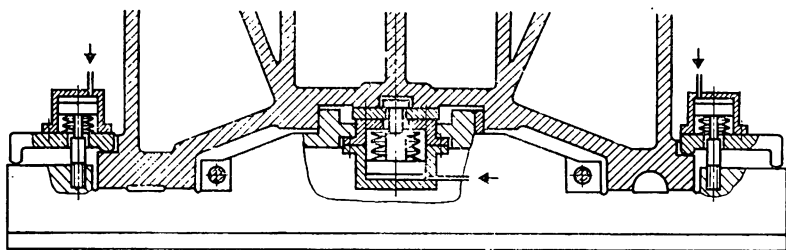


Рис. 75. Пружинно-гидравлический шеститочечный зажим поперечины станков фирмы JUNGENTHAL

включить главный привод, а при включенном главном приводе нельзя перемещать поперечину.

Фирма JUNGENTHAL на станках серии JU применяет шеститочечный прижим поперечины к направляющим станины: по два прижима сверху и снизу на правом и левом концах поперечины и два захвата по ее центру (рис. 75). Для этого в центральной части станины выполнен специальный паз, куда входят Т-образные головки захватов двух гидроцилиндров. В месте расположения центральных захватов у поперечины выполнена дополнительная третья направляющая, что повышает жесткость несущей системы и точность работы станка.

Для повышения жесткости стыка поперечина — стойка развиваемая сила прижима у тяжелых станков увеличивается клиновым устройством (рис. 76). Прихват 2 прижимается к плоскости направляющих стойки тягой 1. Развиваемая пакетом пружин 5 сила передается тяге подвижным клином 3 через клиновую втулку 4; величина силы регулируется гайкой 6. Перед перемещением поперечины разжим прихватов производится под действием

масла, подаваемого в полость цилиндра 9. Под давлением масла поршень 7 смещается и, нажимая на шпильку 8, выжимает клин, освобождая этим тягу 1. Упирающаяся в торец тяги цилиндрическая спиральная пружина отжимает тягу и прихват, создавая зазор в соединении.

Применяют также системы гидравлического зажима попе-

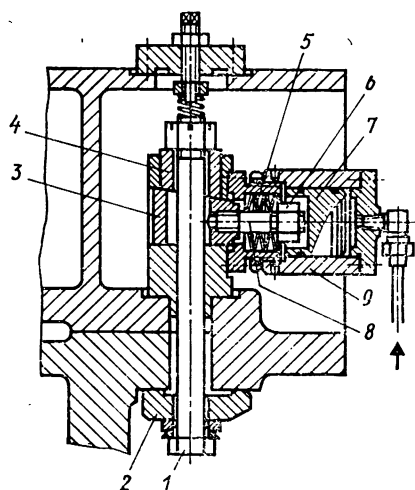


Рис. 76. Пружинно-клиновой механизм зажима поперечины тяжелого карусельного станка с гидравлическим разжимом

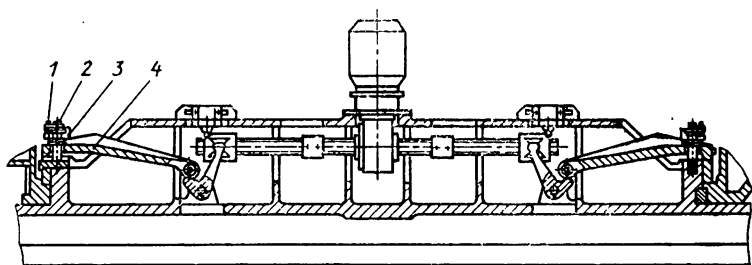


Рис. 77. Электромеханический зажим поперечины штюка мод. 1525

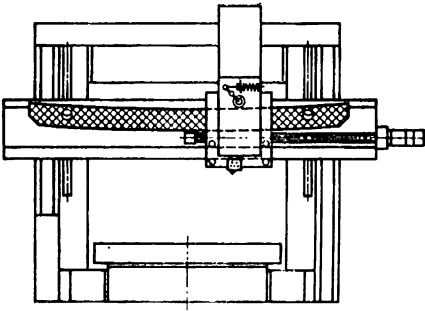
речины и с винтовым механизмом — усилителем. С поршнем гидроцилиндра соединена зубчатая рейка, проворачивающая реечную шестерню с нарезанной внутри резьбой. Выдвигающийся при провороте гайки винтовой штюк через качающиеся прихваты прижимает поперечину к направляющим станины. Одна из конструкций электромеханических зажимов поперечины показана на рис. 77. Электродвигатель приводит в действие червячный редуктор. В червячной шестерне установлен свободно перемещающийся в осевом направлении шлицевый вал, на концах которого нарезана правая и левая трапецеидальная резьба. Перемещающиеся по резьбе гайки через двуплечие рычаги прижимают или освобождают качающиеся на шпильках 2 лапы прихватов 4. Регулировка силы прижима выполняется разрезными регулировочными гайками 3 со стопорными винтами 1.

Механизм прижима заблокирован с механизмом перемещения поперечины. При нажатии кнопки перемещения поперечины сначала включается электродвигатель и разжимает лапы прихватов. Вращение длится до тех пор, пока расходящиеся по винтам гайки не нажмут на конечные выключатели. Двигатель разжима отключается, и включается двигатель перемещения поперечины, которое длится пока нажата кнопка. По окончании перемещения включается двигатель зажима и работает до тех пор, пока сила зажима не достигнет значения заданного настройкой максимального реле. Плавающая установка шлицевого вала обеспечивает равномерное распределение сил между правым и левым прихватом.

Несмотря на относительно высокую жесткость корпуса поперечины у тяжелых и уникальных станков, прогибы поперечины достигают значительных величин. Так, у станков с диаметром обрабатываемой поверхности до 5 м, если не принимать специальных мер, прогиб от действия собственной массы поперечины может достигать до 0,03—0,05 мм, от массы перемещающегося суппорта — 0,15—0,18 мм, а от сил резания — 0,15 мм. У станков больших габаритов прогиб может быть еще значительнее.

Действующие на поперечину силы резания, вызывают кроме прогиба также и закручивание поперечины. Для обеспечения прямолинейности горизонтального перемещения режущего инстру-

Рис. 78. Разгрузочная балка



мента в процессе обработки детали применяют меры по компенсации прогиба. Для станков средних размеров обеспечивают непрямолинейность направляющих путем механической обработки или шабрения направляющих в виде «арки». При этом стрелу «арки» подбирают опытно-статистическим путем — измерениями на собранном станке; она равна прогибу поперечины от собственной массы и массы суппорта. Этот способ, хотя и простой, но недостаточно точный и поэтому неприемлем для современных станков с привертными стальными закаленными направляющими. При использовании на поперечинах привертных направляющих планок некоторые фирмы в целях компенсации их прогиба выставляют отрезки планок предварительно на корпусе поперечины и жестко затягивают прижимными винтами. Поперечину с суппортами вешают на портал в рабочее положение и производят полную выверку точности станка. При этом через каждые 100—150 мм длины хода суппорта фиксируют фактические отклонения прямолинейности и параллельности перемещения суппорта плоскости вращения планшайбы.

При поочередном ослаблении прижимных винтов на «провисшей» поперечине восстанавливается параллельное плоскости планшайбы положение планок направляющих. После этого винты окончательно затягивают, а отверстия на направляющих под головки винтов заливают быстротвердеющей пластмассой. Как правило, привертные планки имеют на привалочной поверхности во всю длину поперечины базирующий шип или шпонку. Чтобы не препятствовать сдвигу планки при выверке шпоночный паз выполняют шире шипа (шпонки) на 1,5—2,0 мм. По окончании выверки положения планок на поперечине эти зазоры заполняют быстротвердеющей пластмассой, которая под давлением закачивается через специальные отверстия в стенках корпуса поперечины.

Для уменьшения прогибов разгрузкой направляющих от действия массы перемещающегося по поперечине суппорта у тяжелых станков применяют специальные разгрузочные балки (рис. 78). Нагрузка от массы суппортов через рычажные передачи с роликами передается на разгрузочную балку, по которой при перемещении суппортов катятся их опорные ролики. Балка подвешивается на двух цапфах, закрепленных на корпусе поперечины против гаек механизма перемещения, на которых поперечина висит на винтах. Вследствие этого нагрузка опирающихся на балку суппортов не

деформирует поперечины. Из-за относительно небольших по сравнению с поперечиной размеров сечения разгрузочная балка имеет и значительно меньшую, чем поперечина, жесткость, вследствие чего под действием массы суппортов стрела прогиба балки достигает 10 мм и более. Стабильность силы разгрузки при качении опорного ролика по изгибающейся балке обеспечивается тем, что нагрузка на опорный ролик передается через рычаг с эластичной пружиной. Существуют и более совершенные варианты подобных конструкций, при которых на поперечине размещают две параллельные опорные балки, воспринимающие нагрузку от массы только одного суппорта. При этом опорные поверхности балок имеют для компенсации прогиба предварительно заданную выпуклость.

С целью компенсации прогиба δ_z и закручивания поперечины на угол α (рис. 79) под действием нагрузок и сил резания на станках некоторых фирм внутри корпуса поперечины размещают опорную балку. Поперечину предварительно изгибают упирающимися в эту балку уравнивательными винтами. По данным применяющей такую конструкцию японской фирмы TOSHIBA прогибы поперечины двухстоечного станка с шириной портала 6,5 м без применения компенсирующего устройства достигают 0,18 мм (кривая 1), а при использовании компенсации уменьшаются до 0,025 мм (кривая 2). Ведутся работы по созданию саморегулирующихся систем компенсации деформаций: вместо жестких компенсаторов — затянутых регулировочных болтов — для создания предварительных деформаций применяют регуляторы, которые изменяют величину компенсирующей деформации в зависимости от положения суппорта.

Наиболее сложной проблемой является обеспечение достаточно высокой жесткости системы станина—поперечина—суппорт у одностоечных станков с консольной поперечиной. Для повышения жесткости поперечин у этих станков в горизонтальной плоскости корпус поперечины выполняется в виде коробчатой отливки треугольной формы или же снабжается отъемным опорным кронштейном — контрфорсом, жестко соединенным болтами с корпусом поперечины и воспринимающим крутящий момент, который возникает при резании. На задней поверхности контрфорса под углом 90° располагают опорные платики направляющих для перемещения и крепления поперечины на направляющих стойки. При перемещении поперечину базируют по левой лицевой призме направляющих станины. Выборка зазоров осуществляется клиновыми компенсаторами. Для снижения коэффициента трения и уменьшения износа направляющие поперечины имеют антифрикционные накладки.

Большое значение для жесткости станка с консольной поперечиной имеет надежно работающий механизм ее зажима на стойке. На рис. 80 приведена схема такого механизма у станка серии TMS₁ фирмы OM. Зажим поперечины осуществляется тремя парами пружин.

Рис. 79. Схема устройств компенсации прогибов поперечины

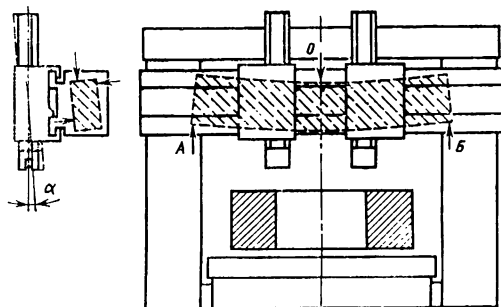
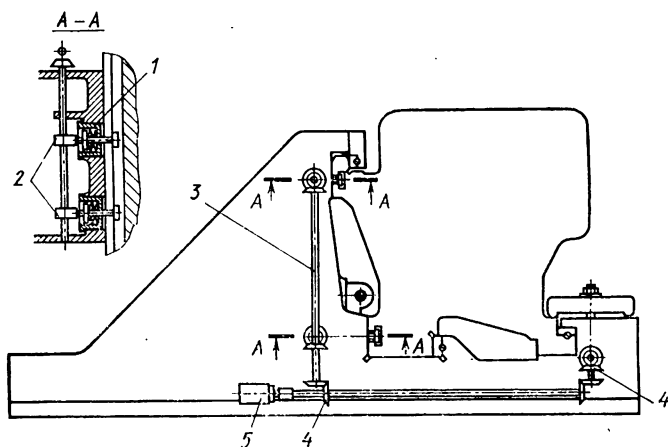
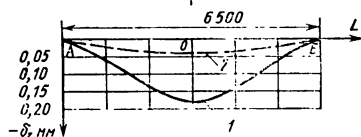
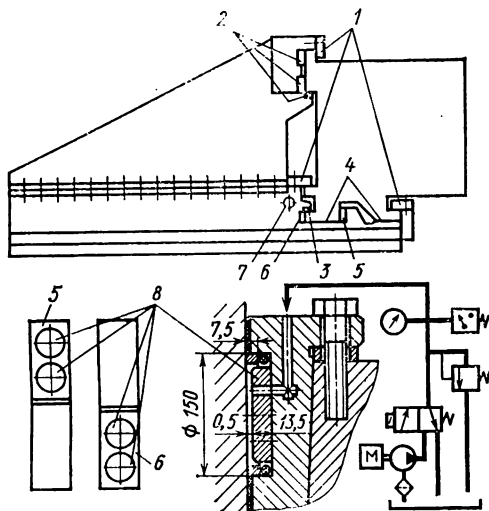


Рис. 80. Схема механизма зажима поперечины у одностоечных станков с консольной поперечиной фирмы ОМ



жинных прихватов сверху и снизу направляющих. Разжим прихватов перед перемещением производится синхронно вспомогательным электродвигателем 5 через передачи 4 тремя валиками с эксцентриковыми кулачками 2, сжимающими пакеты тарельчатых пружин 1 и освобождающими прихваты. По данным фирмы при испытании на жесткость поперечины станка мод. TMS₁ 30/70 при приложении к находящемуся в наиболее неблагоприятном для системы крайнем левом положении суппорту силы резания 40 кН за счет отжима и прогиба поперечины на детали диаметром 2000 мм погрешность составила 0,5 мм, а при максимально поднятой поперечине, в крайнем левом положении суппорта и нагрузке 35,5 кН амплитуда вибрации резцедержателя минимально выдвинутого ползуна лежала в пределах 35—40 мкм.

Рис. 81. Схемы устройств базирования и зажима поперечины у станков серии DV фирмы SCHIESS — FRORIEP



Для повышения точности перемещения консольной поперечины у тяжелых станков серии DV фирмы SCHIESS — FRORIEP (рис. 81) выборка зазоров в направляющих скользящих 4 осуществляется клиновыми компенсаторами. Перемещение поперечины осуществляется винтом 7, а зажим ее — лапами прихватов 1 сверху и снизу.

Короткие компенсаторные клинья 2 вставляются сверху и снизу в плоскость разреза. В плоскости 3 клин предусмотрен только снизу. Наиболее нагруженные плоскости клиньев 5 и 6 имеют гидростатическую смазку; масло подводится в карманы 8, подача его включается перед началом перемещения поперечины и выключается после срабатывания зажима. Механизмы перемещения поперечин этих станков принципиально подобны подобны механизмам одностоечных и двухстоечных станков и могут иметь один или два винта перемещения.

Для уменьшения прогиба консольных поперечин в вертикальной плоскости под влиянием собственного веса и веса перемещающихся суппортов применяют различные устройства (рис. 82). Например, фирма RAFAMET на станках мод. KBB 800/1000 использует дополнительную отдельно стоящую облегченную стойку — опору, на направляющих которой после перемещения поперечины с отведенным в крайнее правое положение суппортом жестко крепится левый конец консоли (рис. 82, а). Фирма SCHIESS — FRORIEP на станках серии DV применяет для восприятия веса суппорта опорную балку, подвешенную одним концом на цапфе внутри корыта поперечины между направляющими. Другой конец балки закрепляется на правом конце поперечины (рис. 82, б). Принимая на себя через пружинную подвеску нагрузку суппорта Q_c , эта балка полностью разгружает консоль. Без такой разгрузки консоль поперечины при перемещении суппорта изгибается моментом, величина которого зависит от веса суппорта и его положения относительно стойки. Фирма INNOCENTI на своих станках с консольной поперечиной применяет механизм, изменяющий силу уравновешивания (рис. 84, в) гидравлическим нагрузочным устройством $H. У$, установленным на правом крыле поперечины.

чины. Величина силы, развиваемой $H. У$, задается устройством ЧПУ как функция положения суппорта на поперечине. В связи с тем, что опорные ролики нагрузочной системы закреплены на фундаменте, т. е. вне несущей системы станка, это устройство одновременно обеспечивает и компенсацию изгиба стойки.

ПРИВОД ПОДАЧ

Перемещение режущих инструментов с требуемой скоростью в процессе обработки, установочные подводы их в нужное положение и отвод от детали по окончании обработки осуществляются специально предназначенными для этого механизмами подачи. В зависимости от принятой кинематической схемы станка такой механизм может быть жестко связан с приводом главного движения, или же быть независимым. В первом случае скорости перемещения суппорта измеряются в миллиметрах на один оборот планшайбы (оборотная подача), что более удобно для выбора режимов токарной обработки; во втором случае механизмы подачи имеют свои автономные двигатели и скорость перемещения измеряется в миллиметрах в минуту (минутная подача), что тоже широко распространено, хотя и менее удобно. У современных станков с отдель-

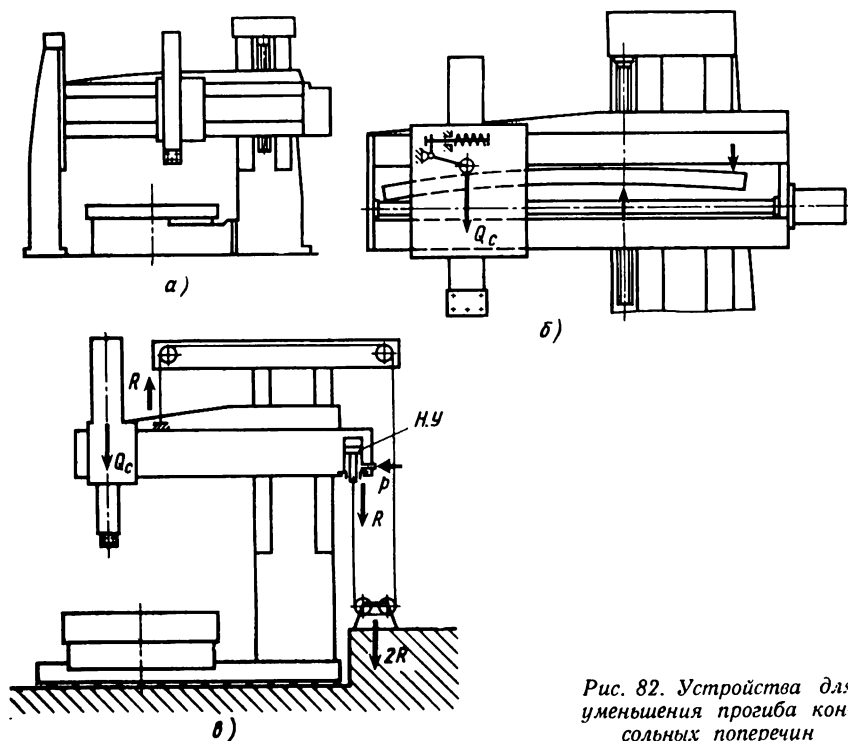


Рис. 82. Устройства для уменьшения прогиба консольных поперечин

ными приводами используют электрическую связь частот вращения планшайбы и автономного электродвигателя механизма подачи. Такое решение позволяет вести отсчет скорости подачи как в миллиметрах на один оборот планшайбы, так и в миллиметрах в минуту. При этом благодаря отсутствию механизма передачи движения от главного привода к коробкам подачи упрощаются кинематическая схема и конструкция станка в целом.

В связи с тем, что суппорты карусельного станка работают независимо один от другого, каждый суппорт имеет свой привод подач. Наиболее распространена компоновка карусельных станков, при которой приводы подач вертикальных суппортов устанавливают в виде отдельных самостоятельных узлов на боковых торцах поперечины, а приводы горизонтального суппорта — непосредственно на его корпусе. Как правило, конструкция этих приводов одинакова. На уникальных станках приводы подач обычно устанавливают непосредственно на корпусах вертикальных суппортов.

Выбор оптимальной скорости перемещения инструмента — величины его подачи в зависимости от условий резания производится изменением передаточного отношения кинематической цепи механизма подачи или же изменением частоты вращения двигателя. При этом оборотная подача изменяется от 1 : 32—1 : 60 у простейших и специализированных станков до 1 : 500 и более — у широкоуниверсальных станков. При независимом приводе с минутной подачей для обеспечения постоянной величины подачи на один оборот детали при разных частотах вращения планшайбы диапазон изменения подач приходится соответственно расширять, а это усложняет кинематику механизма подачи. Изменение величины подачи может осуществляться по геометрическому ряду прогрессии ступенчато или плавно. Ступенчатое изменение подач производится переключением зубчатых блоков, кулачковых или электромагнитных муфт в коробке подач, а плавное — бесступенчато регулируемыи электро- или гидроприводами. При ступенчатом регулировании у станков разных конструкций принимают знаменатель ряда φ_n от 1,23 до 1,78, у отечественных станков чаще принимают $\varphi_n = 1,41$. Число ступеней подач берется 8—24.

Переключение зубчатых блоков и муфт у станков с ручным управлением производится выведенными на переднюю и боковую стороны коробки подач рукоятками и маховичками, включение движения суппорта «К центру», «От центра» или «Вверх», «Вниз» — электромагнитными муфтами включения направления перемещения. В каждой такой коробке подач на выходных валах установлено по шесть электромагнитных муфт, из которых четыре — рабочие, служат для включения направлений движений суппорта и две — тормозные, по одной на каждую ось перемещения. Применение электромагнитных муфт обеспечивает возможность дистанционно включение и выключение движений суппорта, а также установки электрокопировальных устройств.

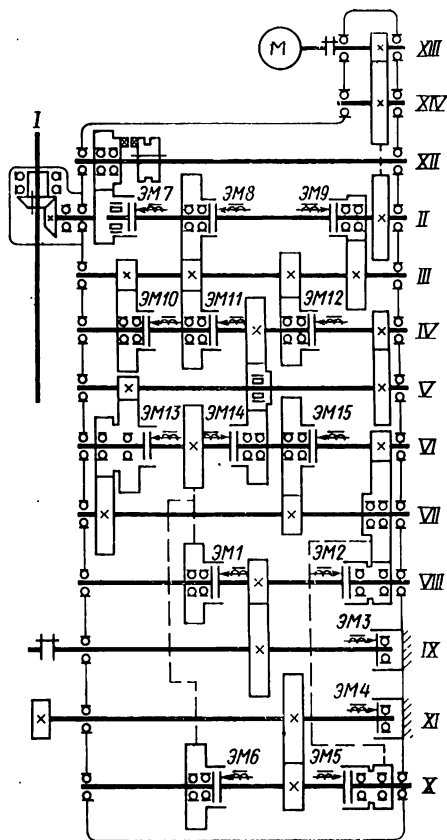


Рис. 83. Схема коробки подач станка мод. 1Л532 с переключением величин подач электромагнитными муфтами

Для обеспечения дистанционного управления приводом подач и возможности автоматизации цикла работы станка электромагнитные муфты используют также при переключении передаточных отношений в цепи привода подач. Примером такой конструкции служит коробка подач станков гаммы 1512 — 1Л532. Привод коробок подач осуществляется через вертикальные валы механизмов передачи движения подачи от главного привода станка. Коробки подач (рис. 83) сообщают суппортам 18 рабочих подач и 18 скоростей установочных перемещений. Это достигается посредством включения соответствующих комбинаций электромагнитных муфт ЭМ8—ЭМ15. Все зубчатые колеса коробки подач нахо-

дятся в постоянном зацеплении. Сидящая на входном валу коробки муфта ЭМ7 служит для включения рабочих подач, связывая при включении коробку подач с механизмом главного привода (вал I). При отключении этой муфты можно включать установочные перемещения суппорта от отдельного электродвигателя М, установленного на задней стороне коробки подач.

В зависимости от требуемого направления движения суппорта включается одна из четырех муфт направления (ЭМ1, ЭМ2, ЭМ5 или ЭМ6), и один из выходных валов (IX или XI) коробки подач получает вращение в выбранном направлении. Тормозные муфты ЭМ3 и ЭМ4 служат для гашения энергии движущихся суппортов и уменьшения пути пробегов после отключения муфт направлений. Наличие муфт ЭМ1—ЭМ6 позволяет выполнять на этих станках электрокопировальные работы. Кулачковая муфта на валу XII используется для включения механизма нарезания резьбы, который по заказу потребителя может быть установлен на внешней стороне коробки подач. При этом валы IX и XI заменяют

валами с удлиненными шейками для установки резьбонарезной гитары. Смазка механизмов коробки подач осуществляется от встроенного насоса, резервуаром для масла служит корпус коробки.

Конструктивная сложность коробок подач, выполненных на электромагнитных муфтах, и стремление получить бесступенчато регулируемый привод подач привели к созданию механизмов подач с регулируемым гидроприводом. У станков серии VN фирмы MORANDO и серии JU4 и JU8 фирмы JUNGENTHAL вместо коробки подач для вертикальных и горизонтальных перемещений суппорта применены два раздельно функционирующих регулируемых электрогидравлических шаговых привода подач: привод горизонтального перемещения размещен на торце поперечины, а привод вертикального перемещения смонтирован на ползуне. Гидромоторы такого привода соединены замедляющими безлюфтовыми передачами с шариковыми винтовыми парами перемещения ползуна и суппорта. Управление приводами (выбор скорости подачи и величины пути перемещения) осуществляется от устройства ЧПУ. Электрогидравлический шаговый привод является преобразователем выданных интерполяционным устройством ЧПУ электрических команд — импульсов в точные отрезки пути перемещения суппорта. Схема такого привода приведена на рис. 84.

В зависимости от количества поступивших электрических импульсов ротор шагового электродвигателя 1 поворачивается в заданном направлении точно на такое же количество «шагов». Через шестеренную передачу вместе с ним поворачивается и золотник 2 гидравлического распределителя 3, управляющего подачей рабочей жидкости (масла) из гидросистемы к плунжерному гидромотору 5. Второй конец золотника имеет точную резьбу и

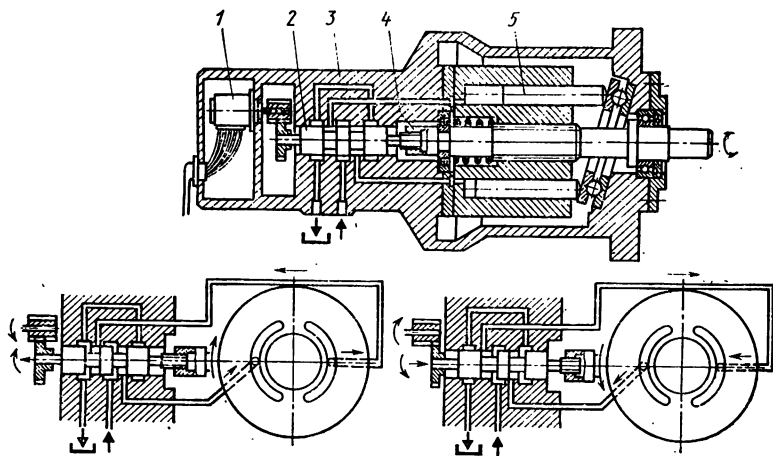


Рис. 84. Схема регулируемого электрогидравлического шагового привода подач

ввинчен в гайку 4 ротора гидромотора. При вращении золотник ввинчивается или вывинчивается из этой гайки и в соответствующем направлении сдвигается вдоль оси из своего нейтрального положения. При смещении золотника открывается проход масла в связанные с ним полости статора гидромотора, и его ротор начинает вращаться в заданном направлении. Поворачиваясь, гайка 4 возвращает золотник в исходное нейтральное положение и прекращает поступление масла к гидромотору.

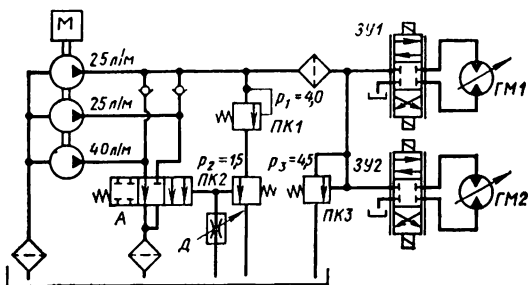
Такая замкнутая следящая система обеспечивает точное соответствие угла поворота шариковой винтовой передачи количеству выданных устройством ЧПУ электрических импульсов. В данном случае гидромотор является следящим гидроусилителем малоомощного шагового электродвигателя. Скорость «шагания» — частоты вращения гидромотора — регулируется изменением количества подводимого к нему масла, что обеспечивается системой регулирования гидронасоса. Во избежание изменения характеристик регулирующих устройств масло в гидросистеме тщательно очищается системой фильтров тонкой очистки. При засорении фильтров загорается сигнальная лампа и станок останавливается.

Электрическая шаговая система привода позволяет иметь бесступенчато регулируемые в широких пределах скорости подачи суппортов и обеспечивать их автоматическую остановку по достижении заданного размера. Диапазон изменения величин рабочих подач шаговым приводом у существующих конструкций лежит в пределах 0,5—400 мм/мин, а скорость установочных перемещений достигает 2400—3000 мм/мин. Время отключения на скоростях рабочих подач практически равно нулю, а при ускоренных установочных перемещениях не превышает 0,3 с. Дискретность программируемой величины перемещения суппорта 0,005 мм.

У одностоечных станков серии СКЖ завода TOS бесступенчатое изменение скорости подачи револьверного и бокового суппортов осуществляется регулируемыми гидроприводами. Плавно изменяющие частоту вращения осевые плунжерные гидромоторы соединены с валами упрощенных двухступенчатых коробок подач на боковом суппорте и поперечине. Выбор величины подачи производится поворотом ручек потенциометров на подвесном пульте управления станком. Регулируемое по величине напряжение подается на катушки электромагнитов золотников управления. Якорь электромагнита отклоняется от нейтрального положения в зависимости от полярности и величины поданного напряжения в одну или другую сторону, вызывая соответствующее смещение золотника. В зависимости от величины сечения прохода изменяются объем масла, подаваемого к гидромотору, и частота его вращения в пределах 4—600 мин⁻¹. При давлении масла в системе до 4 МПа мотор развивает крутящий момент до 40 Н·м.

Переменная нагрузка при резании не оказывает влияния на скорость подачи, поскольку привод работает по приведенной на рис. 85 замкнутой схеме регулирования. Тройной шестеренный

Рис. 85. Схема регулируемого гидропривода подачи станков серии SKJ заводов TOS



насос 25 + 25 + 40 л подает масло под давлением до 5 МПа через войлочный фильтр и золотники управления ЗУ1 и ЗУ2 к гидромоторам подачи ГМ1 и ГМ2. При медленной подаче (снижении расхода масла), чтобы уменьшить дросселирование масла и снизить расход электроэнергии, в схеме предусмотрено автоматическое отключение одного из двух насосов. Отключение производится избыточным давлением масла, действующим после сброса через переливной клапан ПК1 (настроен на давление 4 МПа) на золотник переключения А за счет создаваемого подпора в сливной цепи дросселем Д. При еще большем уменьшении расхода масла и увеличении сброса его на слив из-за возрастания подпора в сливной цепи открывается переливной клапан ПК2, настроенный на давление 1,5 МПа, и увеличивает пропускную способность сливной магистрали. Переливной клапан ПК3 настроен на давление 4,5 МПа и служит предохранительным звеном. Переключение двухступенчатых коробок подач осуществляется электромагнитными муфтами. На первой ступени может быть изменена подача в пределах 3,5—400 мм/мин, на второй ступени включаются быстрые установочные перемещения суппорта. Выбор направления перемещения производится реверсом гидромоторов золотниками управления ЗУ1 и ЗУ2.

У тяжелых и универсальных карусельных станков с диаметром планшайбы более 3 м для обеспечения плавного изменения величины подачи и упрощения кинематики коробки подач издавна используют бесступенчато регулируемые приводы постоянного тока. И хотя диапазон регулирования частот вращения этих приводов в прошлом был недостаточно широк ($R = 100$ или, в лучшем случае, $R = 200$), а стоимость высока, целесообразность их применения на этих сложных и дорогих станках несомненна. На одностоечных станках малых типоразмеров регулируемые приводы подач на постоянном токе применяла только фирма BERTHIEZ.

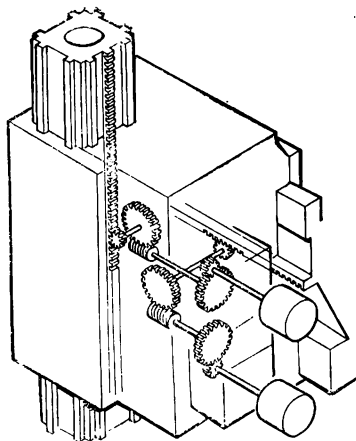
Коробки подач отечественных тяжелых карусельных станков мод. 1540—1580Л имеют две кинематические цепи с отдельными приводными электродвигателями. Первая цепь приводится в движение двигателем постоянного тока мощностью 6,6 кВт, регулируемым в пределах частот вращения 14—2800 мин⁻¹ и состоит из

двухступенчатого перебора с передаточными отношениями 1 : 1 и 1 : 40. Переключение перебора производится включением одной из двух электромагнитных дисковых фрикционных муфт, установленных на конечном валу этой цепи. Таким образом, общий диапазон изменения величин рабочих подач составляет 8000. Вторая кинематическая цепь приводится во вращение асинхронным двигателем мощностью 4,5 или 7 кВт и осуществляет ускоренные установочные перемещения суппортов со скоростью 2,5—3,0 м/мин. Выбор направления и включение как рабочих подач, так и установочных перемещений осуществляется четырьмя электромагнитными муфтами, установленными на выходных валах коробки подач. С целью повышения точности остановки после отключения электромагнитных муфт для гашения инерции суппорта на этих же валах установлено по одной тормозной электромагнитной муфте. Управление коробкой подач осуществляется дистанционно с пульта управления станком.

Создание приводов постоянного тока с тиристорным регулированием в широких пределах частот вращения привело к внедрению на станках всех типоразмеров регулируемых приводов подач. Использование такого привода позволило на станках серий VL и VH фирмы MORANDO установить коробки подач, у которых вертикальное и горизонтальное движения подачи, а также установочные перемещения суппорта осуществляются от одного двигателя постоянного тока мощностью 4,4 кВт, смонтированного на задней стороне коробки. Система тиристорного регулирования позволяет плавно изменять частоту вращения двигателя от 1 до 4000 мин⁻¹, за счет чего рабочая подача может быть изменена в пределах 0,25—1000 мм/мин. Выбор величины подачи осуществляется рукояткой потенциометра, выведенной на подвесной пульт управления станком. Контроль скорости перемещения суппортов ведется по вынесенным на этот же пульт тахометрам. Включение направления подачи осуществляется установленными на выходных валах коробки подач четырьмя электромагнитными муфтами. Жесткая электрическая связь частот вращения планшайбы и регулируемого электродвигателя подач, исключая их взаимное проскальзывание, позволяет выполнять обработку торцовых поверхностей с поддержанием постоянной скорости резания и производить на этих станках резьбонарезание без применения специальных устройств.

Регулируемые в широком диапазоне частот вращения двигателя постоянного тока с тиристорным управлением в сочетании с шариковыми винтовыми парами широко применяют в качестве механизмов подач с дистанционным автоматическим управлением на токарно-карусельных станках с ЧПУ. Раздельный механизм подачи для каждой оси координат состоит из беззазорной зубчатой замедляющей передачи с передаточным отношением 1 : 3 или 1 : 4 и регулируемого высокомоментного двигателя подач постоянного тока. Привод горизонтального перемещения вертикального суп-

Рис. 86. Раздельный привод подачи с регулируемыми в широких пределах электродвигателями постоянного тока



перта устанавливается на правом боковом торце поперечины, а вертикального перемещения — непосредственно на ползуне. У станков небольших размеров регулируемый электродвигатель соединяется беззазорной муфтой с шариковым ходовым винтом. Жесткая электрическая связь частот вращения приводов подачи с главным приводом осуществляется связанным с планшайбой станка датчиком оборотов. Тахогенератор датчика осуществляет увязку частот вращения, а датчик позиционирования позволяет вести отсчет угла поворота планшайбы. Такой механизм подачи обеспечивает бесступенчатый выбор величин подач в широких пределах на один оборот планшайбы, а также ускоренные установочные перемещения.

В отличие от обычных самотормозящих винтовых пар механизмов перемещения, у которых угол подъема резьбы меньше угла трения, шариковые винтовые пары, как и реечные передачи, во избежание самопроизвольного движения механизма (например, опускания ползуна вертикального суппорта) требуют введения в кинематическую цепь самотормозящих элементов. К их числу относятся червячные передачи или самовключающиеся тормозные устройства. У некоторых конструкций тормоз встраивается непосредственно в корпус электродвигателя.

В отличие от обычных самотормозящих винтовых пар механизмов перемещения, у которых угол подъема резьбы меньше угла трения, шариковые винтовые пары, как и реечные передачи, во избежание самопроизвольного движения механизма (например, опускания ползуна вертикального суппорта) требуют введения в кинематическую цепь самотормозящих элементов. К их числу относятся червячные передачи или самовключающиеся тормозные устройства. У некоторых конструкций тормоз встраивается непосредственно в корпус электродвигателя.

Примером механизмов подач с применением раздельных для каждой оси перемещения бесступенчато регулируемых в широких пределах приводов постоянного тока может служить механизм подачи вертикального суппорта станка серии TF фирмы BERTHLEZ (рис. 86). У этих механизмов беззазорный реечный привод перемещений сочетается с самотормозящей замедляющей червячной передачей от двигателя к реечной передаче. Механизм обеспечивает регулирование подач от 0,05 до 25 мм на один оборот планшайбы и скорость ускоренных установочных перемещений до 6000 мм/мин. Аналогична кинематика привода подач отечественных одно- и двухстоечных станков мод. 1А512—1А532Л. Различия конструктивного оформления заключаются в конечном звене (шариковая пара, реечная или червячная передача), а также в диапазоне регулирования частоты вращения электродвигателя, которая может достигать 40 000 или даже 60 000.

Появление устройств ЧПУ с возможностью коррекции неточностей изготовления конечного звена кинематической цепи при-

вело к замене на некоторых станках линейных датчиков контроля перемещений на круговые датчики отсчета проворота, устанавливаемые непосредственно на ходовом винте или на валу двигателя. Выбор нужной величины подачи, ее включение и торможение суппорта у станков с регулируемыми в широких пределах приводами осуществляется дистанционно с пульта управления станком или по программе цикла обработки, выдаваемой устройством ЧПУ. Скорость установочных перемещений при точном позиционировании может изменяться также бесступенчато, но чаще используют три-четыре фиксированных ступени скоростей, например 2000—200—20—2 мм/мин.

УПРАВЛЕНИЕ

В зависимости от степени автоматизации управления рабочими и вспомогательными механизмами токарно-карусельные станки разделяются на станки с ручным, автоматизированным дистанционным и автоматическим управлением. Для снижения непроизводительных затрат времени и утомляемости рабочего-станочника органы управления должны быть сконцентрированы в пределах его рабочей зоны. Расположение, форму и направление перемещения рукояток переключения и маховичков выбирают так, чтобы рабочий легко ориентировался в назначении того или иного органа управления и не произвел ошибочных включений. С этой же целью применяют различную форму и окраску рукояток, шкал, кнопок и сигнальных ламп, а около них наносят общепонятные символические обозначения и надписи.

На станках с ручными элементами управления (рычагами, маховичками и т. д.) конструктивно невозможно было объединить все органы управления в одном месте. У станков с ручным переключением шестерен коробки скоростей рычаги механизма переключения обычно выводились на правую сторону стола под планшайбой, сюда же выводилась и рукоятка включения пускового фрикциона и тормоза планшайбы. Рукоятки и рычаги величины и направления подач суппортов выведены на переднюю стенку коробки подач. У станков небольших размеров, с наибольшим диаметром обрабатываемой детали до 1600 мм ручное перемещение суппорта осуществляется маховичками, расположенными непосредственно на суппорте, или же на коробке подач, так как небольшой размер планшайбы позволяет рабочему, перемещая маховичками суппорт с резцом, одновременно наблюдать за резцом и деталью. Для станков с диаметром обрабатываемой детали более 2000 мм расположенные на коробке подач маховички неудобны для пользования, так как рабочий из-за большого расстояния плохо видит режущую кромку инструмента и не может осуществить его точный подвод к детали. В этом случае маховички располагают на кронштейнах, закрепленных с внешней стороны корпуса суппорта или перемещающихся по направляющим поперечины и устанавли-

вающихся в удобном для рабочего месте. Иногда на валу и ходовом винте поперечины для их проворота устанавливают качающиеся рукоятки — трещотки. У станков более крупных размеров, с диаметром обрабатываемой детали свыше 3200 мм, маховички ручного перемещения устанавливают на корпусе суппорта, так как у этих станков для обслуживания суппортов обычно предусматриваются специальные платформы оператора (помосты).

Для грубых отсчетов больших размеров обработки по вертикальной и горизонтальной осям перемещения инструмента на каждой суппорте станка с ручным управлением предусмотрены масштабные линейки, позволяющие вести отсчет величины перемещения по всей длине хода. Однако точность такого отсчета невелика (в пределах десятых долей миллиметра) и удовлетворяет только требованиям грубой обработки. С целью повышения точности отсчета по линейкам некоторые фирмы устанавливают на суппортах оптические приставки с подсветкой шкалы и увеличительными линзами. На экране такого приспособления видны шкалы грубого отсчета для считывания десятков и сотен миллиметров и точного отсчета для считывания десятых и даже сотых долей миллиметра. При соответствующем навыке такое устройство позволяет осуществлять отсчет размера перемещения с точностью до трех—пяти сотых миллиметра. Для более удобного отсчета величины перемещения на маховичках устанавливаются лимбы с ценой деления, соответствующей 0,01 или 0,02 мм линейного перемещения. При этом шкалы лимбов за счет проворота могут устанавливаться в начальное нулевое положение.

Точность отсчета пути перемещения по обычным лимбам не превышает 0,02 мм, а пользоваться ими при обработке крупногабаритных деталей не всегда удобно. Поэтому на ряде станков для возможности отсчета перемещения на расстоянии применены механизмы отсчета перемещения суппорта с поворачивающимися крупношкальными дисками или стрелками часового типа. На ползуне и поперечине закреплены точные мелко модульные рейки, с которыми без зазоров соединены шестерни измерительного устройства, вращающие через безлюфтовую передачу диски или стрелки. Одна стрелка служит для отсчета по внутренней шкале циферблата величин больших перемещений. Цена деления этой шкалы 10 мм, а полный оборот стрелки соответствует длине хода 1000 мм. Другая стрелка соединена с первой ускоряющей передачей и отсчитывает по внешней шкале за один оборот только 10 мм. Цена деления этой шкалы 0,05 мм. Шкалы механизмов можно проворачивать независимо друг от друга, устанавливая их на нули.

В течение цикла обработки детали рабочему приходится неоднократно включать и выключать различные механизмы. При ручном управлении это заставляет его делать много непроизводительных перемещений вокруг стола. Более удобно и эффективно автоматизированное управление всеми основными механизмами станка, вынесенное на стационарный или подвесной пульт, разме-

щаемый в рабочей зоне станочника. Такие центральные дистанционные пульты управления широко применяются на современных станках с автоматизированным управлением. Наличие большого количества управляющих органов у тяжелых и уникальных станков даже при современной миниатюризации элементов управления увеличивает размеры и массу подвесных пультов управления. Изменение положения такого пульта по высоте, радиуса вылета и его поворота осуществляется специальными сервомеханизмами.

Наличие нескольких зон резания, находящихся на большом расстоянии одна от другой у тяжелых и уникальных станков, усложняет управление станком, вынуждает применять закрепленные у суппортов или подводимые к ним рабочие площадки оператора (помосты). Особенно усложняется управление при обработке внутренних полостей крупногабаритных деталей. В таких случаях на станке предусматривают несколько дублирующих друг друга пультов дистанционного управления. Например, для управления тяжелыми карусельными станками мод. 1540 и 1550 используются четыре пульта. Основные органы управления сосредоточены на подвесном пульте, который с помощью специального механизма может быть размещен в наиболее удобном для оператора месте соответствующим перемещением или поворотом стрелы подвески. Панель подвесного пульта имеет переключатели, кнопки управления вращением планшайбы и кнопку аварийной остановки станка.

На левой и правой сторонах панели симметрично расположены элементы управления левым и правым вертикальными суппортами: переключатели выбора режима и направления перемещения суппортов, а также включения ускоренных установочных перемещений, рукоятки выбора величины рабочей подачи, рукоятки и кнопки включения и выключения подачи. Тут же, на боковой панели, расположены кнопки перемещения поперечины, включения освещения и три пары кнопок управления механизированным перемещением подвесного пульта. При изготовлении станков в исполнении Ф1 на подвесной пульт выносятся экран цифровой индикации размеров обрабатываемых поверхностей и контраверсы для набора величин перемещения суппортов.

На стационарном вспомогательном пульте размещаются кнопки подключения станка к сети, включения тиристорного преобразователя и дублируются три пары кнопок управления механизмом перемещения подвесного пульта, а также кнопка аварийной остановки станка. Для оперативного управления суппортами на них вынесены панели с кнопками поворота суппорта, включения вращения расточного шпинделя и продублированы кнопки вызова подвесного пульта и аварийной остановки станка.

Устройства цифровой индикации величин перемещения (УЦИ), применяемые на станках последних лет выпуска, более удобны для дистанционного управления станками, чем лимбы и линейки. Конструктивные решения этих устройств состоят из двух основных элементов: датчика линейных или угловых перемещений — соб-

ственно измерительного устройства величины перемещения и вычислительного устройства с цифровым преобразователем, преобразующего выдаваемые датчиком сигналы в десятизначные цифры, высвечиваемые на табло индикации.

В качестве датчиков для измерения линейных перемещений применяют сельсинные, индуктивные и фотооптические устройства. Отечественные реечные датчики типа Б2Р состоят из набора точно изготовленных мелко модульных реек, закрепленных на одной из частей контролируемой системы (поперечине, стойке или ползуне суппорта карусельного станка). Длина набора реек соответствует величине хода контролируемого перемещения. При перемещении контролируемого узла по этим рейкам катится прижимаемая к ним с постоянной силой шестерня с числом зубьев $z = 16$ считывающего устройства — датчика, состоящего из набора трехфазных сельсинов типа БС-155А. Сельсины соединены между собой последовательно расположенными беззазорными передачами с передаточным отношением 1 : 10, так что каждый сельсин отсчитывает, соответственно, за один оборот 2; 20; 200; 2000 и 20 000 мм линейного перемещения узла. Снимаемые с сельсинов датчика сигналы, соответствующие 1/200 оборота каждого сельсина; подаются в электронно-счетное устройство, затем индицируются по декадам на табло цифровой индикации, как величина пройденного перемещающимся узлом пути в сотых, десятых долях миллиметра или в единицах, десятках, сотнях и тысячах миллиметров. Погрешность отсчета перемещений для реечных датчиков токарно-карусельных станков лежит в пределах 0,015—0,018 мм на длине пути 500 мм.

Широко распространен еще один тип датчиков линейных перемещений — линейный индуктосин, состоящий из набора измерительных шкал и считывающей индуктивной головки. Служащие базой для отсчета измерительные шкалы крепятся на одной из частей контролируемой системы. Длина набора шкал соответствует величине контролируемого перемещения. Считывающая головка крепится на другой части системы. При этом должно быть строго выдержано взаимное расположение частей системы на всем пути перемещения. Зазор между шкалой и головкой должен быть постоянным, в пределах 0,15—0,30 мм. Каждая входящая в набор линейка-шкала представляет собой пластинку сечением 58×10 мм и длиной 250, 500 или даже 1000 мм, на которой методом фотопечати нанесена обмотка в виде замкнутой зигзагообразной медной полосы шириной 1 мм и шагом 2 мм. Обмотки всех шкал включены в одну последовательную цепь.

Считывающая головка датчика состоит из двух обмоток, сдвинутых друг относительно друга на 0,5 мм, т. е. на $1/4$ шага. Датчик работает по принципу электрического трансформатора. Величина индуктивной связи между обмоткой шкалы и каждой из обмоток считывающей головки при их взаимном перемещении изменяется по синусоидальному закону. На обмотки головки подаются сигналы

от измерительного устройства также в виде синусоидальных напряжений. Выходной сигнал, соответствующий величине перемещения, снимается с последовательно включенных обмоток линеек — шкал и подается через усилитель в счетно-решающее устройство для преобразования в цифровой аналог. Достоверность отсчета величин перемещений на токарно-карусельных станках при использовании датчиков линейных перемещений типа линейного индуктосина нормальной точности не превышает 0,005 мм на длине хода 500 мм.

Применяется и другое конструктивное исполнение индуктивных датчиков — круговые индуктосины. Такие датчики предназначены в основном для измерения круговых перемещений узлов станка, например, при позиционировании проворота планшайбы. Однако, если круговой индуктивный датчик жестко соединить с шариковым винтом механизма подачи, то при достаточно высокой точности изготовления и беззазорном винтовом соединении шариковых пар круговой датчик обеспечивает необходимую для карусельных станков точность показаний линейных перемещений суппортов. Такой датчик состоит из двух стальных дисков одинакового размера: статора и ротора. На диски наклеены стеклотекстолитовые платы с нанесенными на них фотохимическим способом шкалами — плоскими обмотками.

Обмотка статора состоит из двух концентричных колец, каждое из которых состоит из 360 радиальных проводников в виде секторов с углом $40'$. Обмотки сдвинуты друг относительно друга на $30'$ и образуют двухфазную индукционную систему. Плоская обмотка ротора выполнена в виде кольца из 352 радиальных полупроводников — секторов с центральным углом $40'$. Обмотка разделена на 16 секторов по 22 проводника в каждом. Обмотка сектора выведена на обратную сторону диска, где секторы условно четных номеров соединяются последовательно-встречно на специальной печатной плате, образуя первую фазу ротора, а секторы условно нечетных номеров, соединяясь аналогично, образуют вторую фазу.

При подаче двухфазного напряжения возбуждения на обмотки статора между ними и обмотками ротора создаются два пульсирующих магнитных поля, пучности которых смещены в пространстве по углу на $30'$, по радиусу — на ширину кольца статорных обмоток и во времени — на $1/4$ периода переменного напряжения питания. Поскольку радиальная ширина кольца роторной обмотки больше суммарной радиальной ширины статорных обмоток и проекции статорных обмоток полностью находятся на площади кольца обмотки ротора, то два пульсирующих поля воспринимаются роторными обмотками как одно вращающееся эллиптическое поле. Эллиптичность поля определяется несимметрией двухфазного напряжения и магнитной системы статора. В результате в фазах ротора индуцируются ЭДС, фазы которых изменяются с углом поворота ротора. Сигналы фаз ротора, сдвинутые во времени на 90 ± 3 электрических градуса, передаются на вход электронного

преобразователя через трансформатор и далее, преобразуясь в счетно-вычислительном устройстве, — на блок цифровой индикации. Накопленная суммарная погрешность такого датчика не превышает 25".

Для отсчета пути перемещения используются также и линейные измерительные системы с фотооптическим считывающим устройством, например фирмы Heidenhain (ФРГ) типа Lida (рис. 87). Основой системы является масштабная линейка 4 с точной шкалой из чередующихся светлых и темных поперечных полос с шагом 40—400 мкм. Величина шага зависит от требуемой дискретности измерений, ширина полос равна половине шага шкалы. Считывающее устройство состоит из затемненного стеклянного экрана 3 с прозрачными окнами, источника света 1 с конденсирующей линзой 2 и набора фотодиодов 6. На окнах экрана нанесена шкала из непрозрачных полос такой же ширины, как и на масштабной линейке. При этом шкала во втором окне сдвинута по отношению к шкале первого окна, а шкала четвертого окна по отношению к шкале третьего окна точно на $1/2$ шага шкалы. Кроме того, шкалы третьего и четвертого окон сдвинуты относительно шкал первого и второго окон на $1/4$ шага. При перемещении считывающего устройства вдоль масштабной линейки это позволяет получить четыре отраженных пульсирующих по синусоидальному закону параллельных световых луча 5, сдвинутых по фазе на 90° .

Каждый из световых лучей попадает на свой фотодиод 6 разделителя и, преобразуясь в пульсирующее напряжение, после усиления и формирования в блоке 7 подается во второй электронный суммирующий блок 8, откуда выходит суммарный импульс с повышенной в 16 раз дискретностью по сравнению с шагом масштабной линейной шкалы. Различные исполнения измерительной системы Lida за счет изменения шкал масштабных линеек, количества пар фотодиодов первого разделителя, а также схем электронного суммирующего блока обеспечивают дискретность измерения от 2 до 400 мкм, т. е. повышают дискретность шкал масштабной линейки до 20 раз. С целью защиты масштабной линейки от загрязнения она вместе со считывающей головкой размещается в защитном кожухе.

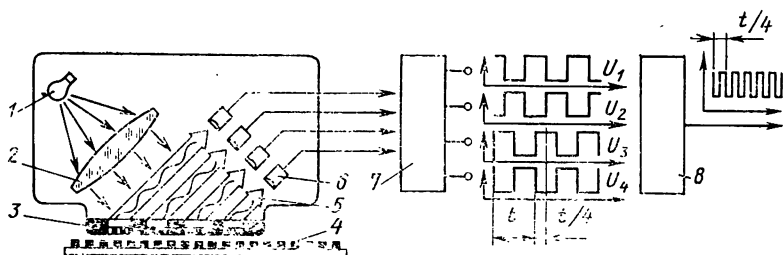


Рис. 87. Принципиальная схема фотооптического датчика линейных перемещений типа Lida фирмы Heidenhain

На этом же принципе основаны и круговые оптические датчики серии ROD фирмы Heidenhain. Имея небольшие диаметральные размеры (58, 100 и 170 мм при длине 50 и 73 мм), датчики удобно встраиваются в механизмы, углы поворота которых надо контролировать. Для повышения точности измерения и исключения влияния радиальных нагрузок ротор датчика соединяется с контролируемым элементом механизма беззазорной сильфонной муфтой. В зависимости от типоразмера датчики серийного исполнения имеют на роторе 50—36 000 делений и выдают столько же электрических импульсов за один оборот контролируемого элемента механизма. По заказу потребителя датчик типа ROD 700 может быть выполнен с числом выдаваемых за один оборот импульсов, соответствующим $0,005^\circ$, $0,001^\circ$ и даже $0,5''$.

Устройства цифровой индикации (УЦИ) предназначаются для визуального считывания в цифровой и символической форме направления и величины линейного и углового перемещения узла и связанной с этим другой информации — символа оси перемещения, а в некоторых случаях и других связанных с работой станка функций. Сформированный от датчика положения сигнал поступает в счетно-решающее устройство преобразователя, а оттуда выдается на табло УЦИ для индикации. В зависимости от конструктивного оформления информация выдается путем высвечивания соответствующих цифр или символов на панелях с набором газоразрядных индикаторных ламп или же на экране кинескопа — дисплея. Панель индикации обычно встраивается в пульт управления станком как составная часть управляющего устройства, или же выполняется в виде отдельного выносного блока, устанавливаемого в удобном для рабочего месте.

Существуют УЦИ для индикации величин перемещений по одной, двум или даже четырем осям перемещений. При этом данные выдаются в последовательности: символ оси (X , Z , U , W и т. д.), знак направления перемещения (+, —) и цифровое его значение — шесть или семь цифр. Дискретность отсчета — $0,01$ или $0,001$ мм. Предусмотренная на панели УЦИ кнопка сброса цифровой информации до нуля позволяет принимать произвольное положение узла за начальное и вести отсчет в любом месте диапазона контролируемых перемещений. Обычно УЦИ предусматривает также возможность подключения дополнительного цифropечатающего устройства, что позволяет получать запись результатов конечных измерений.

На станках мод. 1512Ф1 и 1516Ф1 для отсчета пути перемещения суппортов применяют устройства цифровой индикации типа Ф5147, встраиваемые в подвесной пульт управления станком. В состав такого устройства входят индуктивный датчик линейных перемещений типа ДЛП, блок преобразователя сигналов, панель индикации, содержащая символ индицируемой координаты, знак направления перемещения и семь газоразрядных цифровых индикаторных ламп, а также пульт управления. Устройство показывает

величину линейного перемещения в пределах диапазона ± 9999999 с индикацией запятой во втором, третьем и четвертом младшем цифровом разряде индикаторного табло. Это позволяет использовать его и для отсчета круговых перемещений узлов в пределах ± 359999 . Максимально допустимая скорость отсчета — 10 м/мин. Устройство обеспечивает ввод произвольного значения начального отсчета в любой точке перемещения и дальнейший отсчет от этого значения. В случае подключения внешнего цифропечатающего устройства (например, транскриптора Ф5033К) индицируемые на табло результаты измерения линейных или угловых перемещений могут быть отпечатаны в виде табуляграммы.

У станков с автоматическим управлением (станков с ЧПУ) органы управления в ручном режиме (режиме преднабора) обычно размещают на подвесном пульте управления. Тут же находятся и кнопки включения автоматического режима работы, а кнопки и переключатели управления устройством ЧПУ размещаются на панелях управления самого устройства ЧПУ. Более подробно этот вид управления рассмотрен в гл. 3.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Электрооборудование современного токарно-карусельного станка представляет собой комплекс схем, охватывающий приводы вращения планшайбы, подач суппортов и вспомогательных устройств, а также систему управления этими узлами. В свою очередь, система управления состоит из наборов кнопок, переключателей, реле, пускателей, концевых выключателей и других элементов, связанных между собой в логические схемы, обеспечивающие пуск и остановку отдельных механизмов в нужной последовательности при управлении станком в ручном и автоматическом режимах работы, а также осуществляющие различные блокировки и сигнализацию.

С расширением технологических возможностей и ростом степени автоматизации управления станками увеличился объем электрооборудования, усложнились схемы управления, возросло количество контактных пар, что снизило надежность станка. Управление на бесконтактных логических электронных микросхемах не только повысило надежность их работы, а следовательно, и станка, но и позволило сократить габариты аппаратуры управления.

Обычно аппаратура управления, защиты и питания для удобства обслуживания монтируется блоками на панелях, объединяемых в один или несколько электрошкафов. К шкафу с блоками питания подводится кабель подключения станка к сети цеха. На вводе устанавливается автомат с блокировкой, обесточивающей схему при открытых дверях шкафов. Двери шкафов запираются встроенными замками со специальными ключами. У карусельных станков с небольшим объемом аппаратуры управления электро-

шкаф иногда монтируют в нише станины или навешивают на нее. Если же эта аппаратура занимает много места, шкафы устанавливают на фундаменте рядом со станком, сбоку или позади него, а иногда даже на помостах (антресолях). При этом соединение шкафов с разветвительными коробками станка осуществляется прокладываемыми в стальных трубах многожильными кабелями в предусмотренных в фундаменте желобах или по воздуху, в металлических коробах, соединяющих шкафы со станком.

Развитие полупроводниковой интегральной техники, ее миниатюризация с одновременным повышением надежности привели к созданию новых, универсальных систем управления — программируемых командоаппаратов ПК или, как принято называть их за рубежом, РС (Programmable Controller). ПК является особым видом управляющих мини-ЭВМ, предназначенных для замены средств релейной автоматики в устройствах управления работой станка или же целого обрабатывающего комплекса. Структурно ПК, как и ЭВМ, имеют центральный процессор — блок, в котором собраны элементы управляющей логики и оперативной памяти, блок постоянной памяти, куда вводятся алгоритмы управления, блоки ввода и вывода информации (интерфейс), а также каналы связи. В отличие от ЭВМ, ПК производят только логические операции, имеют большую помехозащищенность за счет гальванического разделения входных и выходных цепей от управляющей логики. Это делает возможным использование их в цеховых условиях; они снабжены вспомогательными элементами: таймерами для обеспечения выдержек времени (до 30 с) и выходными усилителями сигналов управления до 0,1—3,0 А, что во многих случаях позволяет выдавать эти сигналы непосредственно на исполнительные органы станка.

В сравнении с традиционными аппаратными схемами, имеющими жесткий алгоритм управления, присущий каждому конкретному типу станка, ПК имеет универсальную обезличенную структуру, что дает возможность использовать их для управления оборудованием с практически любой схемой автоматики. Необходимые алгоритмы управления станком задаются без каких-либо монтажных работ обычным вводом программы в постоянную память устройства путем подключения ПК к специальному клавишному задающему устройству. При изменении алгоритма управления станком перестройка схемы управления в ПК сводится к стиранию старой программы и вводу новой. Модульное построение ПК, когда ее составные части могут наращиваться с определенным шагом, легко подсоединяясь друг к другу и образуя встраиваемую в шкаф кассету, позволяет создавать управляющие командоаппараты с различным объемом функциональных возможностей.

Отечественными руководящими материалами предусмотрен выпуск ПК трех уровней: I — для дистанционного управления универсальными и специальными станками, у которых в схеме автоматики содержится до 20 реле; II — для связи устройств ЧПУ

с исполнительными органами станка, где схема автоматики насчитывает примерно 50 реле; ПИ — для управления автоматизированными станками и обрабатывающими комплексами, где в схеме более 50—70 реле.

Исходя из перспективы создания на базе малогабаритных программируемых командоаппаратов унифицированных систем автоматического управления карусельными и другими станками, выпуск ПК развивается многими зарубежными фирмами. Так, фирма BOSCH (ФРГ) для управления станками выпускает ПК типа PC4000 в виде встраиваемого в электрошкаф блока, в который входят (рис. 88) входные модули для ввода информации — команд с пультов управления станком ПУ и УЧПУ и от датчиков обратной связи ДОС, сигнализирующих о состоянии исполнительных органов станка ИОС; центральный процессор; модули памяти; выходные модули и блок питания устройства. ПК выпускается в исполнениях с 12, 18, 24 и 32 модулями ввода и вывода. Модуль ввода обеспечивает 24 входных сигнала напряжением 24 В постоянного тока. Модули вывода управляют исполнительными элементами, работающими при напряжении 24 В постоянного тока и имеют три модификации в зависимости от коммутируемой мощности: на 200 мА — 24 выхода, на 750 мА — 16 выходов и на 2 А — 8 выходов. Все выходы снабжены индикацией и защищены от короткого замыкания. Кроме того, предусмотрено два исполнения модулей вывода для временных задержек на 8 и 16 выходов со временем выдержек от 0,5 до 30 с. Для сохранения памяти положе

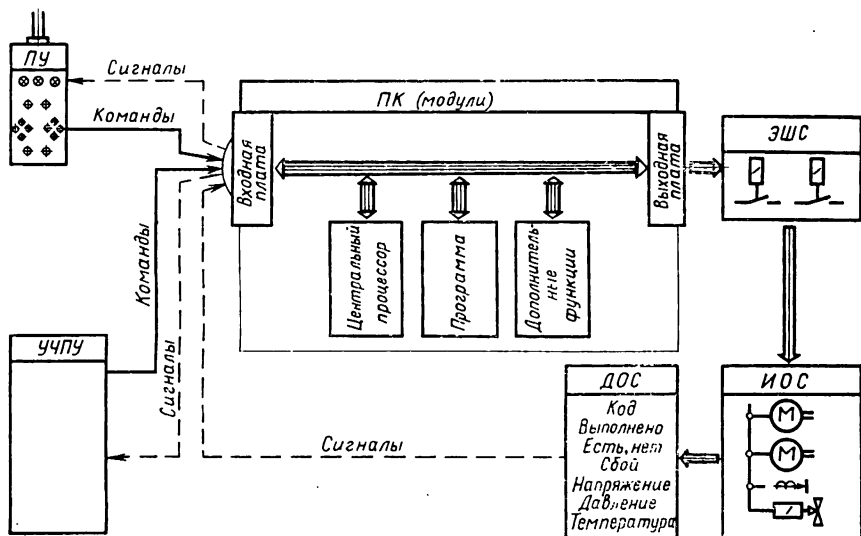


Рис. 88. Структурная схема электрооборудования станка с ПК:

ПУ — пульт управления; УЧПУ — устройство ЧПУ; ПК — программируемый контроллер; ЭШС — пусковая силовая аппаратура станка; ИОС — исполнительные органы станка; ДОС — датчики обратной связи

ний механизмов при отключенном питании станка предусмотрен выходной модуль, состоящий из 8 реле с магнитной памятью.

Процессор содержит арифметико-логическое устройство — память для записи программы работы электроавтоматики станка, счетчик знаков (байт), память входных и выходных сигналов, оперативную память, обеспечивающую хранение промежуточной информации, а также устройство управления и счетчик адресов, регулирующие обмен информацией между компонентами процессора.

Работа ПК состоит из последовательно повторяющихся рабочих циклов, каждый из которых включает три этапа: загрузку в память состояний опрашиваемых входных модулей — сканирование входных сигналов, обработку программы ПК и выдачу управляющих команд на выходные модули. Время реализации первого и третьего этапа около 2 мс. При втором этапе затрачивается 6—8 мс на обработку объема информации 1К (1024 байта — букв, цифровых знаков или символов) программной памяти.

Память программы работы электроавтоматики выполнена на допускающих перезапись элементах EPROM емкостью 256×8 бит. Для записи объема программы до 4К требуется 16×2 элементов памяти. Содержимое модулей памяти ПК записывается и стирается подключаемыми клавишным пультом с дисплеем и устройством для записи с магнитной ленты или от телетайпа. Ввод программы в память ПК с подключаемого клавишного пульта производится поэлементно нажатием клавишей с обозначением символов релейных схем, мнемокода или же символов Булевой алгебры. При этом текущая часть записываемой программы, содержащая до 24 строк из 80 знаков, выводится сначала на экран дисплея в виде контактной диаграммы или текста программных слов (что позволяет контролировать запись и устранять ошибки программирования), а затем автоматически перезаписывается в память EPROM. Для стирания записей в элементах EPROM устройство ПК снабжено источником ультрафиолетового излучения. Это дает возможность изменять отдельные кадры программы работы ПК после проверки работы станка. Устройство записи с магнитной ленты или телетайпа позволяет записывать в память ПК уже ранее отработанную программу на повышенной скорости ввода.

Для устранения неполадок устройство РС 4000 снабжено элементами поиска неисправностей: основные контрольные точки процессора и модулей ввода и вывода вынесены в виде светодиодов и сигнальных ламп на панель управления, имеется возможность индикации на экране дисплея текущего содержания процессора. Этому же способствует удобная замена вышедших из строя плат.

Фирма Siemens (ФРГ) выпускает устройства ПК типа Simatic S5 с объемом памяти 1К и числом входов и выходов до 120 у простейших исполнений и объемом памяти до 60 К с 2048 входами и выходами у наиболее сложных исполнений, что позволяет обеспечить этими устройствами схемы управления как наиболее простого

станка, так и целого обрабатывающего комплекса. Принципиально подобно (отличаясь лишь конструктивным исполнением и объемом памяти) выполнены ПК других фирм.

Органы управления станком — кнопки, переключатели, указатели, сигнальные лампы и т. д. сосредоточивают в удобном для станочника месте на подвесных или стационарных пультах управления. Конечные положения перемещающихся узлов — суппортов, поперечин, столов или стоек у станков с консольной поперечной ограничиваются конечными выключателями, такие же выключатели устанавливаются и для предохранения от столкновения друг с другом вертикальных суппортов на поперечине, поперечины и бокового суппорта и т. д. Все более широкое применение находят бесконтактные конечные выключатели типа БВК и им подобные.

Производительность работы на станке и утомляемость станочника во многом зависят от уровня освещенности рабочего места. Однако в связи со специфичной компоновкой карусельного станка, у которого режущий инструмент в процессе обработки находится под поперечиной и суппортами, освещенность зоны резания зачастую оказывается недостаточной, особенно при расточных операциях внутри высоких деталей. Поэтому карусельные станки снабжаются дополнительными источниками местного освещения. У ряда моделей станков малых и средних типоразмеров для этой цели служит укрепляемый на поперечине или на ползуне вертикального суппорта кронштейн на гибкой или подвижной подставке с укрытой в глубоком рефлекторе отражателя лампой накаливания или фарой. У других станков в нижней части корпуса поперечины выполняется специальный паз, в котором размещают прикрытые щитами от пыли и стружки лампы дневного света. При использовании последних во избежание возникновения стробоскопического эффекта (когда при совпадении частот мигания лампы и вращения детали движущаяся деталь будет казаться неподвижной) нельзя пользоваться светом только одной лампы. В светильнике должно быть не менее двух-трех ламп с питанием от разных фаз.

В комплект поставки многих моделей станков входят переносные лампы — светильники герметично закрытого исполнения с крючком для подвески их в нужном для работы месте. Для подключения переносных светильников на станке предусматривают специальные розетки с пружинными крышками. По условиям техники безопасности рабочее напряжение светильников местного освещения принимается 12, 24 или 36 В.

Конструкции главного привода карусельных станков в последние годы претерпевают значительные изменения. Хотя многие фирмы все еще выпускают станки малых и средних типоразмеров с асинхронными электродвигателями переменного тока, обеспечивая необходимый диапазон частот вращения планшайбы ступенчатым изменением передаточного отношения кинематической цепи коробки скоростей, в то же время увеличивается выпуск станков

(даже малых типоразмеров) с регулируемым приводом постоянного тока.

Выпуск наиболее экономичных и надежных (по сравнению с другими видами устройств регулирования частот вращения) тиристорных преобразователей позволил расширить диапазон частот вращения планшайбы токарно-карусельных станков при значительном упрощении кинематических цепей главного привода за счет расширения регулируемого диапазона частот вращения двигателей постоянного тока. При использовании тиристорных приводов в состав главного привода станка вместо многоступенчатой коробки скоростей входят двух- или трехступенчатый перебор и регулируемый в диапазоне $R = 50$ или 60 двигатель постоянного тока, что позволяет обеспечить бесступенчатое регулирование частот вращения планшайбы в достаточно широком диапазоне.

Тиристорный привод состоит из управляющего двигателем тиристорного преобразователя и двигателя постоянного тока. Как правило, двигатель укомплектовывается тахогенератором с возбуждением от постоянных магнитов. Силовая часть тиристорного преобразователя представляет собой выпрямитель на тиристорах, собранный по трехфазной нулевой или трехфазной мостовой схеме. В зависимости от управляющего параметра выпрямителя — угла зажигания тиристорov — меняется прикладываемое к якору двигателя суммарное напряжение, а следовательно, и частота его вращения. Для получения управляющих импульсов преобразователи имеют в своем составе фазосмещающее устройство, преобразующее аналоговый сигнал задатчика частоты вращения в импульсы, фаза которых пропорциональна сигналу задатчика и синхронна с сетевым напряжением. Импульсы на каждый тиристор анодной и катодной группы сдвинуты относительно друг друга, как и питающее напряжение, на 120° .

Задача регулируемого привода — поддержание заданной частоты вращения с определенной точностью — осуществляется с помощью обратных связей: по ЭДС, по напряжению и току или же по скорости. Наибольшую точность регулирования для одноконтурных систем обеспечивает обратная связь по скорости. Приводы с широким диапазоном и высокой точностью регулирования имеют многоконтурную структуру систем автоматического регулирования с обратными связями по напряжению, току и ускорению.

На рис. 89 приведена принципиальная схема тиристорного преобразователя типа V.3—5, изготавливаемого в СРР для регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока мощностью до 55 кВт, применяемого в качестве главного привода на станках мод. 1525 и 1Л532. Эта схема обеспечивает общий диапазон регулирования в пределах $1 : 60$, в том числе при постоянной мощности — $1 : 3$. Устойчивость получаемых частот вращения n лежит в пределах: при $n_{\max} \pm 0,5 \%$; при $0,1n_{\max} \pm 2,5 \%$ и при $0,05n_{\max} \pm 3 \%$. В приводе используется двигатель постоянного

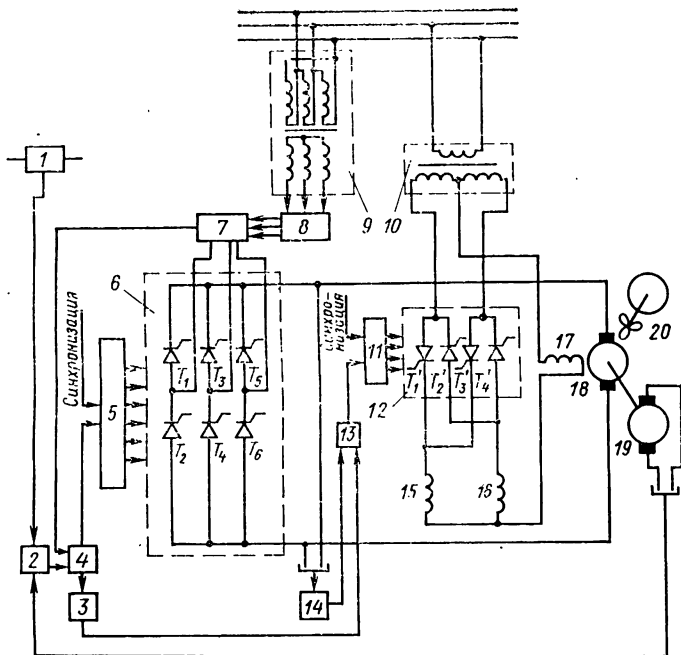


Рис. 89. Принципиальная схема тиристорного преобразователя типа V. 3—5:

1 — потенциометр задания величины скорости; 2 — регулятор частоты вращения; 3 — блок логики управления и торможения; 4 — транзисторный блок управления и регулирования; 5 — устройство сеточного управления тиристоров цепи ротора; 6 — тиристоры цепи ротора; 7 — датчик тока; 8 — автотрансформатор; 9 — индуктивность; 10 — однофазный трансформатор с выводом на вторичной обмотке; 11 — устройство сеточного управления тиристоров цепи возбуждения; 12 — однофазный двусторонний тиристорный преобразователь; 13 — устройство регулирования напряжения возбуждения; 14 — датчик напряжения; 15, 16 — индуктивности; 17 — обмотка возбуждения двигателя при- вода; 18; 19 — тахогенератор; 20 — вентилятор

тока с независимым возбуждением и охлаждением от внешнего вентилятора. Соосно с двигателем, как датчик обратной связи по частоте вращения, монтируется тахогенератор постоянного тока, соединяемый с двигателем беззазорной муфтой.

Все элементы схемы тиристорного преобразователя сконпонованы в виде функциональных блоков (модулей). Электронная часть схемы смонтирована на отдельных выдвижных платах, присоединяемых к схеме посредством разъемов. Силовая часть схемы состоит из тиристорных блоков. Вся схема преобразователя монтируется на рамах каркаса в отдельном электрошкафу $1830 \times 700 \times 374$ мм и имеет массу около 300 кг. Потенциометр для выбора частоты вращения планшайбы вынесен на пульт управления станком и соединяется со шкафом управления коаксиальным кабелем.

Питание ротора двигателя осуществляется через автотрансформатор от трехфазной сети с напряжением 220—380—440—500 В,

50 или 60 Гц и управляемый тиристорный мост, который пропускает ток только в одном направлении. При этом угол смещения импульсов, подаваемый на управляющий электрод, может изменяться относительно фазы переменного тока, подведенного к тиристорам. Тиристорный мост может работать в режиме выпрямителя, преобразуя переменный ток в постоянный, или в режиме инвертора, преобразуя постоянный ток в переменный. Максимальный режим выпрямителя ограничен углом управления импульса $\alpha = 30^\circ$, минимальный режим соответствует углу $\alpha = 90^\circ$, а максимальный инверторный режим — углу $\alpha = 150^\circ$. Эти углы отсчитываются от точек естественной коммутации напряжений трехфазной сети.

Управление тиристорами моста цепи ротора происходит с таким расчетом, чтобы импульсы на управляющем электроде тиристоров были сдвинуты друг относительно друга подобно напряжениям анод—катод данных тиристоров. Напряжение возбуждения подается через однофазный реверсивный мост. Преобразователь возбуждения питается от однофазного трансформатора со средней точкой и состоит из двух однофазных выпрямителей противоположного включения на встречный ток: Тиристоры роторной цепи и цепи возбуждения управляются транзисторным блоком управления и регулирования, состоящим из устройств сеточного управления, цепи сравнения заданных и измеренных частот вращения и логических схем управления изменением частот вращения и торможения.

Рекуперативное торможение с отдачей электроэнергии в сеть осуществляется без механических переключений в силовых цепях переходом в инверторный режим трехфазного моста на тиристорах ротора и изменением направления тока возбуждения при спаде нагрузки или подаче команды на замедление и торможение. Оно имеет место только в то время, когда тиристорный преобразователь в цепи ротора работает в режиме инвертора, а двигатель с обратным током возбуждения работает в режиме генератора. При этом кинетическая энергия, накопленная во вращающихся частях, переходит в электрическую и направляется через преобразователь в сеть переменного тока в такт с частотой сети.

Привод подач является одним из узлов, определяющих производительность и точность станка, особенно у станков с УЧПУ, которое позволяет практически бесынерционно сформировать сигналы управления приводом, обеспечивающие движение режущего инструмента по заданной траектории или позиционирование его по заданной координате. По мере совершенствования устройств ЧПУ, повышения жесткости и точности изготовления узлов станка появилась возможность сокращения вспомогательного времени, увеличения скорости установочных перемещений с 2,5—3,0 до 6—9 м/мин у станков с устройствами ЧПУ третьего поколения. В свою очередь, это повышение быстродействия потребовало от механической части привода подач увеличения прочности и жест

кости, так как входящие в состав привода элементы при таких скоростях должны выдерживать большие инерционные нагрузки. Для повышения точности обработки за счет точности позиционирования инструмента и снижения шероховатости обрабатываемых поверхностей величина дискретности устройств ЧПУ у современных станков уменьшилась до 0,001 мм по сравнению с дискретностью у станков с ЧПУ первого и второго поколений (0,01 мм).

Стремление к снижению потерь мощности и нагрева, повышению надежности и упрощению обслуживания привело к замене электрогидравлических шаговых приводов подач электрическими приводами постоянного тока. Таким требованиям по сравнению с другими видами приводов (гидропривод, электропривод на базе машинного усилителя и т. д.) в наибольшей мере соответствует тиристорный привод с высокомоментным электродвигателем постоянного тока и возбуждением от высокоэнергетических магнитов. Этому приводу предшествовало применение высокоскоростных малоинерционных двигателей постоянного тока с беззубцовым ротором, которые, обладая высоким быстродействием, требовали установки между электродвигателем и конечным звеном цепи подач редуктора с безззорным зацеплением передач, а также настройки приводов применительно к параметрам каждого станка. Имея малую теплотемкость и малый диаметр коллектора, этот двигатель не обладает перегрузочной способностью.

Указанные недостатки привели к тому, что высокоскоростные малоинерционные двигатели были заменены низкооборотными двигателями с большими моментами инерции. Возможность их перегрузки обеспечивает высокое отношение пиковых моментов к моменту инерции и соответственно хорошие динамические показатели за счет применения для возбуждения металлокерамических магнитов, выдерживающих 10—15-кратные пиковые моменты без размагничивания. Значительные масса и теплотемкость ротора позволяют длительно выдерживать перегрузки (трехкратный момент выдерживается до 30 мин). При использовании таких двигателей отпадает необходимость соединять двигатель и конечное звено кинематической цепи подач точными безззорными передачами. Существенное уменьшение влияния динамической нагрузки приводного механизма на переходные процессы привода с высокомоментными двигателями упростило их регулировку при монтаже станка.

Незначительные потери в шариковых винтовых передачах позволяют при ускоренных установочных перемещениях затрачивать крутящий момент в пределах до 20—25 % номинального момента, развиваемого при резании. С другой стороны, большие силы резания используются только при малых окружных скоростях, составляющих 15—20 % скорости быстрых установочных перемещений. Такое соотношение нагрузок и окружных скоростей определило конструкцию регулируемого электропривода подач современного токарно-карусельного станка. Основные предъявляе-

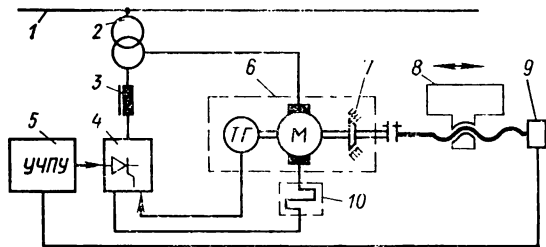


Рис. 90. Принципиальная схема привода подачи с тиристорным регулированием:

1 — сеть; 2 — трансформатор; 3 — сглаживающий дроссель; 4 — блок тиристорного управления; 5 — задатчик устройства УЧПУ; 6 — двигатель с тахогенератором и встроенным тормозом; 7; 8 — перемещаемый узел; 9 — измерительная система; 10 — тепловая защита двигателя

мые к приводу подачи требования — это малый габарит электродвигателя при высоком крутящем моменте; минимальное (доли секунды) время разгона до заданной скорости и время торможения; значительная нагрузочная способность при повторно-кратковременных режимах работы (привод должен не менее 1 ч выдерживать полуторакратную перегрузку); равномерность вращения при различных нагрузках на любой скорости (при скорости рабочей подачи, составляющей 0,0001 скорости быстрых перемещений, неравномерность движения не должна превышать 30 %); широкий (до 1 : 10 000 или даже 1 : 40 000) диапазон регулирования частот вращения. Этим требованиям наиболее полно соответствуют регулируемые высокомоментные приводы постоянного тока с четырехквадрантной схемой тиристорного управления (рис. 90).

Регулируемый двигатель подбирают по его основным характеристикам. Требуемая максимальная частота вращения (мин^{-1})

$$n_{\text{max}} = \frac{v_{\text{уск}} i \cdot 10^3}{t},$$

где $v_{\text{уск}}$ — скорость быстрых установочных перемещений; у карусельных станков обычно $v_{\text{ск}} = 3 \div 6$ м/мин; i — передаточное отношение кинематической цепи от двигателя до приводного винта; t — шаг приводного винта, мм.

Крутящий момент (длительно действующий) на валу двигателя, требуемый для перемещения узла (Н·м):

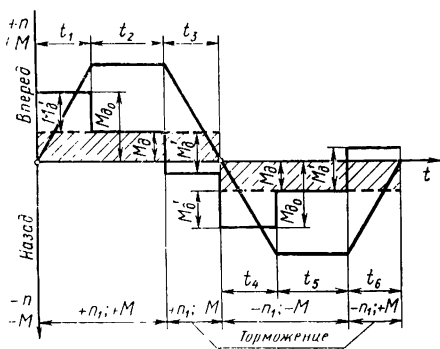
$$M_{\text{д}} = \frac{(F_s + F_g) t}{2\pi \cdot 10^3 i \eta_{\text{п}}},$$

где F_s — усилие подачи (составляющая силы резания, действующая вдоль оси движения подачи), Н; F_g — нагрузка на приводной винт от веса перемещаемого узла, действующая по направлению его движения, Н; $\eta_{\text{п}}$ — КПД кинематической цепи от двигателя до приводного винта.

Крутящий момент на валу двигателя при разгоне и торможении (Н·м)

$$M_{\text{до}} = 1,05 \frac{n_{\text{д}} J_{\text{п}}}{T_{\text{м}} \eta_{\text{п}}} + \frac{F_g t}{2\pi 10^3 i \eta_{\text{п}}},$$

Рис. 91. Диаграмма частот вращения и крутящих моментов регулируемого двигателя привода подачи



где J_{Π} — общий момент инерции всех элементов кинематической цепи (включая двигатель), приведенный к оси двигателя, Н·см·с²; $T_M = 60/k_v$ — постоянная времени привода, м·с; k_v — фактор, характеризующий динамические данные двигателя и отражающий величину пути движения узла по инерции, отнесенную к скорости 1 м/мин.

На обычных станках с ЧПУ максимально допустимое ускорение не должно превышать $a = 0,8 \div 1,5$ м/с², у станков повышенной точности $a \leq 0,4$ м/с². При $v_{\text{уск}} = 5 \div 6$ м/мин и $a = 0,8$ м/с² $k_v = 0,55 \div 0,6$; при $v_{\text{уск}} = 3 \div 4$ м/мин и $a = 1,5$ м/с² $k_v = 1,2 \div 1,5$.

Диаграмма крутящих моментов и частот вращения двигателя приведена на рис. 91. $M'_d = M_{d0} - M_d$ — дополнительные нагрузки на двигатель при разгоне и торможении.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И СМАЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Внедрение регулируемого электропривода на карусельных станках последних лет выпуска сузило область применения гидравлических механизмов, однако благодаря простоте управления и использования они остаются незаменимыми как средство автоматизации, а также для выполнения вспомогательных функций: переключения блоков шестерен и муфт в переборах главного привода и приводов подач, в механизмах фиксации узлов и обрабатываемой детали, устройствах уравнивания ползунов вертикальных суппортов, коррекции прогибов поперечин и станин крупногабаритных станков с консольной поперечиной и т. п.

Примером широкого использования гидравлических устройств могут служить станки предприятия TOS серии SKJ, у которых изменение величин рабочих подач и установочных перемещений суппортов осуществляется регулируемыми гидромоторами (см. рис. 85), а ползун вертикального суппорта и боковой суппорт уравниваются гидроцилиндрами. В гидравлическую систему этих станков входят переключатель выбора ступени вращения планшайбы и цилиндры переключения блоков шестерен в коробке скоростей, а также муфты включения и торможения вращения планшайбы, вспомогательные гидравлические механизмы, которые осуществляют дистанционное изменение положения электрошупа копировального устройства, переключение муфт устройства наре-

зания резьбы и другие функции. Питающий систему сдвоенный шестеренный насос высокого давления подачей $25+25+40$ л/мин с приводным электродвигателем установлен рядом со станком на масляном баке. Тут же размещена и аппаратура управления гидросистемой. Бак снабжен очистными фильтрами и устройством для воздушного охлаждения масла; устройство автоматически включается при работе станка и поддерживает температуру масла в пределах $50-55$ °С.

Приводы подач — регулируемые гидромоторы у вертикального суппорта — встроены в коробку подач поперечины, а у бокового суппорта — в его корпус. При ручном управлении станком для каждого суппорта устанавливается гидромотор. Включение цепей вертикального и горизонтального перемещений производится муфтами. Для осуществления одновременного перемещения по двум осям с различными скоростями при установке копировального устройства или ЧПУ на каждый суппорт ставится по два гидромотора.

Другим примером использования гидроприводов в механизмах подач карусельных станков могут служить электрогидравлические шаговые приводы (см. рис. 84), применяемые на станках серии JU фирмы JUNGENTHAL и серии VN фирмы MORANDO, у которых регулируемые плунжерные гидромоторы выполняют функции гидроусилителей крутящего момента, а также гидрокопировальная система «Diplomatic» с двухосевым гидравлическим щупом, управляющая одновременно двумя регулируемыми гидромоторами вертикального и горизонтального перемещений суппорта, устанавливаемого на станках фирмы Jvo—Lola—Ribar.

Периодическое действие гидравлических устройств, выполняющих вспомогательные функции в состоянии постоянной готовности к срабатыванию, т. е. с постоянной работой насосов, позволяет во многих случаях использовать подаваемое масло после снижения его давления редукционным клапаном для смазки узлов станка. Поэтому у многих станков гидравлическая и смазочная системы объединены.

Правильно выбранное масло, поданное в достаточном количестве для смазки узлов станка, обеспечивает его устойчивую работу и способствует сохранению точности обработки за счет предупреждения преждевременного износа движущихся деталей и устранения возможности их заедания. При этом сокращаются потери энергии на трение. Масло, помимо смазки рабочих поверхностей деталей, охлаждает их, отводя выделяющееся при работе тепло. Выбор масла зависит от скорости относительного скольжения смазываемых поверхностей и величины действующих нагрузок: чем выше скорость и меньше давление на рабочих поверхностях, тем меньшую вязкость должен иметь смазочный материал. Выбор масла зависит и от других факторов, например, для устранения скачкообразных перемещений при малых скоростях движения применяют масла с антискачковыми присадками и т. д. Однако,

несмотря на наличие у современного карусельного станка разнообразных пар трения, работающих при значительно различающихся режимах, с целью упрощения смазочной системы и облегчения обслуживания станка разнообразие смазочного материала в системе сводят не более чем к трем-четырем сортам жидких минеральных масел и пластичных (консистентных) мазей.

Различные модели станков имеют и различные конструкции смазочных систем. Даже на одном станке смазка его узлов осуществляется разными способами. Например, у двухстечного токарно-карусельного станка мод. 1525 коробка скоростей и стол имеют централизованную смазку. Резервуаром для масла служит нижняя часть внутренней полости корпуса основания стола. Из резервуара масло шестеренным насосом через магнитно-сетчатый фильтр подается по маслопроводу в коробку скоростей для смазки электромагнитных муфт, шестерен и подшипников, в стол, где смазываются подшипники шпинделя, вертикального вала и венцовая пара шестерен, а также через кольцевой маслопровод в каждый из четырех карманов системы гидродинамической смазки круговых направляющих планшайбы. Если под направляющие подается недостаточное количество масла, то по команде реле контроля давления на пульте управления станком загорается красная сигнальная лампа «Смазки нет».

Смазка вертикальных суппортов и винтов перемещения производится многоточечными смазочными насосами с электродвигателями, которые включаются автоматически при включении перемещений суппортов. Вертикальные направляющие поперечины и винты ее перемещения смазываются от установленного на поперечине отдельного плунжерного насоса со своим электродвигателем, который включается автоматически перед началом перемещения. Подача масла к местам смазки осуществляется по медным трубкам. Смазка механизмов коробок подач осуществляется поливом масла, подаваемым встроенными в коробки лопастными насосами. Смазка механизмов перемещения и зажима поперечины, а также кронштейнов передачи движения на подачу производится разбрызгиванием залитого в картеры этих механизмов масла вращающимися шестернями.

Аналогична смазочная система крупногабаритных станков Коломенского завода тяжелых станков. Несколько по-иному осуществляется у этих станков лишь комбинированная смазка круговых направляющих планшайбы. На кольцевой направляющей основания выполнены две системы маслоподводящих карманов — радиальных канавок: открытая и закрытая. При вращении планшайбы вследствие наличия скосов у открытых карманов в масляном слое между направляющими основания и планшайбы создается гидродинамическое давление, повышающееся с увеличением скорости. При работе станка с малыми частотами вращения планшайбы, когда гидродинамическое давление в масляном слое мало, создаваемое маслом гидростатическое давление в закрытых

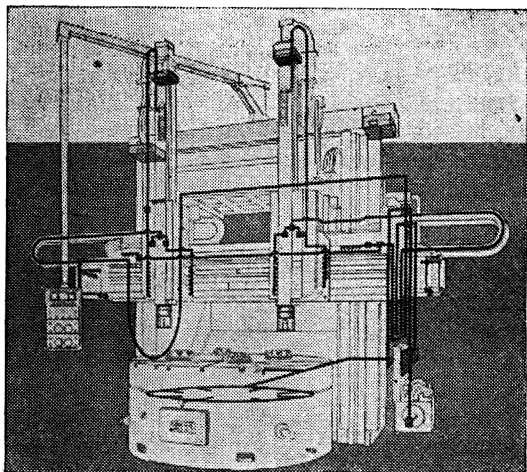


Рис. 92. Система централизованной смазки станков серий VL и VH фирмы MORANDO

карманах уменьшает момент трения в направляющих и предохраняет их от полусухого трения. Давление масла в закрытых карманах регулируется напорным золотником и контролируется электроконтактным манометром. Контроль температуры масла в направляющих осуществляется ртутным контактным термометром. При достижении температуры масла 60°C подается звуковой сигнал.

Централизованная смазочная система карусельных станков фирмы MORANDO серий VL и VH состоит из отдельных подсистем, показанных на рис. 92: 1 — периодически включающиеся в заданном режиме смазочные системы суппортов. Подаваемое через дозирующие устройства масло в точно заданном количестве подводится через гибкие рукава к винтовым передачам суппортов и направляющим салазкам. Прозрачные проточные маслоуказатели позволяют визуально контролировать подачу масла; 2 — постоянно действующая смазка подшипников планшайбы и механизмов главного привода. Поступление масла к подшипникам планшайбы контролируется визуально по маслоуказателю стола; 3 — смазка механизмов коробок передач во время их работы от встроенных в коробки индивидуальных насосов; 4 — смазка направляющих и винтов перемещения ползунов вертикальных суппортов. Подача масла осуществляется только при перемещении ползуна; 5 — смазочные ванны с погруженными в них шестернями механизмов перемещения поперечины. Уровень масла в ванне контролируется визуально по глазкам маслоуказателей на передней стенке корпусов.

Все более широкое применение находят дозирующие устройства автоматической подачи смазочного материала в заданном ритме. На рис. 93 приведена принципиальная схема одной из разновидностей импульсной централизованной смазочной системы, применяемой на отечественных и зарубежных станках. В масло-

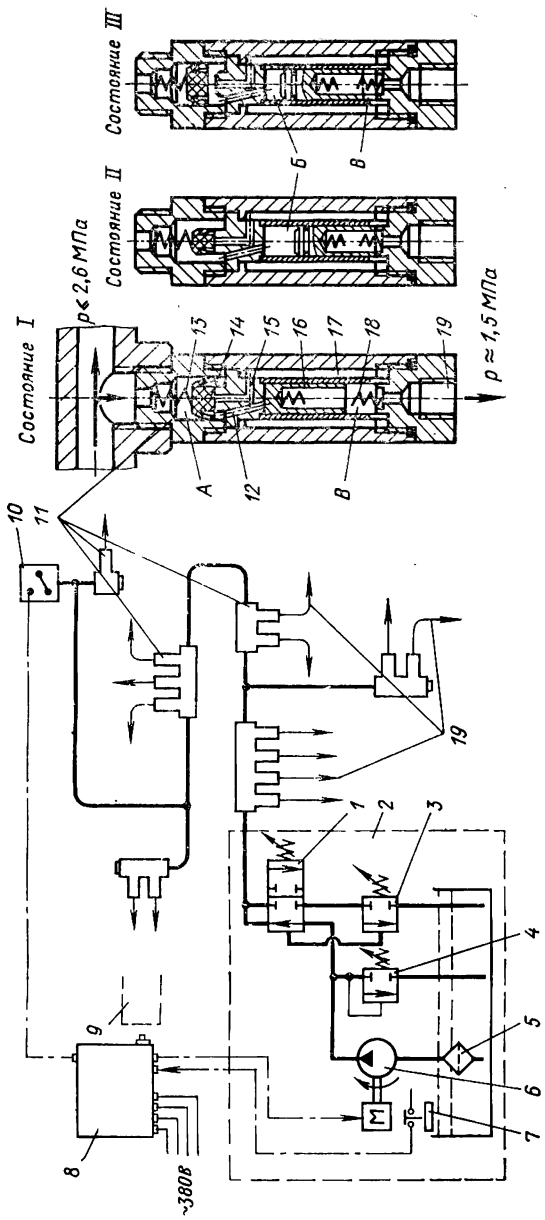


Рис. 93. Принципиальная схема централизованной импульсной смазочной системы

провод разводки по станку масло подается от установленной рядом со станком смазочной станции 2. В состав станции входят насос 6 с приводным электродвигателем и аппаратура автоматики управления: переключающий, подпорный и предохранительный клапаны 1, 3 и 4, а также реле 7 контроля уровня масла. При падении уровня масла в резервуаре ниже допустимого реле блокирует включение станка в работу. Для настройки режимов включения подачи масла и контроля за работой смазочной системы служит прибор управления 8, устанавливаемый в удобном для доступа месте.

Режимы работы системы: 1) ручной для заполнения системы маслом, когда импульсы подачи масла выдаются непрерывно, пока нажата пусковая кнопка; 2) автоматические: при работе станка подача масла включается через выбранные равные промежутки времени, отсчитываемые таймером и не зависящие от режима работы станка, или же подача порции масла включается через настроенное определенное количество ходов или оборотов смазываемого элемента. В последнем случае задающий ритм элемент станка 9 может быть связан с прибором управления подаваемыми через конечные выключатели ВК, БВК и т. п. электрическими сигналами, количество которых задается в счетном устройстве прибора управления при выборе режима работы. На разводящем маслопроводе устанавливают импульсные дозаторы 11, число которых соответствует числу точек смазки, а типоразмеры — объему масла, подаваемого к данному узлу.

При включении насоса 6 очищенное в фильтре 5 масло через клапан 1 и разводящий маслопровод подается к импульсным дозаторам 11, находящимся в исходном положении (на рисунке состояние I). Воздействуя на зонтичный клапан 14, масло сжимает его упругую кольцевую манжету и из полости А по каналу 12 поступает в полость В. Под давлением поступающего масла поршень 16 смещается, сжимая пружину 18 (состояние II). По мере заполнения всех дозаторов давление в разводящем маслопроводе возрастает до 2,5—2,6 МПа и вызывает срабатывание реле давления 10, установленного в конце маслопровода. Реле дает команду на отключение насоса.

При отключении насоса клапан 1 под действием своей пружины открывается и соединяет разводящий маслопровод со сливом через подпорный клапан 3, который настраивается на давление срабатывания порядка 0,02—0,05 МПа и защищает смазочную систему от попадания в трубопроводы воздуха. Давление в системе падает. При этом во всех дозаторах расправляются упругие манжеты зонтичных клапанов 14, отсекая заполненную маслом полость В от полости А. Под действием пружины 18 поршень 16 возвращается в исходное положение, выжимая при этом масло из камеры В. Выжимаемое масло, проходя по каналу 12, отжимает поджатый пружиной 13 зонтичный клапан 14 и открывает себе вход в канал 15 и далее через кольцевой зазор 17 в полость В (состояние III). Объем полости В у каждого типоразмера дозатора соответствует

порции масла, подаваемого за один импульс в точку смазки (0,01—1,25 см³). Дозаторы приходят в исходное состояние, и система готова к действию.

При поступлении через установленный промежуток времени новой команды прибора управления 8 цикл повторяется, но при этом под давлением масла в полостях *A* и *B* смещающийся поршень дозатора *16* выжимает из полости *B* в свою трубку *19* подводящую к точке смазки точно отмеренную порцию масла с давлением примерно 1,5 МПа.

Такая принудительная система подачи смазочного материала гарантирует его поступление в нужном количестве ко всем точкам смазки независимо от их расположения по высоте и в то же время сводит до минимума непроизводительные утечки. Предохранительный клапан *4*, настроенный на давление 3 МПа, защищает систему от псвреждений при засорении маслопровода. При обрыве маслопровода и падении в нем давления реле времени в приборе управления отключит через некоторое время включившийся насос, зажжется сигнальная лампа «Смазки нет» и включится блокировка, исключающая возможность включения станка в работу после очередной остановки.

Существуют и другие конструктивные исполнения импульсной централизованной смазочной системы, но принцип их работы подобен описанному.

На станках больших габаритов, как это уже было описано ранее, широко используется гидростатическая смазка круговых направляющих планшайб и суппортов, а также винтовых и червячных передач. У станков повышенной точности для снижения влияния тепловой деформации на точность обработки детали отработавшее масло сразу же выводится за пределы корпуса стола в отдельно стоящий бак — резервуар смазочной системы. У ряда станков, в первую очередь у станков с гидростатической смазкой, эти баки имеют термостатическую регулировку; для поддержания постоянной температуры независимо от частоты вращения планшайбы и нагрузки на нее масло в резервуаре охлаждается холодильными устройствами в виде тонкостенных обдуваемых воздухом ребристых радиаторов, омываемых холодной водой трубочатых радиаторов или периодически включаемых небольших холодильных фреоновых установок. Иногда для повышения скорости термостабилизации корпусных деталей при пуске станка в работу после длительной остановки в условиях низкой температуры окружающего воздуха резервуар снабжается нагревательной системой, которая автоматически отключается по достижении у масла в резервуаре рабочей температуры.

ФУНДАМЕНТЫ

Одностоечные токарно-карусельные станки малых типоразмеров нормальной точности и особенно с монолитной отливкой станины и основания, обычно обладая достаточной собственной

жесткостью, не требуют специальных фундаментов. В зависимости от массы такие станки могут быть установлены либо на достаточно жесткий и ровный пол цеха (при этом толщина бетонной плиты пола должна быть не меньше 150—200 мм), либо на устроенные в полу сплошные ленточные фундаменты. На такую утолщенную согласно расчету ленту фундамента можно устанавливать и двухстоечные станки малых типоразмеров, массой до 30 т, если для их установки и обслуживания не требуется специальных приямков. Расчет прочности пола в таких случаях производят в соответствии со строительными нормами проектирования нагруженных полов. Для установки станков больших габаритов, особенно станков с раздельными основаниями стола и портала или стойки, строят специальные фундаменты, которые у уникальных станков представляют собой довольно сложное инженерное сооружение.

Входя в состав воспринимающей нагрузки системы станок—фундамент, фундамент должен обеспечить максимальное использование возможностей станка в части жесткости, виброустойчивости и точности, исключить влияние на его работу установленного рядом другого оборудования. Для этого должно быть прочное закрепление станка на фундаменте, а сам фундамент должен быть достаточно жестким и виброустойчивым. Прочность фундамента обычно принимают с большим запасом, а жесткость и виброустойчивость — в зависимости от типа и назначения станка. Недостаточная жесткость фундамента станка из-за деформации системы стол—стойка под воздействием масс перемещающихся узлов и сил резания может вызвать значительные погрешности при обработке, нарушение правильного контакта поверхностей подвижных стыков, что ускоряет изнашивание и снижает долговечность станка. Недостаточная виброустойчивость фундамента под воздействием возникающих в процессе резания вынужденных колебаний вызывает волнистость обрабатываемых поверхностей, разбалтывает резьбовые соединения. Жесткая установка станка на фундаменте позволяет за счет повышения режимов резания увеличить производительность обработки.

В прилагаемом к станку руководстве завод-изготовитель дает рекомендации в виде чертежа — технического задания на проектирование фундамента. Размеры фундамента в плане определяют по габаритам опорных поверхностей станка и проверяют по допускаемым нагрузкам на грунт в месте установки фундамента, которые в первом приближении можно принимать 50 кПа. Высота фундамента для карусельных станков $H = 0,6 \sqrt{L}$, где L — наибольший размер фундамента в плане (длина или ширина), м.

Уточненные расчеты фундаментов [8] ведут по статическому давлению на основание фундамента, определяемому по формуле

$$P_{\text{ср}} = \frac{10Q}{F} \leq R_{\text{н}}$$

где Q — нагрузка на основание, равная сумме весов фундамента, установленного на нем оборудования и наибольшего веса обрабатываемой на станке детали; F — площадь подошвы фундамента; R_n — нормативное давление на грунт в зависимости от его характера. Для предупреждения неравномерной осадки фундамента (перекоса) при эксилуатации станка несопадение центра тяжести станка и центра площади фундамента не должно превышать 5 % размера стороны фундамента.

Для станков, узлы которых между собой жестко не связаны и устанавливаются на фундаменте отдельно, расчетная жесткость системы станок—фундамент на изгиб в горизонтальной плоскости приближенно определяется по общему моменту инерции этой системы. Жесткость фундамента на кручение при сложной форме его поперечного сечения

$$G_{\Phi} J_{\Phi} = G_{\Phi} \frac{F_{\Phi}^4}{4 (J_{\Phi y} + J_{\Phi z})},$$

где F_{Φ} — площадь поперечного сечения фундамента; G_{Φ} — модуль упругости второго рода материала фундамента; $J_{\Phi y}$, $J_{\Phi z}$ — моменты инерции сечения фундамента соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Выбор марки бетона для фундамента, вопросы его гидроизоляции, защиты от вредного действия масел решают в соответствии со «Строительными нормами и правилами» (СНиП). Обычно применяют бетон марок 200—400, но не ниже 100, при устройстве армированных фундаментов — не ниже 150. Для армирования применяют горячекатаную сталь.

Наиболее надежным способом жесткого крепления станка на фундаменте является крепление его при помощи анкерных болтов с последующей подливкой опорных поверхностей цементным раствором. Глубина l заделки болта в фундаменте из условий равнопрочности болта $l = (10 \div 15) d$. Обычно принимают диаметр болтов $d \geq 24$ мм. Расстояние от граней колодцев анкерных болтов до наружных граней фундамента должно быть не менее 100—120 мм, а от нижнего конца болта до подошвы фундамента — не менее 100 мм. Глубина заложения фундамента — не меньше, чем полученная по расчету для данного грунта, однако, если в фундаменте есть технологические полости, то толщина нижней плиты принимается в пределах 0,4—1,0 м в зависимости от вылета консольной части фундамента. Если же полость сверху закрыта монолитным перекрытием, толщину нижней плиты можно снизить до 200 мм.

С целью упрощения изготовления фундамента его следует делать возможно более простой, прямоугольной формы в плане, а подошву — на одной-двух отметках. Если же требуется глубокий, но небольшой по площади приямок, то выполняется местное заглубление с толщиной стенок и днища 150—200 мм. При строительстве фундамента в грунте с высоким уровнем грунтовых вод

необходимо предусматривать кессон, верхняя отметка которого должна быть на 200—300 мм выше возможного подъема уровня воды. При бетонировании фундамента трещины и воздушные пустоты в стенках не допускаются. Для удобства обслуживания двухстоечные карусельные станки иногда устанавливают ниже уровня пола в цехе, так чтобы верхняя плоскость планшайбы станка была примерно на 150—250 мм выше уровня пола. Образующиеся полости между стенками фундамента и узлами станка перекрывают щитами настила.

Монтаж оборудования на вновь изготовленном фундаменте может быть начат не ранее, чем через 7—10 дней после заливки бетона, когда его прочность на сжатие будет не менее 50 % расчетной. По рамному уровню основание стола выставляется на клиновых башмаках с отклонением от горизонтальной плоскости не более 0,04 мм на длине 1000 мм в продольном и поперечном направлениях. Одностоечные станки небольших размеров допускается выставлять на клиновых прокладках. После выверки положения производится подливка основания пластичным бетоном марки не ниже 200. Если зазор между основанием и поверхностью фундамента не менее 50 мм, используются малоусадочные растворы 1 : 4 : 5 на цементах марок 400—500. Точность установки стоек также проверяется уровнем. Отклонение от перпендикулярности лицевых направляющих стоек станков нормальной точности относительно поверхности планшайбы не должно превышать 0,04 мм на 1000 мм длины. Допускается образование только тупого угла с плоскостью планшайбы. Лицевые поверхности обеих стоек должны лежать в одной плоскости, что контролируется щупом по поперечине. Щуп толщиной 0,04 мм не должен входить по всей ширине направляющих одной и другой стоек больше, чем на 15—20 мм. Пуск станка в работу разрешается не ранее, чем через 15 дней после заливки фундамента, когда бетон имеет не менее 70 % расчетной прочности. В период затвердевания фундаменты рекомендуется поливать водой и накрывать влажными древесными опилками, что ускоряет созревание бетона.

Фундаменты уникальных станков после полного затвердевания перед монтажом станка рекомендуется загружать грузом, вес которого превышает на 10—15 % суммарный вес станка и обрабатываемой детали, что согласовывается со строительной организацией. Фундамент выдерживается под нагрузкой до полного прекращения осадки. Затем для защиты бетона от действия в процессе эксплуатации масла и эмульсии наружные поверхности фундамента покрывают слоем маслоупорного цемента («железнят») и окрашивают масляной краской, после чего фундамент готов к монтажу станка.

УСТРОЙСТВА И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РАСШИРЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Для расширения технологических возможностей и повышения производительности обработки универсальный станок может быть укомплектован дополнительными узлами и приспособлениями. Набор таких устройств не регламентирован, а их конструктивные схемы зависят от конструктивных особенностей станков и технологических возможностей завода-изготовителя. Перечень поставляемых устройств приводится в фирменных рекламных проспектах, что позволяет потребителю выбрать при заказе станка нужную ему комплектность. Ниже описаны применяемые дополнительные устройства и приспособления и выполняемые с их помощью технологические операции.

ОБРАБОТКА СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Обработка конических поверхностей. Внутренние и наружные конические поверхности деталей могут быть обработаны на станках с поворотными суппортами за счет поворота ползуна и установки его под соответствующим углом. Поворот передней части корпуса суппорта с ползуном осуществляется червячным механизмом вручную у станков малых и средних типоразмеров на угол $\pm 45^\circ$ от вертикального положения или вспомогательным механизмом с автономным электродвигателем у уникальных станков на угол $+30^\circ$ (наружу) и -15° (внутрь). Для отсчета угла поворота на корпусе салазок суппорта обычно предусматривается круговая шкала с ценой деления $0,5-1,0^\circ$, а червяк поворота снабжен лимбом с ценой деления $1-5'$. Более точно угол наклона может быть установлен при использовании специального устройства с микрометрическим угломером.

Если по условиям обработки требуется протачивание конуса с углом большим, чем допускает поворот суппорта, или если одним и тем же суппортом поочередно протачиваются цилиндрические и конические поверхности, применяют дополнительный узел — конусную гитару, представляющую собой плоский кронштейн с набором сменных шестерен. Связывая жесткой кинематической связью величины вертикальной S_z и горизонтальной S_x подачи, гитара соответственным подбором передаточных чисел сменных шестерен обеспечивает обработку наружных и внутренних конических поверхностей детали с углом при вершине от 5 до 175° .

При этом во избежание перегрузки механизмов при угле конуса у вершины больше 90° включается соответствующая условиям обработки задающая горизонтальная подача, а при угле 90° и меньше — вертикальная подача. Изменение направления горизонтальной составляющей подачи при переходе от обработки наружной конической поверхности к внутренней осуществляется вводом в зацепление передаточной шестерни, реверсирующей направление перемещения. Величина и направление задающей подачи выбираются механизмами коробки подач. Поставляемый со станком набор сменных шестерен обычно позволяет обрабатывать конические поверхности с перепадом в $2-5^\circ$, что указывается в прилагаемых к станку таблицах настройки. При необходимости обработки конической поверхности с углом, отличающимся от табличных значений, возможна настройка сменными шестернями ближайшего табличного значения угла в комбинации с наклоном суппорта.

Для обеспечения подачи резца на величину врезания — глубину стружки — при втором и последующих проходах одна из шестерен приспособления свободно сидит на выходном валу коробки подач и соединяется с этим валом мелкозубой муфтой. При отключении муфты появляется возможность осуществить подвод резца на глубину врезания относительно лишь одной из осей координат — X или Z .

На станках с ЧПУ, имеющим блок линейной интерполяции с отдельными, бесступенчато регулируемыми приводами вертикальной и горизонтальной подач, обработка конических поверхностей осуществляется без применения сменных шестерен, простым набором на переключателе пульта управления требуемой величины тангенса угла образующей поверхности конуса, который является отношением величин вертикальной и горизонтальной подач суппорта (см. рис. 124).

Нарезание резьбы. Широкий диапазон обрабатываемых на карусельных станках деталей часто требует нарезания резьбовых поверхностей. Это могут быть резьбовые соединения больших диаметров, винтовые канавки — ручки для каната на барабанах грузоподъемных устройств или же плоские спиральные канавки на торцовой поверхности. При обработке таких поверхностей необходимо кинематически жестко связать частоту вращения планшайбы с вертикальным или горизонтальным движением суппорта, т. е. обеспечить за один оборот планшайбы перемещение резца строго на величину шага нарезаемой резьбы. На рис. 94 показано устройство для нарезания резьбы, у которого один из промежуточных валов коробки подач связан расположенными на плоском кронштейне (гитаре) сменными шестернями с выходным валом коробки, осуществляющим вертикальную подачу. Изменением передаточного числа набора сменных шестерен устанавливается необходимая подача — величина шага резьбы. Прилагаемый к станку типовой набор сменных шестерен обычно предусматривает возможность

нарезания резьб с шагом от 1 до 50 мм, а у некоторых моделей — до 72 мм при метрической резьбе и от 18—25 до 1 нитки на дюйм при дюймовых резьбах. При нарезании плоской спиральной резьбы сменные шестерни гитары передают вращение на выходной вал горизонтального перемещения коробки подач.

При нарезании резьбы кинематическая цепь передачи движения подачи через коробку подач отключена, так как движение передается в обход коробки через сменные шестерни резьбонарезного приспособления, включаемого в работу одноулачковой муфтой, сидящей на удлиненном конце вала коробки подач, с которого снимает движение резьбонарезное приспособление. Наличие в кинематической цепи резьбонарезного устройства электромагнитных, фрикционных и других муфт, имеющих проскальзывание, недопустимо, так как движение резца и вращение обрабатываемой детали должны осуществляться строго синхронно. В связи с тем, что обычно резьбу нарезают за несколько проходов, для возврата резца ускоренным ходом в исходное положение с отводом его от поверхности детали и повторного попадания в нарезаемую канавку отключение и включение резьбонарезной кинематической цепи осуществляются одноулачковой муфтой. Эта муфта гарантирует точное повторное попадание резца в нарезаемую канавку резьбы, так как вал, на котором находится муфта, делает $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{2}$ или 1 оборот за один оборот планшайбы. Для облегчения настройки точного диаметрального размера резьбы, а также угла наклона боковых поверхностей витка резцы крепят в специальных регулируемых резцедержателях с микрометрической подстройкой их положения.

Большинство фирм использует для нарезания резьбы тот же набор сменных шестерен, что и для обработки конусов.

Если механизм подачи имеет отдельный, механически не связанный с вращением планшайбы привод, жесткая связь частоты вращения планшайбы и величины подачи суппорта осуществляется электрически. При оснащении станков устройствами линейной

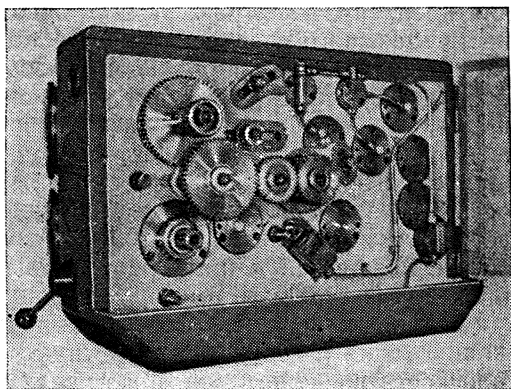


Рис. 94. Коробка подач с устройством для нарезания резьбы

интерполяции нарезание резьбы производится без использования сменных шестерен, выбором соответствующей шагу нарезаемой резьбы величины подачи инструмента на оборот планшайбы. При этом цикл многопроходной обработки выполняется автоматически.

Обработка криволинейных поверхностей. Контур профиля обрабатываемых на токарно-карусельных станках деталей часто содержит криволинейные участки, обработка которых при ручном управлении представляет собой сложную, трудоемкую операцию и не обеспечивает достаточно высокую точность. Для обработки сложных криволинейных и ступенчатых поверхностей применяют копировальные устройства. Наиболее широкое применение получили электрокопировальные устройства, у которых траектория движения резца при обработке задается плоским стальным шаблоном, а команды включения перемещения (вверх-вниз или влево-вправо) выдаются скользящим по контуру шаблона ощупывающим устройством — пальцем электрощупа-датчика. По этим командам включается вращение в нужную сторону выходных валов коробки подач, осуществляющих движение суппорта или ползуна. Наиболее распространены копировальные системы с включением вращения выходных валов коробки подач встроенными в них быстродействующими электромагнитными муфтами. При использовании в приводах подач регулируемых электрических приводов электрощуп через схему копирования непосредственно управляет электродвигателем.

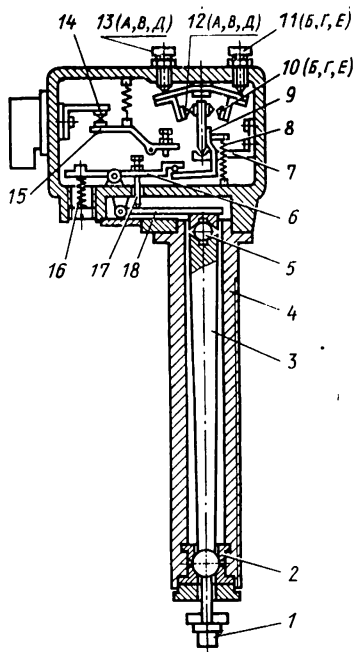
В зависимости от принятой компоновки шаблон крепят неподвижно на специальной кронштейне поперечины, а электрощуп — на движущемся ползуне, или же, наоборот, шаблон крепят на движущемся ползуне, а щуп — на поперечине с правой или левой стороны суппорта. Копировальное устройство обычно воспроизводит на обрабатываемой детали профиль позитивного шаблона в соотношении 1 : 1. При этом форма и размер вершины пальца, ощупывающего шаблон, должны точно соответствовать форме и размерам режущей части работающего резца. В связи с различными габаритами и формами обрабатываемых деталей кронштейны для крепления электрощупа и установки шаблона имеют возможность взаимного перемещения и жесткой фиксации, что обеспечивает выполнение копировальной обработки на любом участке зоны рабочих перемещений резца. Кроме того, для точной ручной установки резца на заданный размер обработки, т. е. привязки контура шаблона к обрабатываемой детали при настройке станка, электрощуп крепится в кронштейне на крестовых салазках, позволяющих осуществлять его точное перемещение в двух направлениях — по вертикали и горизонтали на 100—200 мм. Этими же перемещениями обеспечивается дополнительное врезание резца при повторных проходах по одному и тому же шаблону.

Для предотвращения случайной поломки щупа при отключении копирования и переходе на обычную обработку щуп отводится от плоскости шаблона. Для этого предусмотрена возможность пере-

Рис. 95. Шестиконтактный электрокопировальный щуп типа ГФ 750.86

мещения щупа вперед или назад в кронштейне крепления. На современных станках это вспомогательное движение чаще всего осуществляется встроенным в кронштейн гидроцилиндром или маломощным электродвигателем, управляемым дистанционно с пульта управления копировальным устройством.

Применяют две схемы расположения щупа относительно шаблона: с перпендикулярным расположением оси щупа относительно плоскости шаблона и с установкой щупа против шаблона в одной с ним плоскости. Примером использования первой схемы может служить применяемый на отечественных карусельных станках шестиконтактный электрощуп типа ГФ 750.86. За счет семи комбинаций срабатывания контактов



щупа в процессе копирования, дающих команды электромагнитным муфтам включения направления перемещения в коробке подач, копировальная система станка обеспечивает обработку сложного контура с расположением образующих контур поверхностей под углом до 225° . Щуп позволяет осуществить в процессе копирования до 20 включений электромагнитных муфт в 1 с. Вольфрамовые контакты щупа передают мощность до 150 Вт при силе тока до 1 А.

На рис. 95 показано устройство щупа. В процессе копирования сменный многоступенчатый наконечник осязающего пальца 1 шпинделя 3 скользит по шаблону, отклоняясь от своего нейтрального положения в соответствии с углами наклона профиля шаблона. Опорой шпинделя в корпусе 4 щупа является безлюфтовый шаровой подшипник скольжения 2, обеспечивающий качественное движение в любом направлении на угол $1^\circ 23'$. Отклоняясь от нейтрального положения, шпиндель через шарик 5 смещает прижатую к нему пластину 18, которая через регулировочные винты 17 действует на три параллельно расположенные независимые рычажные системы 6, подпружиненные тремя пружинами 16. При отклонении рычагов 6 освобождают плечи трех перекидных контактов 9, которые под действием своих пружин 8 отходят от размыкающей контактной группы 12 (А, В, Д) в сторону контактов 10 (Б, Г, Е). Опорами перекидных контактов 9 являются призмы 7. При предельном отклонении шпинделя за счет отжима контактного моста

15 рычагом 6 контакта 12Д размыкается аварийный контакт 14. После возвращения шпинделя щупа в нейтральное положение перекидные контакты 9 под действием рычагов 6 возвращаются в исходное положение и замыкают контакты 12.

Установленная последовательность переключения контактов (семь состояний при копировании и восьмое — аварийное) обеспечивает необходимые включения электромагнитных муфт коробки подач при копировании за счет соответствующего регулирования винтами 13 (А, В, Д) и 11 (Б, Г, Е) зазоров в контактных группах 12 (А, В, Д) и 10 (Б, Г, Е). Размеры зазоров зависят от требуемой точности копирования. С уменьшением зазоров в контактах точность копирования повышается, но при этом снижается допустимая скорость копирования, и наоборот. Необходимость увеличения зазоров диктуется повышением инерционности движущихся элементов копировальной системы с увеличением скоростей перемещения.

Регулировка щупа ведется в строго определенной последовательности. Предварительно регулировочными винтами 17 убирают люфты в рычажных системах 6. После этого винтом 13А настраивают момент срабатывания размыкающего контакта 12А при отклонении конца ошупывающего пальца шпинделя на 0,05 мм от нейтрального положения; при отклонении 0,12 мм перекидной контакт 9 должен замкнуть контакт 10Б, что настраивается регулировочным винтом 11Б. Соответственно винтами 13В и 13Д настраивают моменты срабатывания контактов 12В и 12Д при отклонениях конца пальца шпинделя на 0,16 и 0,28 мм, а винтами 11Г и 11Е — при отклонениях 0,24 и 0,36 мм. Срабатывание размыкающего аварийного контакта 14 (разрыв цепи) настраивают при отклонении конца щупа на 0,40—0,45 мм.

Величины указанных отклонений могут быть пропорционально уменьшены или увеличены в зависимости от выбираемой скорости копирования, которая для данных щупов не должна превышать 150—200 мм/мин. Направление подачи «К детали» и «Вдоль контура» выбирают рукояткой на пульте управления из набора траекторий копирования в зависимости от формы копируемого профиля.

Примерно такую же точность копирования обеспечивает и четырехконтактный электрощуп типа 63106А1, работающий по второй схеме. Однако настройка такого щупа более трудоемка, так как с изменением диаграммы копирования, т. е. направлений основных подач при копировании, необходимо развешивать вокруг оси крепления и корпус щупа, с тем чтобы направление копирующего пальца примерно соответствовало середине угла между копируемыми поверхностями. А это требует перепривязки всей копировальной системы.

Приведенный на рис. 96 четырехконтактный электрощуп является следящим устройством копировальной системы станка с электромагнитными муфтами в коробках подач для включения направ-

ления перемещения суппорта. При копировании сменный наконечник копирующего пальца 1, соответствующий форме и размерам режущей кромки резца, скользит по контуру шаблона, вызывая большее или меньшее отклонение подвешенного в подшипниковых опорах рычага 2. Рычаг может смещаться вдоль своей продольной оси или же отклоняться в опорах 3 в одну и другую стороны от нейтрального положения. На другом конце рычага установлен цилиндрический подшипник 15, упирающийся в прижатую к нему пружинной 4 призму 7. Любое отклонение рычага от исходного положения вызывает отжатие призмы (по рисунку — вправо) и жестко связанной с нею оси 11. Поворачиваясь в подшипниковой опоре 12, ось 11 смещает и при этом поворачивает планку 14 с четырьмя рабочими контактами 13. Чем больше сместится призма, тем больше повернется планка 14 (по рисунку — против часовой стрелки). При этом опорные контакты 13 поочередно замыкаются с рабочими контактами 5, 6, 8 и 10, что обеспечивает включение соответствующих контуру шаблона муфт перемещения суппорта.

В исходном состоянии устройства замкнут только контакт 5, и суппорт движется «К детали». При соприкосновении шаблона с пальцем щупа и отжиме его дополнительно замыкается контакт 6, включая движение «Вдоль контура». Суппорт начинает двигаться под углом 45° за счет сочетания одновременно идущих вертикальной и горизонтальной подач. Увеличение отклонения пальца щупа вызывает разрыв контакта 5, и суппорт начинает перемещаться только «Вдоль детали». При изменении направления линии контура шаблона и дальнейшем увеличении отклонения пальца замыкается контакт 8. Суппорт начинает отходить «От детали» под углом 45° . Если угол подъема контура крутой ($45-90^\circ$), то контакт 6 размыкается и происходит только движение «От детали». При дальнейшем увеличении нажима на палец щупа замыкается контакт 10, вызывающий реверс движения «Вдоль контура». Суппорт отходит назад под углом 45° . При чрезмерном отклонении пальца срабатывает аварийный контакт микропереключателя 16, отключающий движение суппорта.

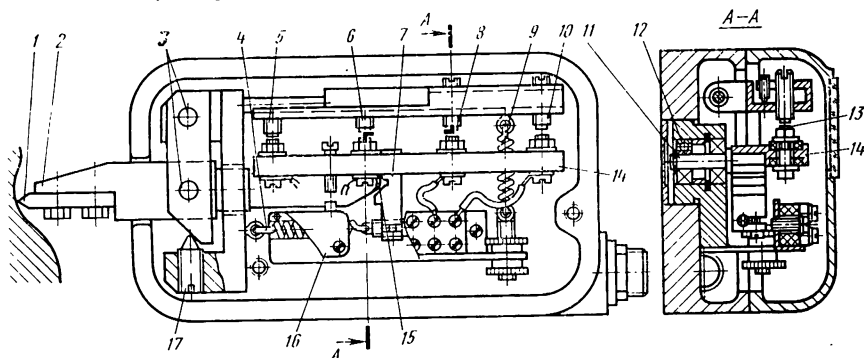


Рис. 96. Четырехконтактный электрокопировальный щуп

Изменение зазоров в контактных парах с изменением скорости копирования осуществляется регулировочным винтом 17. Пружина 9 постоянно поджимает планку с опорными контактами к подвижной планке рабочих контактов. Рабочее напряжение щупа 36 В, сила тока, проходящего через контакты, — до 0,3 А, усилие давления на палец щупа при максимальном его отклонении 28 ± 1 Н. Предельный угол копируемого контура 225° .

Принципиально мало чем отличается от описанного четырехконтактный пятипозиционный электрощуп австрийской фирмы HEID, широко применяемый в копировальных системах станков европейских фирм. Достаточная мощность контактов современных электрощупов, как правило, позволяет им непосредственно управлять электромагнитными муфтами без промежуточных релейных или электронных схем, что повышает быстродействие, а следовательно, и точность копировальной системы.

При копировании по командам контактного электрощупа резец со скоростью выбранной подачи выполняет три основных движения: «К детали», «Вдоль контура» и «От детали». Могут одновременно включаться и два направления, что дает еще два направления движения под углом 45° со скоростью подачи, в 1,4 раза превышающей выбранную. Выбор направлений движения суппорта при копировании зависит от формы обрабатываемых поверхностей. Восемь возможных вариантов траекторий движения инструмента дают возможность обработать практически любую сложную по форме деталь. Точность соблюдения заданного контура и шероховатость обработанной поверхности во многом зависят от амплитуды колебания ощупывающего пальца щупа, инерционности всей движущейся системы суппорта и зазоров в кинематической цепи привода подач. Это вызывает необходимость тщательной регулировки всех движущихся звеньев системы, и в первую очередь настройки контактной группы электрощупа. При правильной регулировке системы копирования при большинстве копировальных работ обеспечивается точность копируемого контура в пределах 0,05 мм. Контроль производится измерением зазора между обработанным контуром и прижатым к нему контршаблоном.

Принципиальная схема работы электрокопировального устройства с использованием электромагнитных муфт направления в коробке подач приведена на рис. 97. В соответствии с выбранной траекторией копирования (подача «Вдоль контура» направлена влево, «К детали» — вниз и «От детали» — вверх) до касания пальцем щупа 3 шаблона 4 замкнут только контакт *a* и включена в коробке подач 5 муфта M_4 . В точке K'_1 палец касается шаблона, а резец 2 в точке K_1 врезается в деталь 1. При этом контакт *a* размыкается, а контакт *b* замыкается. Включается подача «Вдоль контура» влево. В точке K'_2 за счет изменения направления контура шаблона нажим на палец щупа уменьшается, и перекидной мостик под влиянием натяжения пружины кроме контакта *b* замыкает периодически и контакт *a*. Резец при этом движется влево и вниз.

Начиная от точки K'_3 палец щупа не встречает сопротивления со стороны шаблона и возвращается в нейтральное положение, при этом суппорт движется только вниз, и г. д. По окончании обхода контура шаблона схема копирования отключается кнопкой с пульта управления, и суппорт отводится в исходное положение. При аварийном нажатии шаблона на палец щупа отключаются контакты a и b , включается контакт δ , обеспечивающий отвод щупа от шаблона. Если надо обработать более сложный контур с поверхностями, расположенными под углом более 180° , в ходе обработки производится изменение первоначально выбранной траектории копирования.

Для автоматизации вспомогательных переключений в ходе копирования в некоторых конструкциях копировальных устройств предусмотрены дополнительные приспособления. Для автоматического перехода с ускоренного хода суппорта на выбранную рабочую скорость подачи при подводе резца к детали и перед началом врезания ощупывающий палец щупа предохраняется опережающим откидным упором с конечным выключателем, дающим при касании шаблона команду на переключение скорости движения подвода. Для отключения копировального режима и включения отвода суппорта ускоренным ходом в исходную позицию, а при необходимости нескольких повторных проходов — для включения всего комплекса последовательных команд у некоторых станков предусмотрена установка дополнительных панелей с переставными регулируемыми упорами ограничения и переключения направлений перемещений. Панель с переставными упорами переключений горизонтальных перемещений крепится на поперечине, а датчик

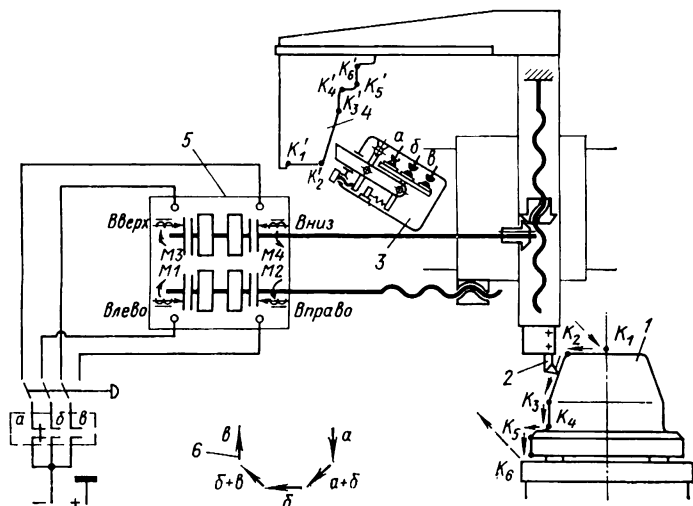


Рис. 97. Принципиальная схема работы электрокопировального устройства с использованием электромагнитных муфт коробки подачи

с микропереключателями — на корпусе суппорта. Панель с кулачками для переключения вертикальных перемещений крепится на корпусе суппорта, а датчик с микропереключателями — на ползуне.

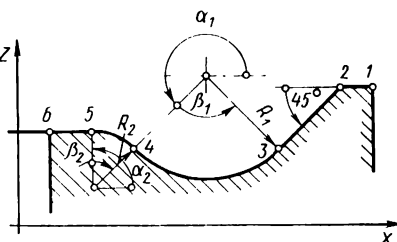
Возможность работы несколькими инструментами с разными радиусами заточки режущей кромки без смены пальца электрощупа при расположении последнего перпендикулярно плоскости шаблона обеспечивается ступенчатым исполнением наконечника пальца: он имеет три или четыре ступени различных диаметров, соответствующих радиусам заточки применяемых резцов. Перестановка щупа вперед или назад в одно из фиксируемых положений при изменении радиуса инструмента и отключении копирования осуществляется серводвигателем, управляемым дистанционно с пульта управления копированием.

На станках с бесступенчато регулируемым высокомомментными электродвигателями постоянного тока, отдельными для каждой оси движения подачи, применяют индуктивные щупы, которые размещают перпендикулярно плоскости шаблона. Качающийся палец такого датчика-щупа, следуя за контуром шаблона, отклоняется от своего среднего положения. В зависимости от угла крутизны контура шаблона и наклона пальца изменяется через усилительное электронное устройство напряжение управления частотой вращения двух электродвигателей подачи, т. е. частота вращения каждого из этих двигателей изменяется в зависимости от «крутизны» обрабатываемого контура в данной точке. Компоновка копировального устройства с индуктивным датчиком не отличается от обычного электроконтактного.

Конструктивные решения пультов управления копированием у различных станков разные, но обычно на такой пульт выносят рукоятку выбора траектории копирования в зависимости от формы обрабатываемой поверхности, а при перпендикулярном расположении оси щупа к шаблону — рукоятку выбора позиции щупа и отвода его от шаблона. Предусмотренная блокировка позволяет включать рабочую подачу только при отведенном от шаблона щупе. На панели пульта размещают кнопки включения быстрых установочных перемещений при подводе щупа к шаблону и его отводе, рукоятку включения и отключения копировальной системы, рукоятку коррекции установленной подачи при изменении условий копирования, а также четыре сигнальные лампы направлений перемещения инструмента при копировании. У некоторых станков предусматривается сигнальная лампа «Копировальная система включена». При использовании индуктивных щупов ставят вольтметр, показывающий напряжение в цепи регулирования напряжений.

На станках с ЧПУ, имеющих устройства линейной и круговой интерполяции, обеспечивается возможность обработки сложного ступенчатого и криволинейного контура без применения копировальных устройств и шаблонов. В этом случае траектория движе-

Рис. 98. Схема обработки криволинейной поверхности на станке с устройством линейной и круговой интерполяции



ния резца разбивается на участки перемещений по прямым и дугам окружности. Координаты и базовые точки элементов траектории вводятся в систему управления приводами подач при обработке по программе или же вручную переключателями на пульте управления. На рис. 98 приведен пример траектории режущего инструмента, представляющей собой комбинацию отрезков прямых и дуг окружности различного радиуса. Участок прямой 1—2 обрабатывается с обычным заданием координаты точки 2 по оси X. Коническая поверхность 2—3 задается набором на переключателе конической обработки величины $\text{tg } 45^\circ$ и соответствующего направления перемещения. Криволинейный участок 3—5 разбивается на две дуги окружности: 3—4 и 4—5. Переключателями блока круговой интерполяции поочередно задаются угловые координаты конечных точек участков α и β , радиусы дуг R и направления перемещений:

Дуга	Угол α	Угол β	Радиус R , мм	Направление
3—4	225°	90°	120	—
4—5	90°	45°	100	+

Участок прямой 5—6 задается координатой точки 6 по оси X.

Поддержание постоянной скорости резания. При обработке больших торцовых поверхностей детали по мере движения резца от большего диаметра к меньшему, или наоборот, скорость и сила резания значительно изменяются. Выбранная из условий стойкости инструмента при максимальной скорости резания на наибольшем диаметре частота вращения обрабатываемой детали по мере приближения резца к центру оказывается недостаточной. Для обеспечения оптимальных условий резания и получения одинаковой шероховатости поверхности на всем пути резца станки оснащают специальным устройством поддержания постоянной скорости резания, которое автоматически обеспечивает изменение частоты вращения планшайбы обратно пропорционально изменению диаметра обрабатываемой поверхности. Конструктивно такое устройство представляет собой закрепленные на поперечине вдоль оси горизонтального перемещения суппорта линейку или валик с выступами, которые при движении суппорта воздействуют на установленный на нем переключатель и дают команды изменения частоты вращения планшайбы. Расстояние между выступами на валике переменное. При положении суппорта у центра план-

метра к меньшему, или наоборот, скорость и сила резания значительно изменяются. Выбранная из условий стойкости инструмента при максимальной скорости резания на наибольшем диаметре частота вращения обрабатываемой детали по мере приближения резца к центру оказывается недостаточной. Для обеспечения оптимальных условий резания и получения одинаковой шероховатости поверхности на всем пути резца станки оснащают специальным устройством поддержания постоянной скорости резания, которое автоматически обеспечивает изменение частоты вращения планшайбы обратно пропорционально изменению диаметра обрабатываемой поверхности. Конструктивно такое устройство представляет собой закрепленные на поперечине вдоль оси горизонтального перемещения суппорта линейку или валик с выступами, которые при движении суппорта воздействуют на установленный на нем переключатель и дают команды изменения частоты вращения планшайбы. Расстояние между выступами на валике переменное. При положении суппорта у центра план-

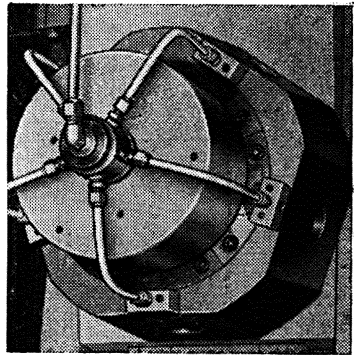
шайбы выступы расположены чаще, а по направлению увеличения диаметра обрабатываемой поверхности расстояние между ними растет пропорционально этому увеличению. Обычно первый выступ соответствует положению резца при обработке поверхности диаметра 100—150 мм, а последний — поверхности наибольшего диаметра. При ступенчатом изменении частот вращения планшайбы со знаменателем ряда φ расстояние между выступами на валике по направлению от центра станка к периферии возрастает на эту же величину φ .

Такое устройство устанавливается только для одного правого или для обоих вертикальных суппортов. Включается устройство в работу выключателем, размещаемым на пульте управления станком. Перед включением устройства рукояткой выбора частот вращения планшайбы устанавливается частота, соответствующая оптимальной скорости резания на диаметре начала протачивания торцовой поверхности. По мере движения резца за счет переключения частоты вращения планшайбы будет поддерживаться ступенчато изменяющаяся в пределах величины φ примерно постоянная скорость резания. Поддержанием постоянной скорости резания при соотношении наибольшего и наименьшего диаметров обрабатываемой поверхности 2 : 1 экономится до 25 % времени на обработку торцовой поверхности, а при соотношении 5 : 1 — до 40 %.

У станков с бесступенчатым изменением частоты вращения планшайбы вследствие применения регулируемого привода постоянного тока установленная постоянная скорость резания выдерживается более строго. Для связи частот вращения с положением резца используется расположенный на суппорте сельсин-датчик, находящийся в постоянном зацеплении с закрепленной на поперечине зубчатой рейкой или плоским шаблоном. Сельсин-приемник соответственно изменению диаметра обрабатываемой поверхности изменяет положение потенциометра регулировки частоты вращения планшайбы. На станках с ЧПУ изменение частоты вращения планшайбы пропорционально диаметру обработки и осуществляется вычислительным устройством системы управления.

Охлаждение инструментов СОЖ и уборка стружки. Для повышения производительности при обработке стальных деталей или деталей из труднообрабатываемых материалов и сплавов часто требуется применять смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), которые подводятся в зону резания непосредственно к резцу. Система охлаждения инструмента СОЖ состоит из резервуара с центробежным насосом и автономным электродвигателем для подачи СОЖ, разводящих магистралей и ограждающего планшайбу и стол корыта — сборника отработанной жидкости. Вместимость резервуара в зависимости от типоразмера станка составляет 120—300 л, подача насоса обычно 20—50 л/мин. На баке монтируется пускорегулирующая аппаратура. Стальными трубами или рукавами охлаждающая жидкость подводится к суппортам. Гибкие рукава или трубки с поворотными соединениями и наконеч-

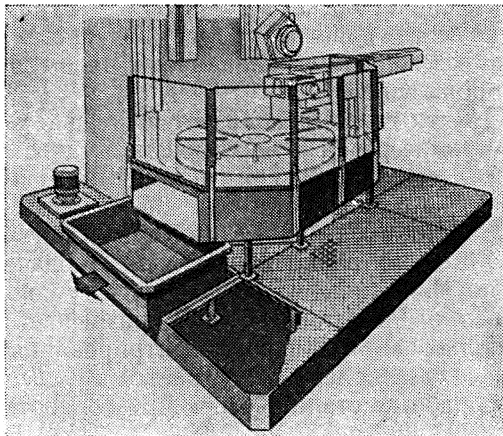
Рис. 99. Распределитель подвода СОЖ к режущим инструментам



никами-соплами позволяют подать СОЖ непосредственно в зону резания.

У станков с автоматической сменой инструментов в ходе обработки обычно к каждому резцедержателю револьверной головки подводится через распределитель своя магистраль подачи СОЖ (рис. 99). При этом охлаждающая жидкость подается только к работающему инструменту. Вместо внешних трубок часто применяют просверленные в корпусах резцедержателей каналы для подвода жидкости к резцу. Включение подачи СОЖ и ее отключение могут осуществляться нажимом кнопки на пульте управления станком или по команде от устройства ЧПУ.

Для сбора отработанной жидкости и стружки вокруг планшайбы делается желоб — улитка с наклонным дном. У некоторых моделей станков собирающий желоб отливается заодно с корпусом стола, но чаще выполняется сварным отъемным. Для защиты рабочего от разлетающихся при резании брызг и стружки на желоб устанавливают съемные щиты ограждения. Существуют конструкции с подъемным цельным ограждающим щитом, который перед включением вращения планшайбы поднимается гидравлическими или винтовыми домкратами, закрывая рабочую зону. Более надежный сбор СОЖ обеспечивает ванна-поддон под станком (рис. 100). В этом случае крепление станка к фундаменту производится через герметизированные опоры.



Станки с системами охлаждения, предназначенные для обработки высокоточных, дорогих деталей, иногда укомплектовывают стабилизаторами температуры охлаждающей жидкости. Для этого резервуар с охлаждающей жидкостью снабжается

Рис. 100. Поддон-резервуар для сбора охлаждающей жидкости и защитное ограждение планшайбы

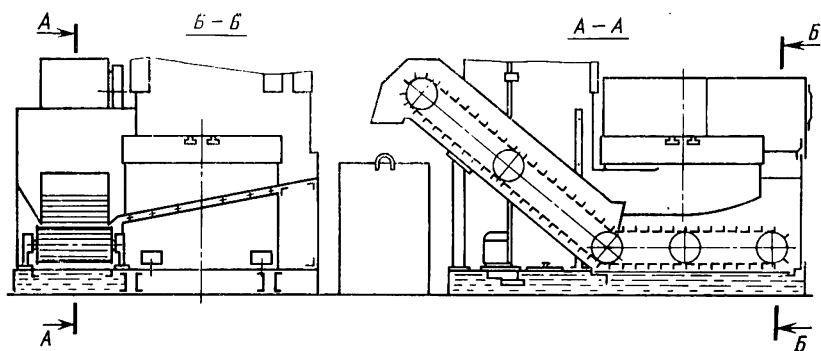


Рис. 101. Схема защитного ограждения планшайбы с транспортером для уборки стружки

регулируемым термостатическим радиатором, обдуваемым воздухом или охлаждаемым фреоном.

Фирма Webster—Bennett у станков с ЧПУ серий FR и ER применяет устройство с цепным скребковым транспортером для уборки стружки (рис. 101). В процессе обработки смываемая потоком охлаждающей жидкости стружка собирается в кармане-приемнике левой полости ограждения, а жидкость через отверстия в решетке уходит в отстойник поддона и возвращается в систему. Транспортер выносит стружку из приемника кармана в короб сзади станка или в общецеховую систему стружкоуборки. Фирма TOSHIBA на станках серии TMC для улучшения сбора и уборки стружки устанавливает вокруг планшайбы кольцо с вертикальными поводками. Постоянно вращаясь от отдельного привода в сторону, противоположную вращению планшайбы, это кольцо захватывает поводками падающую в окружающий планшайбу желоб стружку и сбрасывает ее на ленту транспортера. Скребковый транспортер надежно обеспечивает вынос дробленой чугунной или стальной стружки, но не всегда надежно убирает витую стальную стружку. Для ее уборки в желобе устанавливают рядом два вращающихся в разные стороны шнека.

Для охлаждения инструмента также используется подаваемая под давлением к режущей кромке резца охлаждающая жидкость, распыленная в виде тумана. У станков с такой системой не требуется устройств для сбора отходов жидкости, так как последняя испаряется; бачок для жидкости имеет малые размеры. Система с подачей распыленной СОЖ значительно проще, чем с подачей нераспыленной жидкости, но эффективность охлаждения туманом ниже. Кроме того, применение распыленных СОЖ разрешается только при условии использования низкоконцентрированных эмульсий (содержание эмульсола не более 1,5 %), расход эмульсии не должен превышать при обработке стали 400 г/ч, при обработке чугуна 500 г/ч, расход масла Индустриального 20 — 2—3 г/ч. Во

избежание повышенного шума СОЖ подается в зону резания под давлением не выше 0,15—0,20 МПа. При применении распыленной СОЖ в цехе должна быть приточно-вытяжная вентиляция, а сам станок желательно снабжать местной вытяжной системой.

ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫЕ И СВЕРЛИЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Многие детали имеют поверхности, которые не поддаются обработке на токарно-карусельных станках: плоские боковые пластики, замкнутые углубления различной формы и круговые пазы, расположенные вне центра детали отверстия и т. д. После обработки на токарных станках такие детали переносят на фрезерные или расточные станки, что при больших массе и габаритах деталей является довольно трудоемкой операцией. Чтобы избежать этого, на карусельный станок устанавливают специальный суппорт с вращающимся шпинделем и автономным приводом. Существуют различные конструктивные исполнения таких суппортов, расширяющие технологические возможности станка.

Так, на станках серии 1540—1563 вместо левого вертикального суппорта с обычным восьмигранным токарным ползуном по заказу потребителя устанавливается комбинированный суппорт, в котором конструктивно совмещены токарный ползун и расположенный рядом с ним расточный шпиндель. Вращение этого шпинделя осуществляется от отдельного регулируемого электродвигателя через встроенную в корпус суппорта коробку скоростей. Такая комбинация усложнила конструкцию суппорта. В другом исполнении в отверстие ползуна, предназначенное для крепления токарного резцедержателя, устанавливается сменная фрезерная головка. Вращение фрезерного шпинделя осуществляется встроенным в головку электродвигателем мощностью 2,8—4,5 кВт. Получение десяти различных частот вращения инструмента производится посредством сменных шестерен редуктора головки в пределах 8—675 мин⁻¹. Масса головки в зависимости от мощности — 200—380 кг. При таком исполнении суппорт остается конструктивно простым, но мощность головки мала.

На двухстоечных станках мод. ДК-3300 предприятия Jvo—Lola—Ribag применяется накладной поворотный фрезерный суппорт, устанавливаемый на салазках левого вертикального токарного суппорта взамен передней поворотной его части с ползуном. Корпус фрезерного суппорта имеет возможность наклона на 45° от вертикальной оси против часовой стрелки и на 15° по часовой стрелке. В корпусе размещена и коробка скоростей фрезерного шпинделя с приводным электродвигателем мощностью 10 кВт. Перестройка станка с токарных на фрезерные работы довольно трудоемка и экономически оправдана только при крупносерийном производстве деталей.

Примером еще одного решения может служить приведенная на рис. 102 конструкция специального ползуна со встроенным вра-

Рис. 102. Ползун специального суппорта со встроенным фрезерно-расточным шпинделем и автономным приводом

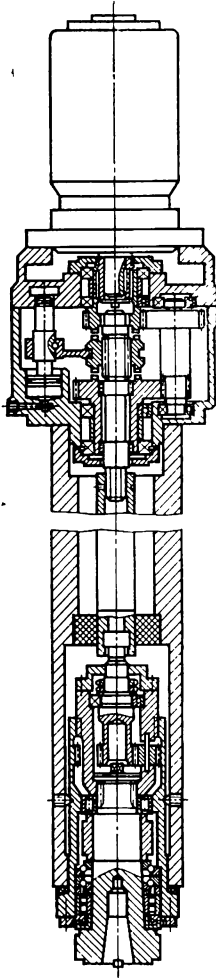
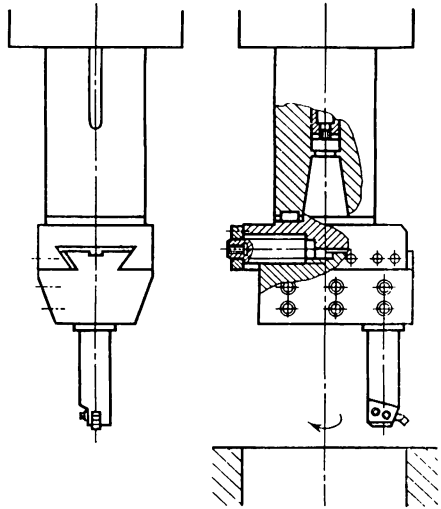


Рис. 103. Расточный суппорт с перемещающейся ползушкой для крепления расточной оправки



щающимся фрезерным шпинделем. Ползун выполнен взаимозаменяемым с обычным токарным ползуном и устанавливается в корпус вертикального суппорта взамен токарного ползуна. Вертикальные и горизонтальные перемещения ползуну и суппорту сообщаются от коробки подач. Изменение частоты вращения шпинделя осуществляется через двухступенчатый перебор регулируемым приводом постоянного тока. Управление суппортом вынесено на подвесной пульт управления станком. Оправка с фрезой крепится в коническом отверстии шпинделя. Подобный по компоновке суппорт станков серии TDM фирмы OM имеет мощность привода фрезерного шпинделя 11 кВт, пределы частот вращения шпинделя 25—250 мин⁻¹.

Еще более широкие возможности имеет специальный сверлильно-фрезерный суппорт станков фирмы DÖRRIES, устанавливаемый по заказу потребителя вместо левого токарного суппорта. Встроенная в суппорт коробка скоростей с переключением на электромагнитных муфтах обеспечивает от электродвигателя мощностью 3 кВт восемь ступеней частот вращения шпинделя в пределах $71\text{--}800\text{ мин}^{-1}$ у суппорта в сверлильном исполнении, а при фрезерном исполнении — $32\text{--}160\text{ мин}^{-1}$. Максимальный крутящий момент на шпинделе $900\text{ Н}\cdot\text{м}$. Ползун этого суппорта имеет два ряда рабочих подач по 16 ступеней в пределах $0,044\text{--}8\text{ мм/об}$ при сверлении и $0,6\text{--}120\text{ мм/мин}$ при фрезеровании. Для базирования и крепления инструмента в шпинделе имеется коническое отверстие с конусом Морзе 5 или ISO 50. Шпиндель снабжен устройством для автоматического закрепления сменного инструмента.

При необходимости растачивания малых отверстий или же подрезки выступающей либо заниженной кольцевой торцевой поверхности, расположенной вне центра детали, на вращающемся шпинделе суппорта устанавливают расточную головку — планшайбу со смещающейся перпендикулярно оси шпинделя ползушкой (рис. 103). Закрепленным на этой ползушке резцом за счет сочетания вертикальной подачи ползуна суппорта и вращения планшайбы производится растачивание отверстия или же обтачивание наружной цилиндрической поверхности невысокой бобышки. Сочетание горизонтального перемещения ползушки расточной головки от установленного на ней электродвигателя с вращением шпинделя позволяет подрезать торцевую плоскость. При трех одновременных движениях — вращении шпинделя, вертикальной подаче ползуна и горизонтальном смещении ползушки возможна обработка и конической поверхности (рис. 104).

Для автоматизации смены инструментов на многооперационных станках применяют токарные резцедержатели, фрезерные и сверлильные головки с неподвижными корпусами, которые базируются и крепят на торцевой поверхности ползуна. Шпиндель сменной головки приводится во вращение установленным на ползуне автономным электроприводом (см. рис. 120). Передача вращения осуществляется размещенным во внутренней полости ползуна приводным валом, автоматически соединяющимся со шпинделем зубчатой или кулачковой муфтой при установке головки на ползун.

Рис. 104. Примеры обработки, выполняемой расточным суппортом с перемещающейся ползушкой:

а — подрезание торцевой поверхности; б — растачивание отверстия; в — обтачивание наружной цилиндрической поверхности; г — обработка конуса

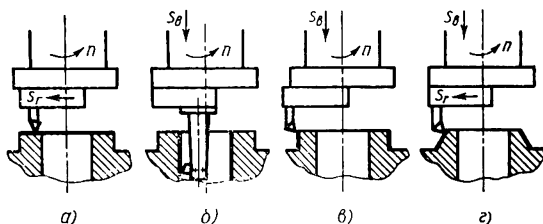
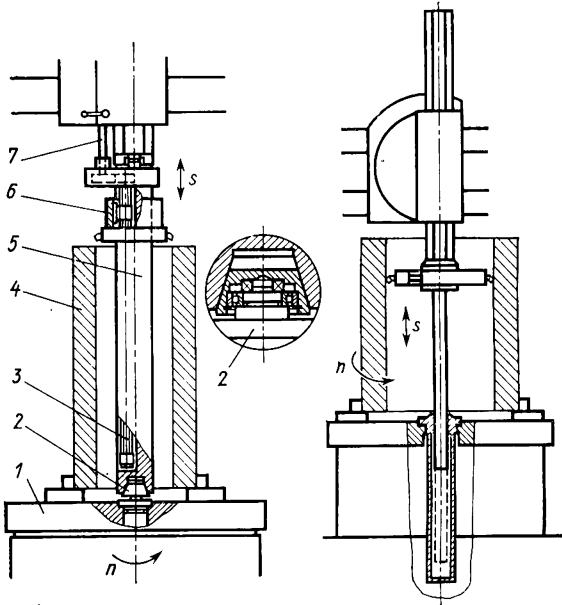


Рис. 105. Конструктивные схемы борштанг для растачивания глубоких отверстий



При растачивании сквозных отверстий в деталях большой высоты (например, в корпусах крупногабаритных гидроцилиндров) на карусельных станках применяют специальные расточные борштанги с перемещающимся по ним суппортом-ползушкой (рис. 105). Такая борштанга 5 вводится в отверстие детали 4 и верхним концом крепится на ползуне вертикального суппорта, а нижним опирается через подшипниковую опору 2 в центральном отверстии планшайбы стола 1. Вдоль борштанги перемещается расточный суппорт 6, на крыльях которого располагаются под углом 180° один относительно другого два расточных резца. Рабочая подача суппорта вдоль борштанги осуществляется винтовой передачей 3 через выведенный из суппорта приводной валик 7, берущий движение от кинематической цепи отключенного в это время вертикального перемещения ползуна или же от самого ползуна. Изменение величины рабочей подачи осуществляется коробкой подач, включение и отключение перемещения — выведенной на лицевую поверхность вертикального суппорта рукояткой. При расточке отверстия деталь вращается вместе с планшайбой. Настройка резцов на заданный диаметр растачиваемого отверстия осуществляется микрометрическими винтами. Для расширения диапазона диаметров растачиваемых отверстий к борштанге прилагаются сменные суппорты с различным размахом крыльев.

Поворот планшайбы на заданный угол — позиционирование. При использовании суппортов или головок для сверления, фрезерования и растачивания отверстий вне оси вращения детали станок

укомплектовывают устройством углового позиционирования планшайбы, т. е. точного проворота на заданный угол и фиксации ее в этом положении.

Дистанционный автоматизированный механизм позиционирования планшайбы состоит из привода медленного проворота планшайбы, углового датчика обратной связи, тормоза планшайбы и пульта управления. На последний вынесен декадный переключатель для набора направления и величины задаваемого угла проворота (в градусах, минутах и секундах), табло индикации фактической величины углового перемещения, кнопки управления режимами позиционирования и установки нуля. Обратная связь осуществляется установленным по центру планшайбы круговым датчиком для измерения угла поворота планшайбы при отработке задания. Существуют различные конструктивные исполнения таких механизмов.

У станков фирмы DÖRRIES привод медленного проворота планшайбы устанавливается на отдельном кронштейне и соединяется со входным шкивом коробки скоростей посредством электромагнитной муфты. В качестве двигателя используется двухскоростной асинхронный электродвигатель или регулируемый электродвигатель постоянного тока, что позволяет применять этот механизм также в качестве привода подач при круговом фрезеровании. Вращение от двигателя к муфте включения передается через замедляющую червячную передачу (рис. 106). Жесткая фиксация остановленной планшайбы выполняется гидрозажимами, установленными внутри корпуса стола под планшайбой на его ребрах. При включении гидрозажима тормозные колодки захватывают планшайбу за кольцевое ребро так, чтобы приложенное к нему усилие не вызывало дополнительных нагрузок на шпиндельные подшипники опоры планшайбы и не нарушало этим точности позиционирования.

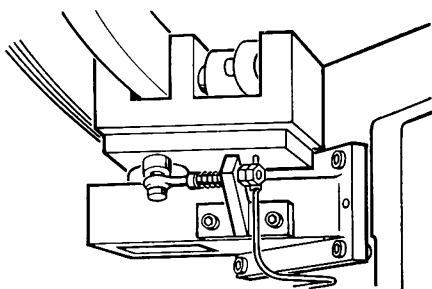
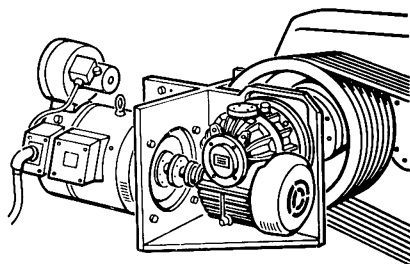
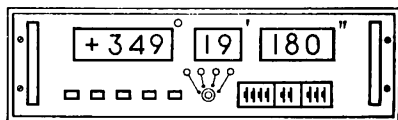


Рис. 106. Пульт управления, привод медленного проворота и позиционирования планшайбы, тормоз планшайбы станков серии СТЕ фирмы DÖRRIES

Круговой датчик обратной связи имеет 1296000 делений, каждое из которых соответствует одной угловой секунде перемещения. Практически получаемая точность углового позиционирования планшайбы $\pm 4-6''$, что соответствует на окружности диаметром 2 м линейной величине $\pm 0,02-0,03$ мм.

Блокировочное устройство исключает возможность одновременного включения главного привода, муфты механизма медленного проворота и тормоза планшайбы. Устройство автоматического позиционирования управляется по командам с пульта управления УЧПУ.

Конструкция стола с отдельными приводами вращения планшайбы при токарной обработке и медленного проворота ее при круговом фрезеровании и позиционировании показана на рис. 107. Вращение планшайбы при основном виде работ — токарной обработке осуществляется от обычного регулируемого привода постоянного тока через редуктор 2 и его шестеренную передачу, входящую в зацепление с венцовой шестерней 1 планшайбы. Для медленного вращения планшайбы при фрезеровании и позиционировании предусмотрен второй редуктор 3 с отдельным регулируемым двигателем.

Для обеспечения плавного движения планшайбы (без «скачков») при малых угловых скоростях редуктор соединен с венцовой шестерней планшайбы двумя выходными шестернями 4, снабженными гидравлическим устройством для выборки зазоров в зубчатом зацеплении. Работа этого устройства основана на принципе действия обычного гидромотора с качающейся лопастью. При этом корпусом гидромотора является шестерня одной из двух параллельных кинематических цепей привода медленного вращения, а ротором с нагружающей лопастью является вал 6, на котором корпус насоса посажен свободно. При подводе через центральное отверстие в валу 6 масла под давлением в полость 5 между упором корпуса и лопастью возникает крутящий момент, обеспечивающий выборку зазоров в зацеплении зубчатых пар обеих кинематических цепей: *I—II—III—IV* и *I—IIa—IIIa—IVa*. Возможность изменения давления подводимого масла позволяет во время токарной обработки отключить нагрузочное устройство. Шестерни механизма медленного проворота при этом вращаются без дополнительной нагрузки на зубья венцовой шестерни. Это уменьшает их износ и повышает КПД главного привода.

Отсчет фактического положения планшайбы осуществляется круговым датчиком 10, расположенным под крышкой в центре планшайбы. Для жесткой фиксации остановленной планшайбы в заданном положении на корпусе основания стола предусмотрены два гидравлических захвата 7. При подаче масла в гидроцилиндр с тройным поршнем 9 рычаги 8 сжимают кольцевое ребро планшайбы. При выключении давления масла эти рычаги раздвигаются пружиной.

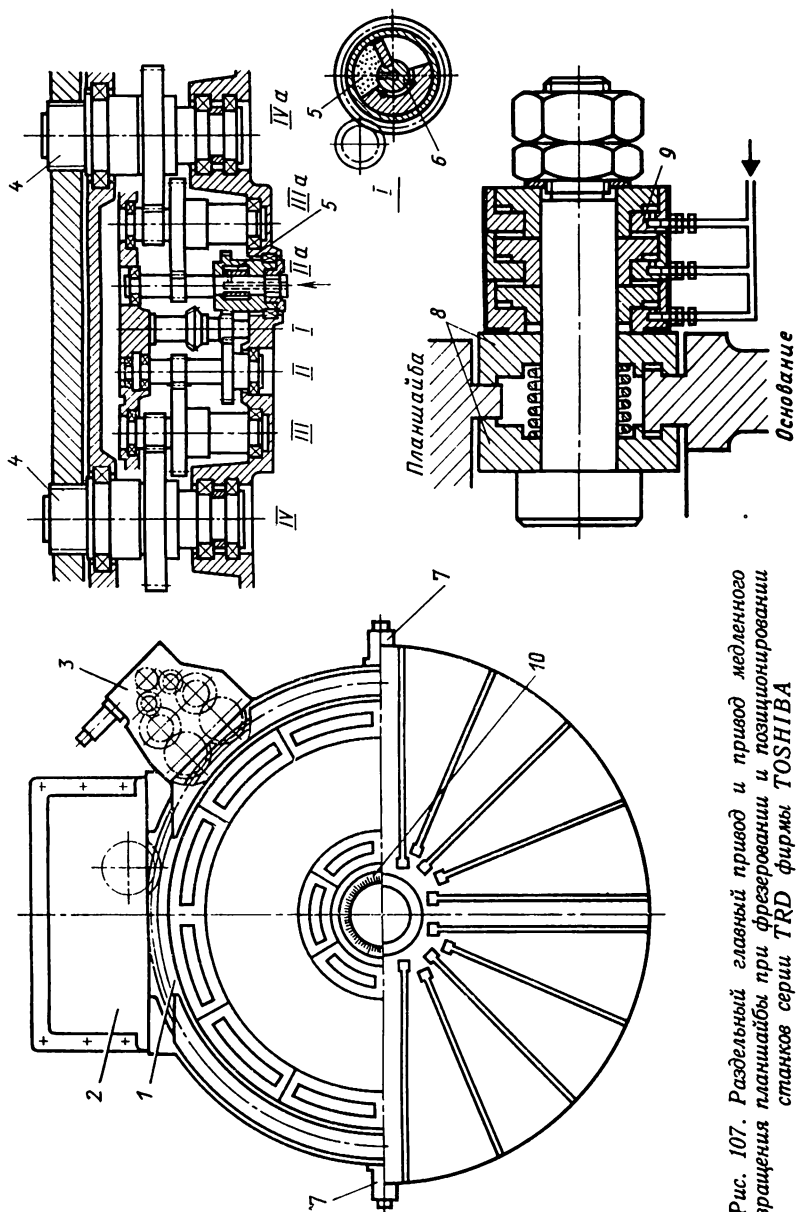


Рис. 107. Раздельный главный привод и привод медленного вращения планшайбы при фрезеровании и позиционировании станков серии TRD фирмы TOSHIBA

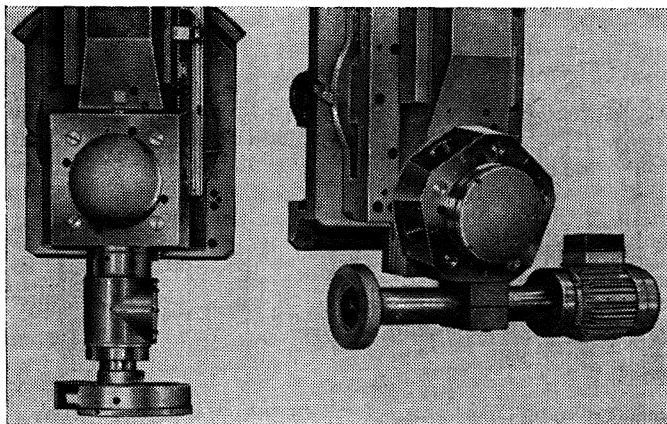
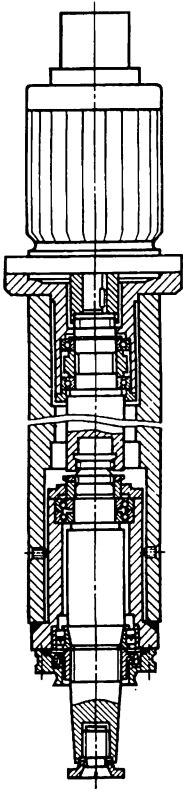


Рис. 108. Сменные шлифовальные головки для установки на универсальном суппорте

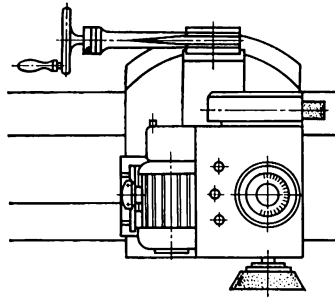
Шлифование. При обработке деталей с точными размерами цилиндрических и торцовых поверхностей (например, с посадочными шейками, отверстиями или же беговыми дорожками), требующих малой шероховатости, на токарно-карусельных станках применяют шлифовальные устройства. Наиболее простым устройством является приведенная на рис. 108 шлифовальная головка, устанавливаемая на обычные суппорты взамен резцедержателей. У таких головок регулируемый электродвигатель привода шлифовального круга крепится на самой головке или встраивается в нее. В зависимости от типоразмера станка и головки мощность приводного электродвигателя изменяется в пределах 0,5—5 кВт. Частоты вращения шлифовального круга — 1000, 1500, 3000 мин⁻¹. Допускаемый диаметр круга 200—400 мм, а в отдельных случаях — до 600 мм, но при этом путь возвратно-поступательного перемещения ползуна или суппорта ограничивается переставными кулачками с конечными выключателями.

При большой высоте деталей применяют специальные шлифовальные суппорты с квадратным или восьмигранным сечением ползуна, внутри которого (рис. 109) размещается шлифовальная головка. Двух- или трехскоростной электродвигатель привода головки устанавливается на верхнем торце ползуна и связывается с нею промежуточным валом. У некоторых конструкций статор двигателя без корпуса запрессовывается непосредственно в расточенное в ползуне отверстие. Мощность двигателя 3—5 кВт, частота вращения 1000, 1500, 3000 мин⁻¹. Некоторые фирмы снабжают шлифовальные ползуны бесступенчато регулируемые двигателями постоянного тока. Ползун такого суппорта имеет устройство вертикальной подачи и упоры ограничения и реверса возвратно-поступательного перемещения. Корпус суппорта имеет устройство

*Рис. 109. Ползун суппорта со
встроенным шлифовальным
шпинделем*



*Рис. 110. Сменный поворотный
вертикальный шлифовальный
суппорт с двумя кругами стан-
ков серии ДК предприятия
Jvo — Lola — Ribar*



подачи на величину врезания по горизонтали с точностью до 0,01 мм. Здесь же устанавливается откидное приспособление для правки круга, а также система подвода к кругу смазочно-охлаждающей жидкости. Управление шлифовальным суппортом вынесено на подвесной пульт.

Другая разновидность шлифовального суппорта приведена на рис. 110. Суппорт с двумя шлифовальными кругами для шлифования торцом или периферией круга устанавливается на салазках поперечины взамен поворотного токарного суппорта. Поворотный корпус суппорта позволяет установить шлифовальный шпиндель под нужным углом по отношению к оси вращения детали. Многоступенчатый или регулируемый электродвигатель соединен со шпинделем клиноременной передачей.

Применяемые на токарно-карусельных станках зубчатые передачи в приводе вращения планшайбы ограничивают возможность получения малой шероховатости шлифуемой поверхности при недостаточной жесткости детали из-за наличия зазора в зубчатом зацеплении. Ввиду этого на специальных карусельных станках в качестве конечного звена в цепи привода вращения планшайбы применяют ременную передачу.

МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

Для увеличения размеров опорной поверхности планшайбы и обеспечения установки и крепления деталей, размеры которых намного больше наружного диаметра планшайбы (что имеет место на станках с консольной поперечиной), применяют опорную крестовину. Опорная крестовина состоит из четырех, шести или восьми опорных балок, закрепляемых в пазах планшайбы (рис. 111). На верхней поверхности каждой опорной балки по аналогии с планшайбой предусмотрены Т-образные пазы для перемещения и крепления корпусов кулачков зажима детали.

Площадки оператора. При обработке на станках крупногабаритных деталей исключается возможность наблюдения с пола за режущей кромкой инструмента, особенно при обработке внутренних и верхних торцовых поверхностей, усложняется доступ к механизмам суппортов и коробок подач поперечины, затрудняется смена режущих инструментов. Для удобства обслуживания станки, начиная от диаметра обрабатываемой поверхности 3000 мм и выше, обычно имеют площадки оператора. Существует несколько разновидностей этих устройств. Простейшим является укрепляемая непосредственно на корпусе суппорта и перемещающаяся с ним площадка. Находящийся на площадке и наблюдающий за ходом обработки станочник управляет станком с подвешенного пульта управления. На более крупных станках площадки крепят с правой

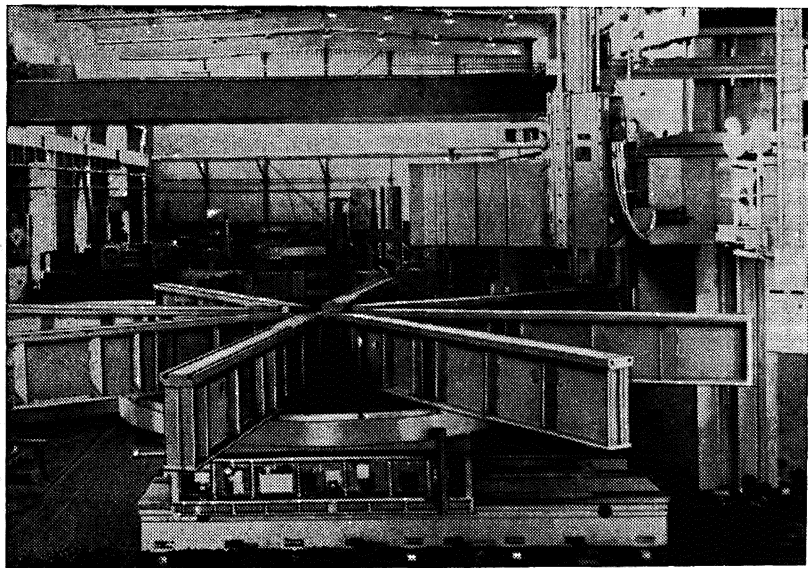


Рис. 111. Приспособление для увеличения опорной поверхности планшайбы — опорная крестовина

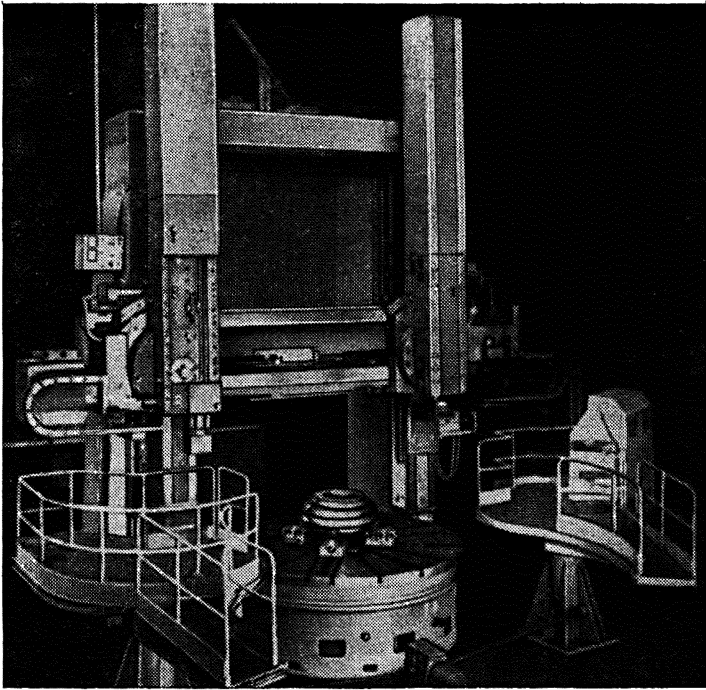


Рис. 112. Площадки оператора с откидными помостами

и левой сторон к поперечине и снабжают выдвижными помостами, позволяющими соединять две площадки в единый переходной мостик для удобства наблюдения за обработкой внутренних полостей детали. Для управления станком на площадки выносят дублирующие пульта управления.

Более удобны для работы площадки оператора, устанавливаемые рядом со станком на отдельных стойках (рис. 112). Специальные механизмы с электроприводами позволяют, находясь на площадке, изменять высоту ее расположения независимо от положения поперечины, а также сдвигать (поворачивать) площадки к центру и раздвигать их. На станках с большой высотой обрабатываемых деталей с целью снижения утомляемости рабочего для подъема на площадку предусматривают лифты.

Промышленная телевизионная установка используется на станках серии SE фирмы ОМ для дистанционного наблюдения на экране пульта управления за ходом обработки в труднодоступных местах, например внутри глубоких отверстий малого диаметра и т. п. Осветитель и передающая трубка защищены кожухом и закреплены на ползуне так, чтобы постоянно держать в поле зрения режущую часть инструмента. Устройство позволяет следить за подводом инструмента к обрабатываемой поверхности детали и процессом резания.

По мере развития средств управления и совершенствования конструкций рабочих органов станков расширились возможности их автоматизации. Быстропереналаживаемое автоматическое управление станком стало возможным только тогда, когда были созданы регулируемые в широких пределах гидравлические приводы и двигатели постоянного тока, надежно действующие автоматические средства измерения размеров обработанных поверхностей, устройства быстрой смены инструмента с заранее настроенными вылетами, устройства точного измерения пути перемещения инструмента в процессе обработки и был найден способ выражения результатов этих измерений в виде воспринимаемых устройствами управления сигналов, а также разработаны системы размерного и функционального управления станком. Решение этих вопросов создало условия для полной автоматизации цикла обработки.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СМЕНА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Простейшими устройствами для автоматической смены режущего инструмента являются широко применяемые на одностоечных токарно-карусельных станках и двухстоечных станках малых типоразмеров четырех- или пятигранные револьверные головки. На станках с одноинструментными вертикальными суппортами в процессе обработки детали приходится неоднократно менять режущий инструмент, что при больших его размерах и массе является трудоемкой операцией, занимающей много времени и зачастую требующей применения грузоподъемных устройств. Еще большее значение автоматическая смена инструментов имеет для станков с автоматическим циклом работы — станков с ЧПУ и обрабатывающих комплексов.

В состав комплекса механизмов автоматической смены инструментов входят многопозиционный инструментальный магазин, механическая рука — автооператор для смены инструментодержателей, механизм автоматического закрепления инструментодержателя в ползуне, устройство для его автоматического базирования, а также устройство для управления всем комплексом механизмов смены инструментов.

Инструментальный магазин токарно-карусельных станков обычно представляет собой диск или барабан с вертикальной осью вращения, на периферии которого располагается 6—12 па-

зов — гнезд для установки инструментодержателей с предварительно настроенными размерами вылетов режущего инструмента. Крепится магазин чаще всего под нижними направляющими правого или левого крыла поперечины. У станков с неподвижной поперечиной магазин устанавливается рядом со станком на тумбе. Возможно размещение инструментального магазина и непосредственно на корпусе вертикального суппорта. Некоторые многооперационные станки с большим количеством инструментов снабжаются магазинами цепного типа. В состав инструментального магазина входят механизмы его проворота и позиционирования, а также механизмы поиска инструмента. Для предохранения инструментов от загрязнения отлетающей стружкой и пылью и для защиты обслуживающего персонала от случайного травмирования при работе станка магазин с установленными на нем инструментодержателями закрывается ограждающим кожухом. Поворот магазина производится электродвигателем или гидромотором.

Применяют две схемы автоматического поиска нужного инструмента. При одной схеме инструментодержатели устанавливаются в пазы магазина в произвольном порядке. При смене инструмента считывающее устройство во время вращения магазина осуществляет по заданному в программе коду поиск нужного инструментодержателя и дает команду на остановку магазина в положении для замены инструмента. Отработавший резцедержатель устанавливается в освободившееся гнездо. По другой схеме нумеруют (кодируют) все гнезда магазина и соответствующий номер гнезда с установленным в него инструментодержателем предусматривается при разработке управляющей программы в карте наладки станка. Положение гнезд магазина при поиске инструмента контролируется датчиком обратной связи. Сравнение сигналов этого датчика с командой, заданной управляющим устройством на поиск гнезда, обеспечивает остановку магазина в нужной позиции. При этой схеме по окончании обработки детали резцедержатель возвращается не в любое свободное, а только в свое гнездо, закрепленное за ним управляющей программой, что позволяет, в случае необходимости, применять нестандартные резцедержатели или инструментальные головки с размерами больше шага гнезд магазина, оставляя соседнее гнездо пустым. Возможность вращения магазина в ту и другую стороны позволяет поиск нужного гнезда осуществлять по кратчайшему пути. Хотя это и снижает затраты времени на смену инструмента, но в целом затраты остаются большими, чем при схеме поиска с кодированием инструментодержателя.

При схеме поиска инструмента по кодированному инструментодержателю исключается возможность применения нестандартных резцовых головок с размерами больше величины шага между гнездами магазина, так как в процессе работы две крупноразмерные головки могут оказаться в соседних гнездах. Усложняются конструкция инструментодержателя и его сборка за счет установки

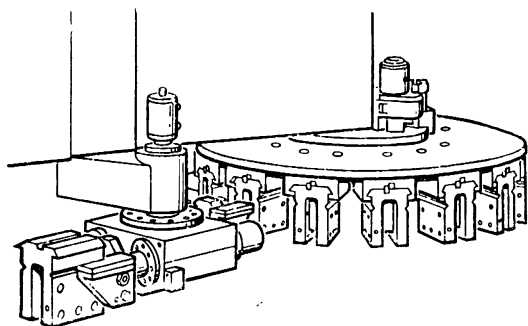


Рис. 113. Магазин и двух-захватный автооператор для автоматической смены инструментодержателей станков фирмы DÖRRIES

кодирующего элемента — набора кодирующих колец или штифтов. При вращении магазина инструментодержатели проходят мимо считывающего их код датчика, который дает команду на остановку соответствующего инструмента в позицию для замены. В качестве датчиков обычно используют контактные или бесконтактные микро-выключатели либо фотоэлектрические головки. Набор из пяти кодовых колец или штифтов большого и малого размеров позволяет закодировать в двоичном коде 31 наименование инструментодержателей, а набор из шести колец — 63 наименования и т. д.

Смену инструментодержателя у многих конструкций станков осуществляет автооператор с двумя захватами, устанавливаемый на нижней поверхности поперечины между суппортом и магазином. На рис. 113 приведена одна из конструкций такого автооператора. Цикл его работы состоит из ряда операций. Суппорт с отработавшим инструментом отходит в положение для смены инструментодержателя, одновременно магазин отыскивает и устанавливает против автооператора позицию со следующим по программе обработки инструментом. Левый захват автооператора, выдвигаясь, захватывает после разжима механизма крепления окончивший работу инструментодержатель ползуна, а правый захват в это время берет из магазина новый инструментодержатель. После этого гидравлический механизм автооператора втягивает оба захвата и поворачивается на 180° , меняя захваты с инструментодержателями местами. Оба захвата одновременно выдвигаются. Новый инструментодержатель вставляется в пазы ползуна, и после подтверждения ощупывающим датчиком соответствия его кода заданному программой коду включается механизм крепления. Отработавший инструментодержатель возвращается в гнездо магазина. Захваты втягиваются, и станок готов к продолжению цикла обработки.

У других станков смена инструментодержателя осуществляется без применения автооператора (рис. 114). Для смены инструмента суппорт отходит и останавливается так, чтобы ось ползуна точно совместились с положением оси инструментодержателя в пазе магазина. Паз при этом должен быть свободным. Включается раз-

жим крепления в ползуне инструментодержателя, и последний опускается в магазин. Ползун поднимается, включается проворот магазина в следующую по циклу позицию. При использовании инструментодержателей с хвостовиками типа «ласточкин хвост» перед проворотом суппорт отходит в сторону, выводя захваты ползуна из зацепления с хвостовиком инструментодержателя. После остановки магазина в нужной позиции ползун опускается или же надвигается на хвостовик своим захватом, и включается механизм автоматического закрепления инструментодержателя в ползуне. По команде блокирующего устройства, подтверждающего захват заданного инструментодержателя, ползун с новым инструментом выходит в исходную позицию для продолжения цикла обработки.

Смена инструмента из магазина, расположенного непосредственно на вертикальном суппорте, производится у станков серии SKQ NC (рис. 115). Инструментальные гнезда в магазине пронумерованы и задаются в управляющей программе. Под ползуном позади магазина на корпусе суппорта размещен толкатель с захватом инструментодержателя. Смена инструмента происходит при верхнем положении ползуна. Магазин проворачивается в выбранную позицию кратчайшим путем и останавливается с индексацией положения гидравлическим фиксатором. Загрузка магазина инструментодержателями, так же как и выгрузка, осуществляется через ползун с помощью вспомогательного манипулятора, установленного на ограждении стола справа от планшайбы.

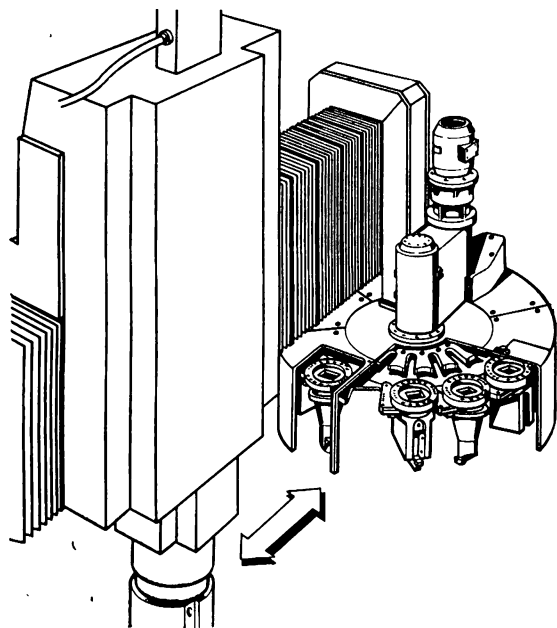


Рис. 114. Инструментальный магазин спанков серии VLN фирмы MORANDO

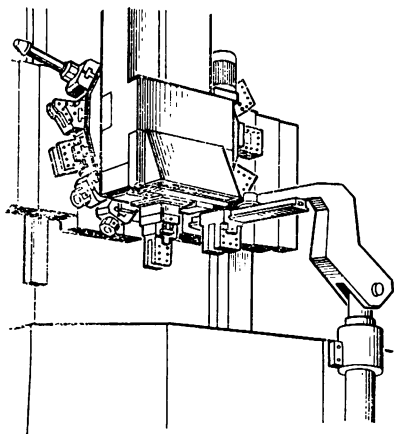


Рис. 115. Инструментальный магазин станков серии SKQ NC завода TOS

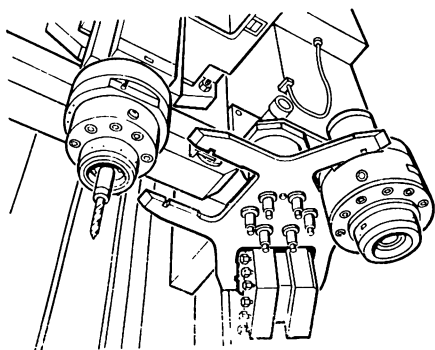


Рис. 116. Трехпозиционный магазин станков серии TV фирмы SCHIESS — FRORIEP

Манипулятор представляет собой поворачивающийся рычаг со встроенным гидроцилиндром подъема. Верхний конец рычага снабжен поворачивающейся рейкой, имеющей такую же форму сечения, как и захват механизма крепления в ползуне. На переднем конце рейки имеется центрирующий выступ для ее базирования при совмещении с ползуном. При опущенном рычаге инструментодержатель одевается на рейку манипулятора, после чего включается гидроцилиндр подъемника, и поднятая рейка совмещается с механизмом крепления. Инструментодержатель сдвигается по рейке в ползун, а захват механизма смещения инструментодержателя втягивает его в паз магазина. Аналогично, в обратном порядке происходит и разгрузка магазина.

Автоматическая смена инструментов в процессе обработки происходит по командам УЧПУ. При этом механизм зажима освобождает отработавший инструментодержатель, а механизм смещения инструментодержателя выдвигается в переднюю позицию и захватом втягивает его в гнездо магазина. По команде управляющего устройства магазин поворачивается и индексируется в новой позиции. Загрузочный захват выдвигает очередной инструментодержатель из магазина в ползун, механизм зажима крепит его в ползуне. Весь цикл смены инструмента занимает 12—15 с. По заказу потребителя в ползуне суппорта может быть предусмотрен встроенный привод для сменных (расточной или шлифовальной) головок. Подаваемая из магазина головка при срабатывании механизма зажима соединяется зубчатой муфтой со шпинделем привода.

Описанные конструкции устройств для автоматической смены инструментов могут быть применены для установки в них инстру-

ментодержателей только с одним видом базирования и крепления их на суппорте: устанавливаемые на торцовой поверхности ползуна токарные резцедержатели и небольшие по размерам сверлильные или фрезерные головки с неподвижным корпусом или же вставляемые в конусное отверстие встроеного в ползун вращающегося шпинделя фрезерные и расточные оправки либо сверлильные патроны. Поэтому у большинства моделей крупногабаритных многооперационных станков с большими размерами токарных резцедержателей, фрезерно-расточных и сверлильных головок смена их производится вручную с помощью предусмотренных на станке тельферов и специальных подъемных площадок. У других моделей, например у многооперационных станков фирмы SCHIESS—FRORIER, инструментодержатели и головки тельфером устанавливаются в упрощенный двух-, трех- или четырехпозиционный магазин (рис. 116), а затем по ходу цикла обработки из него подаются в ползун. При этом во время работы станка имеется возможность производить замену в магазине использованных резцедержателей новыми.

Для обеспечения смены инструмента в автоматическом цикле работы станка ползун суппорта должен иметь устройства базирования и крепления, осуществляющие захват резцедержателя, точную фиксацию его положения в ползуне (разброс при повторной установке не должен быть более 3—5 мкм), обеспечивающие жесткость и надежность крепления и исключающие раскрытие базирующих стыков при работе под нагрузкой. К простейшим видам зажимных устройств относятся расположенные во внутренней полости ползуна или вращающегося шпинделя винтовые зажимы с приводом от отдельного электродвигателя. Более распространены пружинно-гидравлические зажимы, у которых сила зажима развивается предварительно сжатым пакетом тарельчатых пружин, а разжим инструментодержателя осуществляется гидроцилиндром.

В качестве базирующих элементов используют конические хвостовики резцедержателей или оправок, входящие в конические отверстия ползуну или вращающихся шпинделей или же расположенные на торцовых поверхностях стыка ползун — резцедержатель мелкозубые рифления. Так, у станков серии TFM фирмы BERTHIEZ (рис. 117) введенный в захват головки суппорта резцедержатель досылается до жесткого бокового упора, что контролируется двумя подпружиненными штырями, входящими в контрольные отверстия резцедержателя. После этого включается вращение установленного на ползуне электродвигателя механизма винтового зажима. Винт вворачивается в резьбовое отверстие в центре опорной поверхности резцедержателя и притягивает его к ползуну. Точная фиксация положения резцедержателя обеспечивается опорными платиками с мелким рифлением.

Несколько сложнее по своему решению приведенная на рис. 118 конструкция механизма для крепления резцедержателей и оправок с коническим хвостовиком станков фирмы Webster—Bennett.

Рис. 117. Механизм автоматического крепления резцедержателей станков фирмы BERTHIEZ

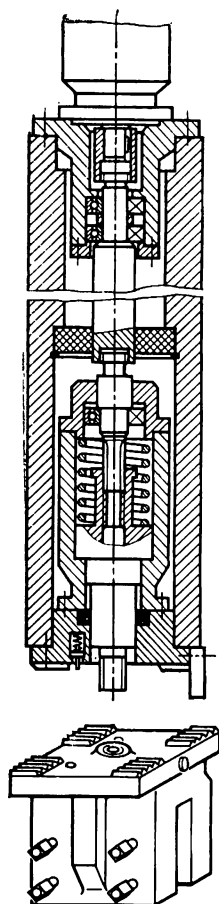
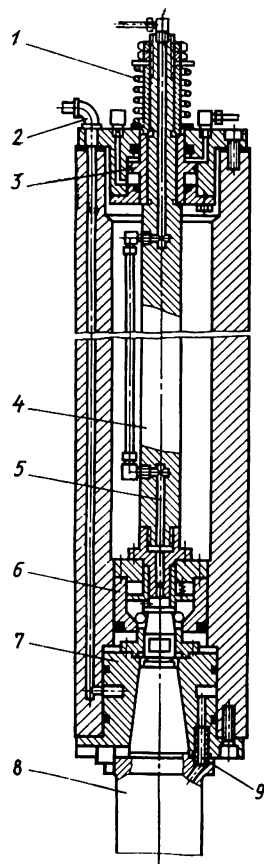


Рис. 118. Механизм автоматического крепления резцедержателей с коническими хвостовиками станков фирмы Webster — Bennett



Соединенная с гидроцилиндром 3 тяга 4 имеет на нижнем конце захват 6 с коническим отверстием и десятью шариками. При подъеме втулки захвата шарики, скатываясь по наклонной поверхности к центру, сближаются и захватывают за шляпку на конце хвостовика резцедержатель 8. Продолжая подниматься, тяга увлекает за собой резцедержатель, втягивая его и плотно фиксируя по конусному отверстию головки ползуна 7. Во избежание попадания стружки и пыли в базирующий конус ползуна при его движении вниз перед соединением с хвостовиком оправки в центральное отверстие конуса подается по магистрали 5 под давлением воздух. Когда произойдет герметичное соединение конических поверхностей, давление воздуха в воздухопроводе увеличится и сработает реле давления, разрешающее суппорту дальнейшую работу. В случае падения давления рабочей жидкости (масла)

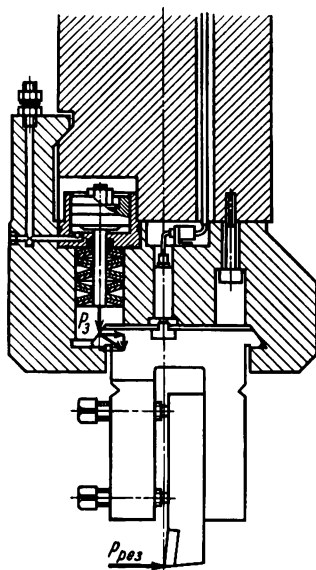
Рис. 119. Механизм автоматического крепления резцедержателей станков серии *Computat* фирмы *DÖRRIES*

в гидросистеме из-за остановки гидронасоса или разрыва маслопровода пружина 1 удерживает резцедержатель в зажатом состоянии.

Подвод охлаждающей жидкости в зону резания осуществляется через ползун по магистрали 2 и далее, через отверстие 9 — в плотно прижатый с уплотнением стыка резиновым кольцом резцедержатель, в котором также предусмотрены специальные отверстия. Включение и выключение подачи охлаждающей жидкости производится по командам от устройства ЧПУ в цикле обработки. У ряда моделей станков вместо шарикового применяется цанговый захват хвостовика оправки.

Для невращающихся резцедержателей с хвостовиками типа «ласточкин хвост» (рис. 119) применяют устройство с постоянно действующим поджимаемым пружинами клиновым замком. Развиваемая тарельчатыми пружинами сила P_2 порядка 130—150 кН превышает возникающие при резании нагрузки. Разжим пружин и освобождение инструментодержателя происходит за счет подачи под поршень масла из гидросистемы станка. В головке ползуна предусмотрено контрольное устройство из микропереключателей, фиксирующее соответствие вставленного инструментодержателя заданному программой обработки, что исключает возможность подачи другой оправки и защищает станок от аварий.

На станках фирмы *SCHIESS—FRORIEP* применяется базирование невращающихся резцедержателей по крестообразному пазу (рис. 120, а). Зажим осуществляется пружинным механизмом через тягу с Т-образной головкой, разжим — гидравлическим поршнем. В тех случаях, когда кроме токарных резцедержателей необходимо устанавливать в ползун сменные расточные, фрезерные или сверлильные головки, конструкция механизма автоматического зажима усложняется (рис. 120, б). Для возможности установки сменной головки с разворотом под любым углом базирование в ползуне осуществляется плоскими зубчатыми венцами, а крепление — поворачивающейся штангой с входящим в отверстие головки Т-образным захватом типа байонетного замка. Прижим головки к ползуну, как и в предыдущей конструкции, осуществляется через штангу тарельчатыми пружинами, развивающими усилие порядка 180—200 кН, а разжим — гидроцилиндром. При перемещении



вниз и перед подъемом гидроцилиндр поворачивает штангу с захватом на угол 90° . Штанга механизма зажима может быть выполнена полой, а через нее пропущен вал, передающий вращение от приводного электродвигателя к шпинделю сменной головки. Соединение приводного вала со шпинделем или конической шестерней головки в этом случае осуществляется зубчатой муфтой.

Суппорты многооперационных станков фирмы INNOCENTI (рис. 121) не только снабжены пружинно-гидравлическим механизмом байонетного типа для крепления невращающегося корпуса инструментодержателя и приводом для вращения шпинделя сменной головки, а имеют также встроенный механизм автоматического крепления инструмента с отдельным электродвигателем, что дает возможность по программе менять инструменты в сменной головке. Такая конструкция позволяет за счет установки двух отдельных магазинов (один для инструментальных головок, другой — для оправок с настроенными на размеры инструментами) резко уменьшить требуемое количество инструментальных головок.

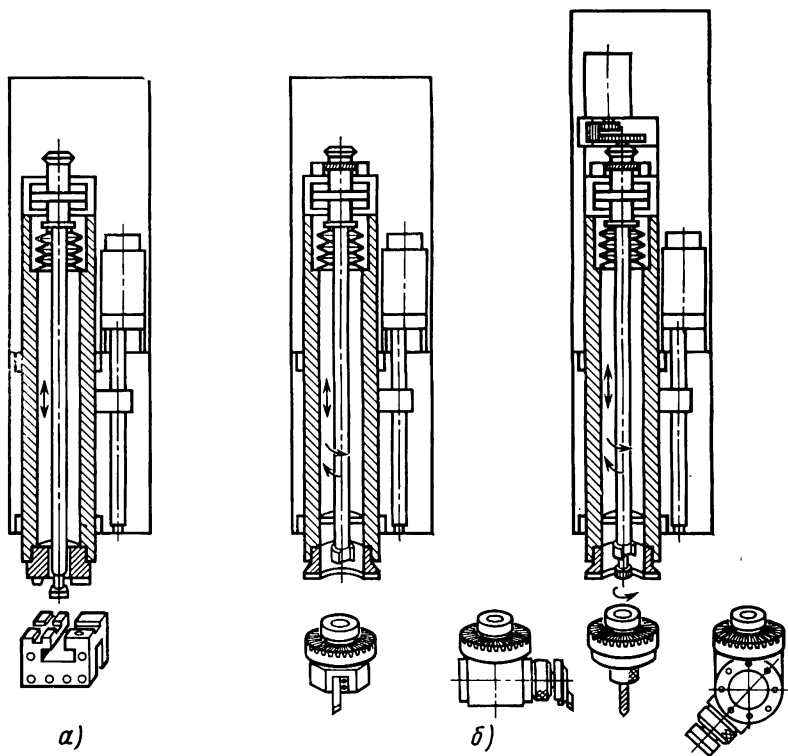
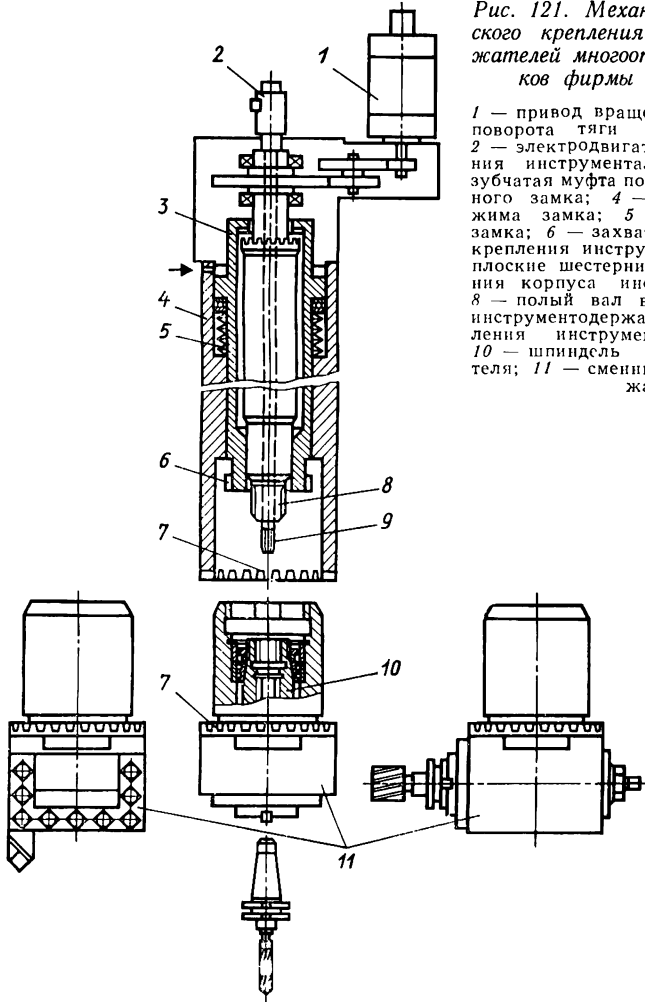


Рис. 120. Механизм автоматического крепления инструментодержателей многооперационных станков фирмы SCHIESS — FRORIEP

Рис. 121. Механизм автоматического крепления инструментодержателей многооперационных станков фирмы INNOCENTI:



УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Широкие возможности повышения уровня автоматизации управления станками и гибкость самого процесса переналадки станка с одной программы на другую появились с разработкой числового программного управления (ЧПУ) станками, при котором любая функциональная команда на выполнение необходимых включений или переключений, а также размерная величина пути перемещения рабочих органов станка выражается на «машинном» языке в виде буквенных символов или цифр, воспринимаемых системой управления станком как сигналы, определяющие состояние или положение управляющих и рабочих органов станка.

Создание автоматических речных, индуктивных или оптических датчиков обратной связи позволило обеспечить эффективный контроль за исполнением выданных управляющим устройством команд, в значительной степени повысило надежность и точность работы автоматизированных систем управления. Не останавливаясь на принципах их действия [12], рассмотрим системы ЧПУ различных уровней автоматизации работы станка.

Устройства размерного управления с цифровой индикацией. Простейшей системой размерного числового управления станком является система с ручным предварительным вводом задания на один или несколько переходов — преднабором. В процессе обработки станочник, привязав начало координатной измерительной системы (путем сдвига нуля отсчета) к базовым поверхностям обрабатываемой детали, может задавать все ее размеры в абсолютных координатах или же, обработав одну поверхность, сдвигом нуля по соответствующим осям координат принять конечную точку положения резца за начало отсчета и координату последующей точки траектории движения инструмента задавать приращением размера, набрав его поразрядно декадными переключателями или клавишами.

Гарантируемая устройством точность позиционирования суппорта избавляет станочника от необходимости пробных проходов и промежуточных измерений обрабатываемой поверхности. Устройство позволяет последовательно ввести в режиме преднабора в память системы координаты нескольких точек позиционирования, а затем обеспечивает автоматическую отработку введенных координат с учетом заданного направления перемещения. Выход на заданный размер может осуществляться в режиме грубого позиционирования (без снижения скорости) или же точного позиционирования. Точное позиционирование осуществляется за счет выдачи устройством при подходе к конечной точке нескольких последовательных команд на снижение скорости перемещения. Расстояние до заданной точки, на котором подаются команды на замедление, может регулироваться.

Необходимость введения ступенчатого торможения при точном позиционировании обуславливается зависимостью величины тормозного пути от взаимодействия ряда не поддающихся предварительному расчету переменных и постоянных факторов: массы движущихся частей станка, первоначальной скорости движения, интенсивности торможения, качества поверхностей трения и величины зазора в них, характера смазки и т. п. С целью снижения влияния этих факторов на точность позиционирования на станках вводится ступенчатое торможение, причем скорость последних, самых медленных ступеней, всегда остается постоянной, а путь движения узла на каждой из ступеней выбирается минимальным, но достаточным для гарантированного гашения инерционных сил и создания стабильного натяжения кинематической цепи перемещения. Чрезмерно большой запас пути торможения производи-

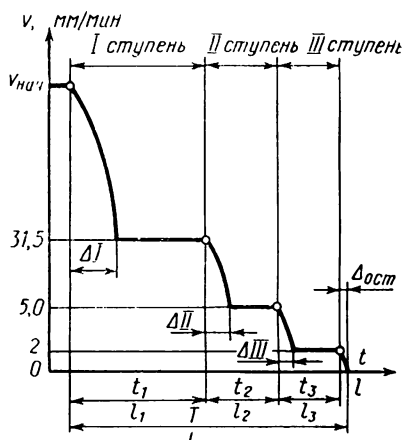


Рис. 122. Диаграмма торможения при позиционировании

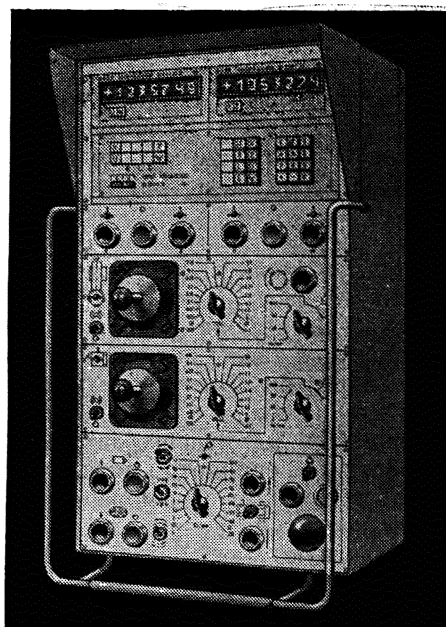


Рис. 123. Подвесной пульт управления станка мод. 1516Ф1

тельно удлиняет время позиционирования. Поэтому для каждого станка длина пути торможения устанавливается в индивидуальном порядке.

На рис. 122 показан пример графика ступенчатого торможения при позиционировании. Результаты измерения пройденного пути перемещения l (координата конечной точки) индицируется на табло индикации или на экране дисплея размеров, состоящего из одного знакового и шести или семи цифровых разрядов. При отработке команд на табло или экране сначала высвечивается величина отрезка, который суппорт должен пройти от исходной до конечной точки перемещения. При движении суппорта этот размер убывает до нуля. По окончании отработки загорается координата конечной точки.

Примером такого устройства преднабора размеров (до десяти координат) может служить устройство типа Ф5134, работающее в комплекте с индуктивным датчиком линейных перемещений. Небольшие габариты устройства позволяют встраивать его в подвесной пульт управления станками мод. 1512Ф1, 1516Ф1, 1525Ф1, 1Л532Ф1 (рис. 123).

На станках последних лет выпуска используются устройства размерного управления с расширенными возможностями преднабора функций управления. На подвесном пульте управления таких станков сконцентрированы управляющие элементы ввода не только размерных, но и простейших функциональных заданий в числовой

или символической форме. Электронное решающее устройство преобразует эту информацию в управляющие команды исполнительным органам станка.

На рис. 124 приведены в качестве примера отдельные панели функций такого подвесного пульта управления. Панель размерного управления суппортом содержит два блока восьмиразрядных декадных переключателей — контравверсов для преднабора направлений и величин координатных перемещений суппорта, а также табло цифровой индикации по двум осям в пределах $\pm 99999,99$ мм. На второй панели размещена селективная рукоятка многопозиционного переключателя функций управления и декадные переключатели выбора величины минутной или оборотной подачи суппорта, а также декадный переключатель величины шага нарезаемой резьбы. Возможность измерения величин подач в мм/мин или в мм на оборот планшайбы обеспечивается за счет установки на планшайбе импульсного датчика, жестко связывающего величину пройденного суппортом пути с частотой вращения планшайбы. Эта связь в сочетании с возможностью бесступенчатого изменения величины подачи позволяет, в свою очередь, нарезать на станке как метрическую, так и дюймовую резьбу без применения резьбо-

нарезного устройства со сменными шестернями.

Третья панель — управление конической обработкой. Входящий в состав электронного решающего устройства блок линейной интерполяции позволяет осуществить одновременное перемещение суппорта по двум осям координат с заданным соотношением величин вертикальной и горизонтальной подач, что дает в сумме линейное перемещение под любым углом и обеспечивает обработку конических внутренних и наружных поверхностей без применения гитары со сменными шестернями. Для настройки угла декадным переключателем набирается величина тангенса этого угла $\text{tg } \alpha =$

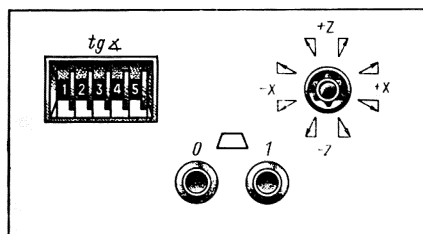
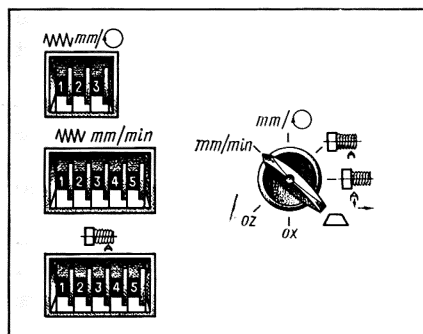
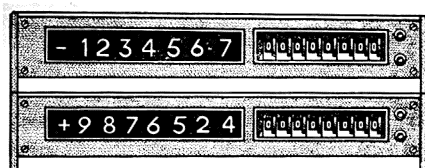


Рис. 124. Панели пульта управления с дополнительными функциями

= s_x/s_z . Выносятся на пульт и другие функции управления станком.

Возможность предварительного набора задания на последующий переход в процессе отработки предыдущего перехода обеспечивается имеющимся в решающем устройстве блоком поддержания непрерывной последовательности переходов цикла — электронным запоминающим устройством с объемом памяти, не превышающим объем информации для двух переходов. По окончании отработки информации первого перехода этот блок автоматически переключается на выдачу информации второго перехода, а освободившаяся часть «памяти» готова к восприятию нового задания.

ЧПУ со штеккерным вводом информации. Числовые позиционные штеккерные системы программного управления типа DATA—MODUL, Datarog, применяемые на карусельных станках фирм ФРГ, и им подобные в сочетании с индуктивными, реечными и фотооптическими датчиками линейных перемещений при ручном вводе программы путем расстановки в гнездах (отверстиях) панели управления специальных штеккерных кнопок позволяют осуществить полную автоматизацию цикла обработки. На ножке каждой штеккерной кнопки нанесен кодовый признак команды в виде комбинации выступов и впадин. Символ этой команды (цифра или буква) выгравирован на пластмассовой головке кнопки. Набор программы — расстановка кнопок на панели — производится непосредственно на станке.

Приведенная на рис. 125 панель управления системы DATA—MODUL вмонтирована в подвесной пульт управления одностоечным станком фирмы SCHIESS—FRORIEP и имеет девять вертикальных рядов отверстий — штеккерных гнезд, расположенных горизонтальными строчками в четырех столбцах. Каждая из 64 строчек отверстий предназначена для набора команд управления на один технологический переход. Следовательно, панель позволяет набрать программу цикла обработки, содержащую до 64 следующих один за другим переходов, что достаточно для полной обработки несложной детали.

Получение разных команд одной функции осуществляется установкой в одно и то же штеккерное гнездо штеккерных кнопок с различными кодовыми комбинациями выступов и впадин на ножке. Вставленная в гнездо ножка производит соответствующее переключение контактных групп кодовых реле в целях управления станком. В том случае, когда технологический переход не содержит полного набора предусмотренных в ряду команд, относящиеся к отсутствующим командам гнезда штеккеры не вставляются. Шаговое устройство управления осуществляет в ходе обработки попередающее считывание набранной программы. В процессе обработки возможна корректировка программы путем замены штеккеров.

С целью ускорения набора программы и уменьшения вероятности ошибок при ее наборе к станку прилагается запас комплектов

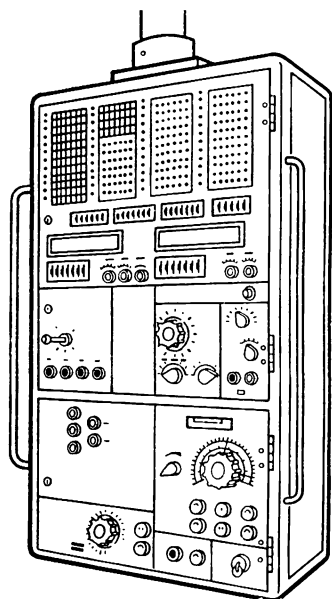


Рис. 125. Подвесной пульт управления карусельным станком фирмы SCHIESS — FRORIEP со штеккерной панелью для набора программы обработки системы ЧПУ DATA — MODUL

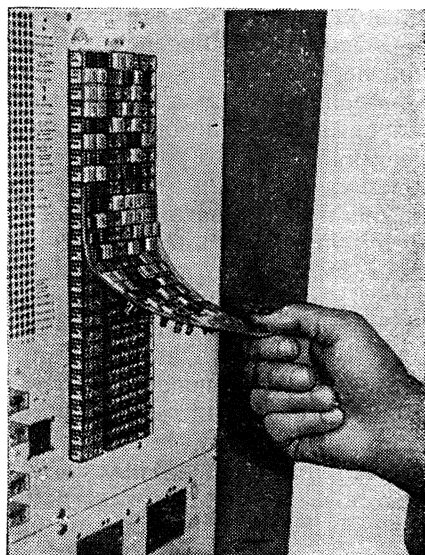


Рис. 126. Снятие гибкой матрицы с набранной программой обработки с панели управления системой ЧПУ Datarog

тонких пластмассовых пластин — матриц памяти с рядами отверстий, расположение которых полностью совпадает с расположением отверстий на штеккерном поле панели. Это позволяет технологу-программисту или наладчику заранее вне станка набрать на матрице полный набор программы, а затем, наложив матрицу с уже вставленными в ее отверстия штеккерами на штеккерное поле панели управления, сразу же осуществить набор всей программы. Вторым преимуществом применения матриц является возможность снятия матрицы с панели вместе со штеккерами без нарушения набранной программы (рис. 126) и замены ее другой матрицей с заранее набранной новой программой. Снятая матрица может храниться для последующего повторного использования.

Кроме штеккерного поля на панели управления размещены декадные переключатели для набора величины смещения нуля по направлению осей X и Z , а также рукоятка ручного ввода коррекции скорости подвода резца при выходе в заданный размер. Иногда панель управления DATA—MODUL размещают на передней стенке электрошкафа, поскольку ею пользуются только при подготовке станка к работе. Все остальные органы управления станком в руч-

ном режиме и пуска станка в работу по программе размещаются на подвесном пульте управления. Контроль величины перемещения суппорта и обратная связь по осям X и Z осуществляются речечными датчиками линейных перемещений.

Система DATA—MODUL позволяет автоматизировать процесс обработки деталей относительно несложной формы при средних и больших сериях выпуска. Аналогична по своим возможностям и штеккерная система Dataproг, отличающаяся от описанной только конструктивным исполнением входящих в нее элементов и составом управляющих команд. При этом количество рядов отверстий и строчек штеккерного поля может изменяться в широких пределах.

ЧПУ с кнопочным или клавишным вводом информации. Значительное увеличение объема памяти электронного запоминающего устройства числовой системы программного управления обеспечило дальнейшее развитие систем программного управления. Штеккерное поле с набранной комбинацией штеккеров, являющееся по сути механической памятью программы цикла обработки, заменил блок электронной памяти, собранный из миниатюрных электронных элементов. При этом резко возросли возможности увеличения объема запоминаемой информации. У таких систем штеккерные кнопки с кодированными хвостовиками заменены обычными кнопками или клавишами, каждая из которых при нажатии вводит в блок памяти кодовый сигнал, соответствующий выгравированной на этой кнопке цифре или буквенному символу. При этом для визуального контроля вводимых команд на экране дисплея загорается соответствующий нажатой кнопке символ. Набрав объем команд для одного или нескольких переходов, станочник по экрану сверяет его с текстом карты настройки станка, после чего нажимает кнопку ввода этой информации в память устройства, а затем приступает к набору очередного кадра программы. При включении автоматического режима работы станок в заданной последовательности выполняет всю записанную в память информацию, повторяя ее требуемое количество раз.

Разновидность устройств ЧПУ с ручным вводом программы обработки (кнопками, клавишами или декадными переключателями — контраверсами) принято называть HNC (Handled Numerical Control). На рис. 127 приведен подвесной пульт числового программного управления типа HNC карусельных станков серий 1200 и 1400

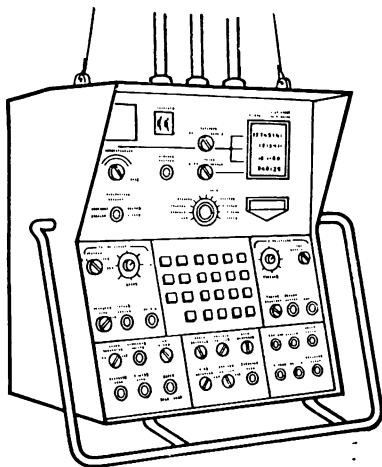


Рис. 127. Подвесной пульт УЧПУ станков фирмы FARREL с клавишным вводом информации

фирмы FARREL с ручным кнопочным вводом программы. На пульте сконцентрированы элементы размерного и функционального управления главным приводом и двумя суппортами станка. Набирая кнопками очередную координату перемещения суппорта по одной из четырех осей (на каждый суппорт по две оси), станочник может видеть на экране дисплея конечную точку положения режущего инструмента в предыдущем переходе. Отсчет ведется в абсолютной системе координат. Наличие вычислительного устройства линейной и круговой интерполяции позволяет осуществлять перемещение под любым углом, а также по кривым, составленным из дуг окружностей различного радиуса. Кроме величин перемещений суппортов на экране дисплея высвечиваются частота вращения планшайбы и величина подачи.

Устройство управления предусматривает возможность смещения нуля координат в пределах величин перемещения суппортов и ввод коррекции на величину вылета инструмента, а также позволяет в любой момент внести изменение в любой кадр ранее введенной программы. Переключением рукоятки отработка программы может быть прервана с переходом на ручной режим управления и снова возобновлена, начиная с любого записанного в программу кадра.

Системы ЧПУ с ручным вводом информации с большим объемом памяти запоминающего устройства позволяют без предварительной разработки управляющей программы осуществить в режиме преднабора обработку детали квалифицированным наладчиком. При этом вся технологическая и размерная информация управления в процессе обработки запоминается в блоке памяти системы. Повторение цикла обработки последующих деталей может быть выполнено менее квалифицированным станочником-оператором. Такие оперативные системы управления универсальными станками с подготовкой управляющей программы обработки деталей относительно несложной конфигурации непосредственно на рабочем месте получают все более широкое распространение в условиях индивидуального и мелкосерийного производства, так как позволяют исключить довольно сложный процесс разработки поэлементной технологии, ее кодирования и последующую отработку — оптимизацию с перезаписью программноносителя.

ЧПУ с вводом программы на программноносителе. Системы ЧПУ с ручным вводом программы, обладая определенными преимуществами, имеют свои недостатки: набор программы непосредственно на станке вызывает его непродолжительные простои, а также не исключает в тех случаях, когда программирование ведет сам оператор-станочник, вероятности выбора менее оптимального процесса и режимов обработки, чем это сделал бы квалифицированный технолог-программист. Поэтому для обработки деталей сложной формы на многоинструментальных станках применяют системы управления с предварительной разработкой управляющих программ специализированными технологическими службами и выда-

чей их для ввода в устройство ЧПУ на заранее подготовленном программноносителе — перфорированной ленте.

У токарно-карусельных станков наибольшее распространение получила бумажная восьмидорожечная перфолента шириной 25,4 мм. Вся входящая в программу работы станка геометрическая, технологическая и вспомогательная информация записывается на ленте в кодированном виде путем пробивки комбинаций отверстий. На запись одной цифры или буквенного символа кода (байта) достаточно одной поперечной строки ленты. Наряду с этим все более широкое распространение получает запись кодированной программы на магнитную ленту, хранящуюся в малогабаритных кассетах. Подключаемая к УЧПУ специальная переносная приставка позволяет с большой скоростью перенести всю записанную на магнитной ленте информацию в память устройства или же перезаписать ее из памяти устройства снова на магнитную ленту для хранения и повторного использования отредактированных на станке программ.

В разных странах используют различные коды для записи информации. В США применяют коды EIA и ASC, в Японии JIS. В соответствии с ГОСТ 13052—74 кодирование ведется семиэлементным двоичным кодом ИСО-7 бит, утвержденным международной организацией по стандартизации ISO в качестве международного кода. Система кодирования информации адресная, т. е. каждой цифровой величине (числу) предшествует буква латинского алфавита — адрес запоминающей ячейки входной памяти УЧПУ, где должна храниться эта информация, и указывающая, какой функцией или элементом станка эта информация управляет. Адрес и функция — группа цифр составляют слова команды.

Объем информации, необходимый для осуществления одного перехода или перемещения при позиционировании, составляет один кадр, размеры которого переменны. При необходимости указания направления перемещения между буквой и цифрой ставится знак «+» или «-». Набор и состав слов команд, а также число цифр, следующих за буквой адреса, у разных моделей УЧПУ различны, но для каждой модели строго постоянны и определяются «форматом кадра». Каждый кадр программы начинается порядковым номером с адресом *N*. Для устройства H55-2, применяемого на отечественных станках 1512Ф3 и 1516Ф3 (рис. 128), формат кадра представляется формулой [17]

$$N3.G2.I + 42.K + 42.X \pm 42.Z \pm 42.L2.F4.R \pm 42.$$

$$S3.T2.M2.FE_2.$$

Буквы адресов *I*, *K*, *X*, *Z* обозначают оси, к которым относится следующая за этими буквами числовая информация. Подготовительные функции, определяющие режим работы системы управления (задание размеров в абсолютных величинах или же прираще-

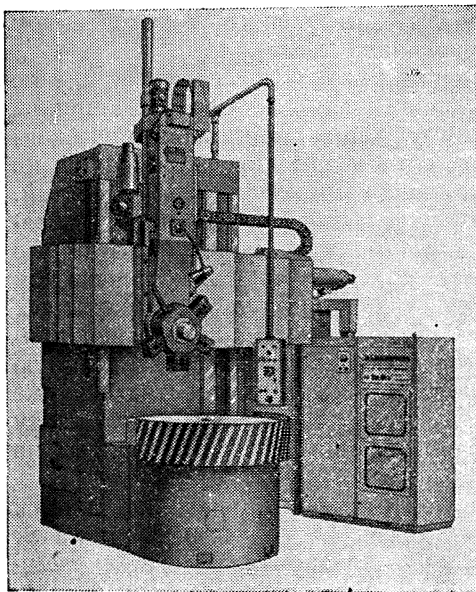


Рис. 128. Станок с ЧПУ
мод. 1516ФЗ

ниях, линейная или круговая интерполяция, эквидистанта, минутная или круговая подача, установочное перемещение и т. д.), задаются буквой *G* и двумя следующими за нею цифрами. Буква *L* и следующие за нею две цифры обозначают номер закрепленного за данным переходом корректора вылета инструмента. Функции *F* и *R* соответствуют величине выбранных минутных или оборотных подач, а *S* — ступени скорости планшайбы. Функция *T* — номер

инструмента. Вспомогательные функции (пуск и остановка планшайбы, остановка программы в нужном месте, смена инструмента — поворот револьверной головки, включение постоянной скорости резания и т. д.) задаются буквой *M* и двумя следующими за ней цифрами. В конце программы набирается адрес FE_2 . Количество числовых разрядов в функции кода указывается числом, следующим за буквой этого адреса в формате программы. Двухзначное число 42 показывает количество числовых разрядов (4 до запятой и 2 после запятой), составляющих размер перемещения.

По принципу управления приводами подач УЧПУ разделяются на два вида — позиционные и контурные (непрерывные). Позиционное устройство обеспечивает перемещения инструмента относительно обрабатываемой детали из одной заданной точки (позиции) в другую по прямым, параллельным осям координат, или же (одновременным включением движения по двум осям) под углом 45° . Контурные устройства обеспечивают перемещения инструмента по сложной траектории, состоящей из расположенных под любыми углами к осям координат отрезков прямых и дуг окружностей, выдерживая с высокой точностью мгновенные соотношения скоростей подач по двум и более осям перемещения, изменяемые соответственно по времени. При этом результирующая скорость подачи вдоль контура, поддерживая заданный режим резания, выдерживается с точностью до $\pm 5\%$. Для решения этой задачи в контурных УЧПУ используют линейные и круговые интерполяторы, вырабатывающие соответственно распределенные во времени электрические импульсы, управляющие исполнительными орга-

нами станка. В последние годы контурные системы ЧПУ токарно-карусельных станков, обладающие более широкими технологическими возможностями, вытесняют позиционные системы.

Станки с ЧПУ могут работать в режимах: автоматическом — основном режиме, когда управление всеми функциями осуществляется системой без участия станочника по записанной управляющей программе, и режиме преднабора, который используется при наладке станка или пробной обработке детали. В этом случае все команды по кадру или же сразу по несколько кадров набираются станочником непосредственно кнопками и переключателями пульта управления устройства ЧПУ. Органы оперативного управления станком в режиме преднабора и переключения на автоматический цикл вынесены на подвесной кнопочный пульт управления.

С развитием конструкций элементов электронного управления совершенствуются и схемные решения устройств ЧПУ. На смену устройствам ЧПУ второго поколения на транзисторах пришли устройства третьего поколения на интегральных схемах, с существенно улучшенными показателями: расширились технологические возможности устройств, увеличился объем памяти, быстродействие и надежность, уменьшились габариты. С увеличением объема памяти отпала необходимость покадрового считывания программы с перфоленты в процессе обработки детали. При подготовке станка к работе вся управляющая программа сразу вводится в память устройства ЧПУ. Такие устройства с увеличенным объемом памяти относятся к классу SNC (Speicher Numerical Control). Однажды введенная с перфоленты в память устройства класса SNC программа обработки может длительно храниться в ней и обрабатываться любое количество раз. При необходимости в эту программу может быть внесено нужное изменение, вплоть до добавления в любом месте программы новых кадров. Увеличенный объем памяти таких систем позволяет запоминать и обрабатывать несколько различных программ, каждая из которых вызывается соответствующим набором переключателя. Устройства обеспечивают сохранение информации при отключении станков на длительное время (на несколько дней) за счет автономных блоков питания.

Устройства ЧПУ третьего поколения имеют схемную реализацию алгоритмов работы (интерполяции, типовых циклов и т. п.). Изменение алгоритмов возможно только с заменой плат постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), что рационально только для устройств ЧПУ к станкам, выпускаемым большими сериями.

Применение схем с большой или средней степенью интеграции микропроцессоров в появившемся в последние годы четвертом поколении устройств ЧПУ позволило построить схемы ЧПУ с использованием в качестве вычислительных узлов малогабаритных ЭВМ со свободным программированием алгоритмов работы, объемом памяти на несколько программ, периферийными устройствами вычислительной техники — дисплеем, печатающим устройством, каналами связи с более мощной ЭВМ управления участком

станков. Системы со свободным программированием класса CNC (Computer Numerical Control) дают возможность изменять алгоритмы работы устройства применительно к станкам различных групп, позволяют вести отработку и корректировку программы непосредственно на станке, а также имеют возможность работы без перфоленды от внутренней памяти мини-ЭВМ. С появлением систем класса DNC возникла возможность создания адаптивного управления режимами обработки, которые автоматически приспосабливаются к изменяющимся условиям резания.

Разновидностями исполнений систем ЧПУ для устанавливаемых на автоматизированных участках групп станков различного назначения являются управляемые от центральной ЭВМ системы класса DNC (Direct Numerical Control), а в тех случаях, когда центральная ЭВМ распределяет управляющие программы между устройствами ЧПУ отдельных, не связанных между собой станков, эти системы относят к классу DDNC (Distributed DNC).

Традиционные контурные системы ЧПУ для управления станками токарной группы обеспечивают управление одним суппортом по двум осям координат при одном работающем шпинделе. До недавнего времени в тех случаях, когда требовалась обработка детали одновременно двумя суппортами, на станке использовались два устройства. В последние годы созданы УЧПУ, обеспечивающие одновременное управление двумя суппортами при различных режимах работы каждого или же для обработки на двух шпинделях по одной программе независимо друг от друга. Расширение возможностей устройства ЧПУ достигнуто благодаря созданию быстродействующих микропроцессоров с большим объемом памяти и энергонезависимым хранением информации, что позволяет вводить в память полностью всю управляющую программу обработки детали, хранить в памяти и по мере необходимости использовать алгоритмы управления обоими суппортами, а также за счет быстродействия обработки большого объема информации обеспечивать синхронизацию их одновременной работы. Характерным для последних моделей устройств ЧПУ является также наличие возможности автоматической диагностики их состояния и поиска неисправностей, для чего в математическое обеспечение вычислительного устройства по заказу потребителя вводятся алгоритмы этого режима.

Как правило, последние системы ЧПУ предусматривают создание на базе основной типовой модели устройства специализированных модификаций по видам станков, для управления которыми они предназначены. Такие модификации имеют единый вычислитель, но различные алгоритмы работы и интерфейс, что позволяет при широкой унификации типовых блоков с минимальными затратами получать наиболее эффективные управляющие устройства для каждого вида оборудования. Соответствующие специализации устройства алгоритмы математического обеспечения управлением механизмами станка вносятся в память устройства, а также

поставляются записанными на магнитной ленте в комплекте с УЧПУ.

Исполнения УЧПУ часто ориентированы на использование в качестве датчиков контроля линейных перемещений суппортов ротационных датчиков, устанавливаемых на шариковых ходовых винтах или же непосредственно на двигателях подачи. Это стало возможным благодаря наличию в устройстве ЧПУ блоков коррекции погрешностей ходовых винтов и компенсации люфтов в кинематической цепи привода подачи. Величины коррекции вносятся в постоянную память устройства при окончательной отладке станка у изготовителя. Устройства позволяют внести в память от 100 до 1000 коррекций в разных точках на длине перемещения суппорта путем измерения накопленной погрешности перемещения при контрольном позиционировании. При этом в измеренную величину компенсации включаются не только погрешности изготовления, но и деформации узлов станка, что значительно повышает точность обработки детали. Ориентируясь на использование круговых датчиков, устройства ЧПУ предусматривают также возможность работы и с традиционными линейными измерительными устройствами (индуктосинами, фотооптическими датчиками и т. д.).

В качестве программносителя у современных устройств ЧПУ все чаще используется магнитная лента в стандартных малогабаритных кассетах. Одновременный ввод всей управляющей программы в память устройства производится один раз на всю партию деталей. Кроме того, на панели управления устройством предусматривается клавиатура для ручного ввода информации. Ручной ввод может производиться как по кадрам, так и (при обработке несложных деталей) сразу всей программы. В случае необходимости любой отрезок введенной в память программы нажатием соответствующих клавиш может быть вызван на экран дисплея и отредактирован непосредственно на станке применительно к изменившимся условиям обработки. При этом в любом месте может быть добавлена новая или аннулирована ранее записанная информация. Редактирование может быть как без изменения хранящейся в долговременной памяти программы (разовое), так и с ее изменением. Отредактированная программа из памяти устройства может быть перезаписана на магнитную ленту для длительного хранения, а при подключении к устройству перфоратора — и на бумажную перфоленту. При заказе устройства ЧПУ может быть оговорена поставка его с фотосчитывающим устройством для ввода программы на перфоленте.

Минимальный объем памяти современных устройств класса CNC обычно составляет 8—12 К (килобайт), но по заказу потребителя за счет установки дополнительных стандартных блоков память может быть увеличена до 32 или даже 64 К, что позволяет хранить в памяти устройства одновременно несколько управляющих программ и вызывать необходимую для обработки той или иной детали. Вся память устройства состоит из трех частей: 1) постоян-

ной энергонезависимой памяти для записи констант станка и алгоритмов математического обеспечения — управления автоматикой станка; 2) долговременной энергонезависимой памяти для хранения коррекций управляющих программ обработки деталей; 3) оперативной энергонезависимой памяти для записи и использования текущей информации (содержание обрабатываемого кадра, текущие координаты и т. д.). Сохранение информации в энергонезависимой памяти при отключении питания станка обеспечивается за счет автономных энергоисточников — аккумуляторов или сухих батарей.

Управление электроавтоматикой всех органов станка по заданным алгоритмам решается двумя путями: 1) центральным процессором УЧПУ, осуществляющим также все операции управления станком по программе (в этом случае для осуществления возможности управления автоматикой к нему добавляется необходимое количество соответствующих по назначению выходных блоков); 2) комплектованием УЧПУ устройством ПК, имеющим самостоятельный процессор и выходные блоки, работающие независимо от процессора УЧПУ. В памяти процессора ПК записываются алгоритмы — подпрограммы работы автоматики того или иного типа станка.

Последние модели УЧПУ для станков токарной группы ориентированы в основном на применение на станках регулируемых приводов постоянного тока с высокомоментными электродвигателями. Применение шаговых и регулируемых гидродвигателей резко сократилось. Для управления регулируемым электродвигателем УЧПУ выдает аналоговый сигнал с амплитудой до ± 10 В. Программирование величины подачи, установочного перемещения и частоты вращения планшайбы осуществляется в прямом виде: подачи — непосредственно в мм/мин или мм/об, а частоты вращения планшайбы — в об/мин или м/мин.

В связи с тем, что на крупногабаритных токарно-карусельных станках часто обрабатываются детали, стоимость которых бывает соизмерима со стоимостью устройства ЧПУ, в последнее время уделяется большое внимание контролю правильности обработки системой УЧПУ — станок заданной программы. Для этого, например, при использовании устройств фирмы Siemens (ФРГ) типа SINUMERIK 7TT в исполнении $2 \times (2)$ вторая пара осей используется в качестве контрольного аппарата, а на станке устанавливается второй комплект датчиков линейных перемещений. Рассогласование в работе управляющей и контрольной систем является сигналом для отключения работы в автоматическом режиме. В других случаях контроль работы ведется по времени исполнения, которое может задаваться в пределах от 0,04 до 99999,999 с.

Характерной чертой современных моделей УЧПУ является возможность выноса и установки на станке в удобном месте пульта управления УЧПУ со всеми органами управления, индикации,

преднабора и коррекции. При этом число связей выносного пульта с остальными частями устройства за счет применения тактового распределения сигналов сведено до минимума. Так, выносной пульт управления устройства BOSCH CNC micro 5 соединен с центральной логикой всего пятью проводами. Наличие выносных пультов позволяет повысить удобство управления на тяжелых станках больших типоразмеров, а само устройство ЧПУ вынести из зоны обслуживания станка. Наряду с этим сохранена возможность заказа потребителем устройства, где все составные части объединены в одном шкафу — стойке, а в ряде случаев в этом же шкафу сосредоточены и блоки управления приводами подачи и вращением планшайбы.

Примером УЧПУ, применяемого для управления двухсуппортными токарно-карусельными станками, может служить относящееся к классу CNC устройство типа SINUMERIK 7TT фирмы Siemens. Это исполнение представляет собой в принципе два устройства, объединенные в единую систему общим микропроцессором, и обеспечивает управление по пяти осям в следующих комбинациях:

2×2 оси для обработки детали одновременно двумя суппортами по разным программам или же для управления двумя односуппортными станками, одновременно обрабатывающими различные детали по разным программам;

$2 + 2$ оси для одновременной обработки на двух односуппортных станках двух одинаковых деталей по одной программе;

$2 \times (2)$ оси для обработки детали на односуппортном станке с управлением по двум осям с одновременной контрольной обработкой этой же программы по двум другим осям;

пятая ось используется для линейного позиционирования.

Устройство работает в метрической или дюймовой системе измерения с дискретностью на входе и выходе 0,001 мм и предусматривает линейную и круговую интерполяцию. Ввод информации в рабочую память производится с перфоленты сразу всей программы или вручную с клавиатуры покадрово через буферную память с возможностью редактирования содержащейся в памяти программы. Память выполняется на полупроводниковых элементах и может хранить информацию в объеме 12 К. По заказу потребителя за счет установки дополнительных блоков объем памяти может быть увеличен до 24 К. Память устройства состоит из энергонезависимой постоянной памяти для хранения констант станка, коррекций исполнения, алгоритмов управления электроавтоматикой, подпрограмм; энергонезависимой долговременной памяти хранения управляющих программ; рабочей памяти для хранения одного кадра, выполняемого в данный момент перехода; промежуточной (буферной) памяти, предназначенной для хранения одного кадра, следующего за обрабатываемым в данный момент. Содержание любой информации рабочей и буферной памяти можно вызвать клавиатурой и отредактировать. Предусматривается воз-

возможность перераспределения объемов памяти между ее составными частями.

Сохранность информации в энергонезависимой памяти при отключении питания станка обеспечивается у постоянной памяти в течение одного года за счет четырех сухих батарей с напряжением 1,5 В, а долговременной памяти до одного месяца — за счет питания от трех аккумуляторов с номинальным напряжением 1,5 В. Срок службы аккумуляторов 2—3 года, время полной зарядки аккумуляторов при включении системы в сеть не превышает 24 ч. В долговременной памяти, кроме управляющих программ, может храниться до 99 типовых подпрограмм, вызов которых осуществляется заданием в управляющей программе соответствующих вспомогательных функций или через клавиатуру пульта управления.

Программирование может вестись в абсолютных размерах или же в приращениях. Обеспечивается прямое программирование рабочих подач и установочных перемещений в пределах 1—15 000 мм/мин или 0,01—50 мм/об и частот вращения планшайбы в об/мин или же при включении устройства поддержания постоянной скорости резания — в м/мин, нарезания резьб с шагом 0,001—2000 мм. Адресная система программирования обеспечивает автоматическое распределение вводимой информации по соответствующим частям памяти устройства. При программировании типовых подпрограмм с повторением в них отдельных параметров с одинаковыми численными значениями эти значения программируются функцией *R*. Может быть задано до десяти таких параметров в подпрограмме.

В числе констант станка предусмотрены: 1) компенсация люфтов в цепях приводов подач в пределах $\pm 0,255$ мм для каждой оси отдельно, что имеет важное значение при использовании ротационных датчиков обратной связи; компенсация погрешностей изготовления ходового винта — 90 точек корректировки с шагом не менее 2 мм для каждой оси перемещения; диапазон корректировки 0,001—0,01 мм; 2) нулевая (базовая) точка станка, определяемая по каждой оси точным путевым выключателем при прохождении точки нуля системы измерения; действительные координаты базовых точек заранее введены в память устройства и заблокированы; при прохождении перемещающимся узлом этой точки, даже на ускоренном ходу, в наполнителе происходит автоматическая компенсация накопленных погрешностей измерения; выход суппорта в нулевую точку для внесения коррекций в автоматическом цикле и отход от нее в случае необходимости обойти препятствие (например, деталь) может осуществляться через промежуточные позиции, что оговаривается специальными функциями; 3) смещение нуля может иметь по два значения для каждой оси в диапазоне до 99999,999 мм, которые соответственно вводятся, как параметр станка, и по два значения для каждой оси ограничения диапазона перемещений относительно нулевой точки.

В числе коррекций системой предусматриваются коррекции величин подач от 0 до 120 % и установочных перемещений от 0 до 100 % раздельно по каждой оси, коррекция частоты вращения планшайбы в диапазоне 50—120 %, по 16 пар коррекций на длину и радиус инструмента в пределах 999,999 мм для каждой из осей X и Z обеих систем и по пятой оси на длину резца. При адаптивном управлении ввод коррекций на смещение нуля и радиус инструмента возможны и от внешнего согласующего устройства в пределах $\pm 4,095$ мм.

Поставляемый по отдельному заказу потребитель выносной дисплей пульта управления обеспечивает индикацию вводимой и обрабатываемой программы, содержание всех видов памяти и коррекций, а также диагностику состояния и неисправностей блоков устройства.

Устройство обеспечивает автоматически распознавание кода вводимой программы (ISO или EIA) и контроль ее на четность. Ввод программы в память осуществляется со скоростью 250/350 знаков в 1 с при частоте питающей сети 50,60 Гц. С пульта управления или по программе осуществляется выбор управления 1-й или 2-й системой или же общими системами вместе. Система может работать в автоматическом или покадровом полуавтоматическом режиме. Смена режимов работы производится без нарушения хранящейся в памяти информации.

Устройство ЧПУ работает с измерительными устройствами типа сельсин, резольвометр, индуктосин или оптический датчик.

Другим примером современного устройства ЧПУ для станков токарной группы и обрабатывающих центров может служить УЧПУ фирмы BOSCH CNC micro 5 (ФРГ). В исполнении D устройство предназначено для управления по двум осям (токарное исполнение) или по трем (четырем) осям для обрабатывающих центров и фрезерных станков (исполнение Z). Устройство смонтировано из модулей и имеет три составных блока: панель управления с пленочной клавишной аппаратурой управления и экраном дисплея (рис. 129); центральную логику — микропроцессор, содержащий до 21 платы с логическими модулями; блок питания центральной логики. Каждая составная часть может быть установлена отдельно в удобном для эксплуатации месте или же все они могут быть смонтированы в отдельном шкафу. По заказу потребителя в этом же шкафу могут быть установлены комплекты блоков управления приводов подач и вращения планшайбы. Питание устройства от сети 220 ± 10 % В, 50/60 Гц. Дискретность на выходе и входе 0,001 мм. Программирование по оси X — в диаметрах. Запись программы может вестись в кодах ISO или EIA.

Устройство BOSCH CNC micro 5, имея в основном исполнении ручной ввод информации с клавишного пульта управления, предусматривает как покадровый ввод, так и ввод одновременно всей программы, что удобно при обработке деталей относительно несложной конфигурации. По заказу потребителя это устройство

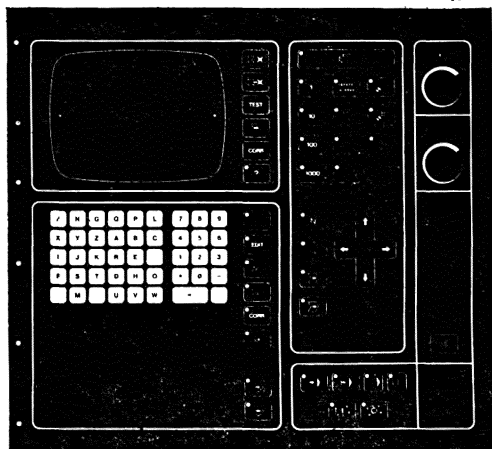


Рис. 129. Панель управления устройства ЧПУ BOSCH CNC micro 5

может быть оснащено приставкой для ввода информации с магнитной ленты в малогабаритных кассетах или же фотосчитывающим устройством ввода программы с перфоленты со скоростью считывания 125 знаков в 1 с. Информация вводится в микропроцессор — мини-ЭВМ с объемом памяти 8—48 К в зависимости от числа модулей. Это обеспечивает

хранение до 40 программ средней сложности. Введенная информация длительно хранится в RAM-памяти, что не требует каждый раз при обработке детали «прогонять» повторно ленту программноносителя. Соответствующая программа вызывается из памяти по ее номеру. Возможен ввод информации и по каналу DNC от внешнего вычислительного устройства.

При ручном вводе размерной информации все введенные значения десятичного кода находятся перед запятой. Запятая устанавливается на место нажатием соответствующих клавишей 1/10, 1/100, 1/1000. Такой ввод экономит время, позволяя не программировать нули перед и после значащих чисел. Кроме управляющей программы, в память устройства могут быть внесены повторяющиеся типовые подпрограммы, упрощающие программирование обработки. Вызов из памяти необходимой подпрограммы осуществляется нажатием клавиши или включением в программу адреса Ω с соответствующим числовым значением функции.

Программирование величин перемещений может вестись в метрической или дюймовой системе измерения непосредственно в мм/об или мм/мин, что оговаривается соответствующим адресом. Базовое исполнение предусматривает 32 коррекции длины и 32 коррекции на радиус инструмента. При этом расчет эквидистанты производится автоматически. По заказу потребителя число коррекций может быть увеличено еще на 32. Устройство позволяет компенсировать люфты в цепях приводов подач в диапазоне 0,001—0,099 мм. Установка величин компенсаций люфтов для каждой оси выполняется отдельно. Предусматривается возможность коррекции, оптимизации и редактирования программы непосредственно на станке, выдача и перезапись на магнитную ленту содержащейся

в запоминающем блоке рабочей программы, включая подпрограммы и общие коррекции. При подключении перфоратора программа может быть выдана и на перфоленде. Длительность ввода или вывода программы в полном объеме памяти 1—1,5 мин. При перезаписи отредактированной программы должны записываться также константы станка и соответствующие коррекции.

Вычислитель устройства при вводе соответствующего алгоритма может быть использован для диагностики состояния и поиска неисправностей. Для этого устройство укомплектовывается малогабаритной кассетой с магнитной лентой, на которой содержится запись математического обеспечения соответствующих исполнению устройства алгоритмов диагностики и поиска неисправности. После ввода программы диагностики на экране индицируются неисправные группы и блоки устройства. В основном исполнении это устройство предназначено для работы с ротационными или линейными импульсными фотоэлектрическими датчиками, применение которых упрощает систему управления. Однако по заказу потребителя оно может быть приспособлено и для работы с другими видами измерительных устройств: сельсинями, резольвометрами или индуктосинами.

На одной конструктивной базе с устройством *micro 5* созданы и другие УЧПУ фирмы BOSCH для управления станками токарной группы: встраиваемое в пульт управления упрощенное устройство управления по трем осям CNC Alpha 3 (габариты 370×250×175 мм) и более сложное, предназначенное для управления по шести осям, — CNC *micro 8*. Последнее устройство, имея возможность управления по трем осям одновременно и объем памяти до 124 К, позволяет производить на многооперационном карусельном станке объемную обработку — фрезерование винтовых поверхностей и другие операции.

Следует отметить, что, несмотря на значительное расширение технологических возможностей современных устройств ЧПУ, повышение их надежности при резком уменьшении габаритов и стоимости наряду с устройствами высокого уровня автоматизации управления класса CNC и DNC сохраняют широкое распространение и продолжают развиваться и совершенствоваться более простые устройства классов NC и HNC. Доля станков с ЧПУ в общем количестве выпускаемых станков возрастает, увеличивается выпуск многооперационных станков. Все большее количество станков повышенной и высокой точности оснащаются УЧПУ, поскольку только в этом случае можно стабильно обеспечить производительную и эффективную обработку сложных и точных деталей. В то же время для повышения коэффициента использования тяжелых и уникальных карусельных станков с ЧПУ необходимо, чтобы они могли работать при выключенном или временно неисправном устройстве ЧПУ.

В процессе обработки детали непрерывно изменяются как параметры динамической системы станка (величины вылетов ползунов, а следовательно, и жесткость системы СПИД, силы трения в направляющих и т. д.), так и условия резания: колеблются величины снимаемого припуска и свойства обрабатываемого материала, изнашивается режущая кромка резца. На станке с ручным управлением, оценивая складывающуюся ситуацию, рабочий вносит необходимые коррективы в режимы резания: снижает и повышает скорость подачи, частоту вращения детали или изменяет глубину врезания резца. Процесс обработки на карусельном станке с автоматизированным управлением, например на станке с ЧПУ, протекает в менее благоприятных условиях ввиду трудности обеспечения предназначенных в основном для работы в мелкосерийном и единичном производстве станков крупногабаритными заготовками со стабильными величинами припусков и однородным по всему сечению материалом. Даже у заготовок одной партии припуски колеблются в довольно широких пределах. Для исключения поломок инструмента от перегрузки и обеспечения заданной точности обработки на станке с ЧПУ заготовку предварительно обрабатывают на универсальных станках или же заведомо снижают режимы резания и вводят дополнительные проходы. Это снижает эффективность применения токарно-карусельных станков с ЧПУ по сравнению с применением станков с ручным управлением.

Для преодоления этого недостатка ведутся работы по созданию систем управления, способных автоматически приспосабливать заданный программой режим к изменяющимся условиям обработки каждой детали, используя для этого текущую информацию о фактических параметрах процесса резания. Такие самонастраивающиеся системы автоматического управления принято называть САУ, или, чаще, адаптивным управлением АС (Adaptive Control).

При всем многообразии конструктивных исполнений адаптивных систем управления их можно разбить на две группы: системы предельного регулирования режимов обработки АСС и системы оптимального регулирования АСО. У первых режимы резания (усилия подачи, крутящие моменты или мощность) поддерживаются автоматически на заданном уровне. Такое управление обычно применяют при силовой черновой обработке с неполной информацией о фактических параметрах заготовок. Реализация адаптивного управления группы АСС может быть произведена при использовании на станке устройства ЧПУ класса CNC, регулируемых приводов и необходимых датчиков обратной связи. Системы адаптивного управления группы АСО существенно более сложны по конструкции и в наладке. Их цель — свести до минимума затраты на снятие единицы объема стружки путем непрерывного поиска оптимальных режимов обработки по переменным параметрам резания: скорость резания — подача, сила резания — мощность,

сила резания — стойкость инструмента и т. д. Реализация такой системы управления возможна лишь при наличии в устройстве ЧПУ встроенной ЭВМ, а на станке — соответствующих приводов и датчиков.

При разработке системы адаптивного управления в каждом конкретном случае в первую очередь решается вопрос: что именно и по каким параметрам предполагается регулировать. Например, при силовом точении заготовки с прерывистыми кольцевыми поверхностями и неравномерными припусками целесообразно в зависимости от изменения силы резания изменять величину подачи. При чистовом точении, когда важно обеспечить точность, для выбора системы адаптации необходимо выявить доминирующий фактор, влияющий на точностные параметры: компенсацию силовых или температурных деформаций, износ инструмента и т. д. В зависимости от выбранных параметров и строится принцип управления.

На рис. 130 приведена структура системы адаптивного управления АСС, реализующая простейший алгоритм [1] $\varphi_n = 1$; $\varphi_N = 1$; $\varphi_s = \text{var}$, т. е. при обработке цилиндрической поверхности в зависимости от ее диаметра, материала детали и выбранной скорости резания соответствующим уровнем управляющего напряжения U_{n_0} задана регулируемому приводу частота вращения планшайбы n_0 . Компенсация меняющихся условий обработки (изменение твердости материала и величины припуска — глубины резания t) осуществляется изменением величины подачи s .

В связи с тем, что мощность резания $N_{\text{рез}}$ является функцией всех этих факторов $N_{\text{рез}} = F(C_{p_2} t^x N^y S^z)$, контроль за ходом обработки осуществляется измерительным устройством ΔN_i , по изменению расходуемой при обработке мощности. Сравнение в регуляторе адаптивной системы управления сигнала измерительного устройства U_{N_i} с расчетным уровнем U_{N_0} дает корректирующую команду U_{s_i} регулируемому приводу подачи и соответственно изменяет скорость подачи резца s_i . Таким образом, за счет изменения величины подачи в изменяющихся условиях обработки поддерживаются заданные сила резания и мощность.

Более или менее сложно реализуются схемы АС и другими параметрами, но все они содержат четыре принципиальные составные части: регулируемый объект 1 (см. рис. 130), измерительные устройства — датчики обратной связи 2 и соответственно регуляторы 3 и исполнительные механизмы 4.

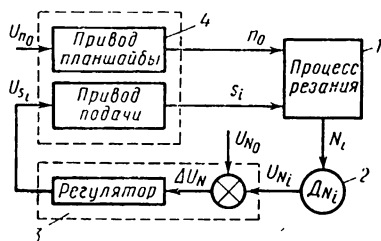


Рис. 130. Структурная схема адаптивного управления системой предельного регулирования

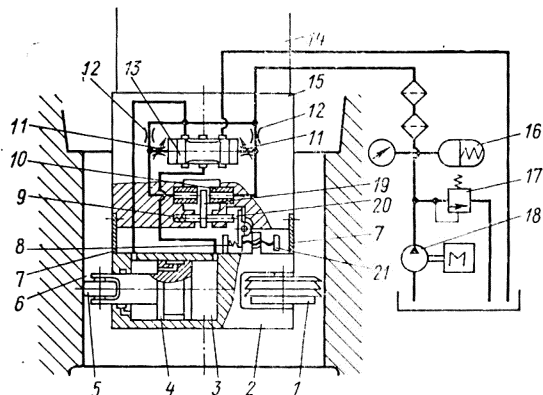


Рис. 131. Схема адаптивного устройства предотвращения прогиба ползуна при растачивании глубоких отверстий

Другим примером адаптивной системы, примененной на карусельных станках мод. 1550 Коломенского завода тяжелых станков, может служить устройство для предотвращения прогиба ползуна при растачивании глубоких отверстий [А. с. № 537264 (СССР)]. На рис. 131 приведена схема этого устройства. Режущий инструмент 1 закреплен в державке 2, подвешенной на двух плоских пружинах 7 в корпусе специального резцедержателя 15, устанавливаемого на ползуне 14 вместо стандартного. В корпусе державки размещен гидроцилиндр 3 с поршнем 4, шток которого снабжен опорным роликом 5, катящимся при работе по обрабатываемой поверхности детали. Подача масла в гидроцилиндр определяется положением золотника гидрораспределителя 13, включенного в диагональ гидравлического моста, состоящего из двух переменных — сопла 10, перекрываемых заслонкой 19, и двух постоянных дросселей 12. Регулировка скорости перемещения золотника осуществляется дросселями 11. На кронштейне инструментальной державки закреплен качающийся рычаг 20 перемещения заслонки 19. Пружины 8 и 9 выбирают зазоры в следящей системе. Регулировочный винт 21 служит для того, чтобы при разгруженных плоских пружинах 7, т. е. при отсутствии сил резания, заслонка 19 обеспечивала равновесие поршня 4 за счет соответствующего давления масла в полостях гидроцилиндра. Масло в гидросистему подается насосом 18, давление регулируется и поддерживается напорным клапаном 17 и гидроаккумулятором 16.

В процессе обработки под влиянием сил резания подвешенная на плоских пружинах державка 2 отклоняется и через рычаг 20 перекрывает заслонкой 19 правое сопло 10, давление масла в правой полости гидрораспределителя возрастает, и золотник, смещаясь влево, открывает доступ масла в правую полость гидроцилиндра. Поршень 4 смещается влево до тех пор, пока опирающийся на уже обработанную поверхность 6 растачиваемого отверстия ролик 5 не уравновесит силу резания. Положение системы восстанавливается за счет того, что в полостях гидроцилиндра 3

устанавливается перепад давлений, пропорциональный действующей силе резания. Упорный ролик 5 одновременно осуществляет роль раскатывающего устройства, снижая шероховатость поверхности.

Описанная система АС позволяет растачивать и конические отверстия с небольшим перепадом диаметров (в пределах величины хода поршня 3). При обработке таких отверстий суппорт карусельного станка поворачивается на угол, равный половине угла обрабатываемого конуса, и ползун перемещается вдоль его образующей. Инструментальную державку при этом устанавливают так же, как и при обработке цилиндрических отверстий. По мере уменьшения диаметра обрабатываемого отверстия поршень вдвигается в цилиндр. Данная система АС была применена [2] на карусельных станках, предназначенных для обработки крупногабаритных деталей из стали 35 с цилиндрическими и коническими отверстиями диаметром 315—340 мм и длиной до 550 мм. При этом вылет ползуна достигал 1650 мм. В качестве режущего инструмента использовались чашечные многокромочные резцы из стали ХВГ. Полученные при обработке с АС отклонения диаметральных размеров были в 3—4 раза меньше, чем при обработке без применения АС. Резко повышается виброустойчивость станка, так как ползун в процессе резания разгружен от изгибающих нагрузок. Чувствительность системы стабильно составляет 2—2,5 мкм.

К числу разновидностей систем АС относятся и гидростатическая смазка круговых направляющих планшайб, при которой за счет автоматического перераспределения давления масла в карманах направляющих с высокой жесткостью поддерживается постоянное положение оси вращения детали независимо от изменения величины приложенного к детали опрокидывающего момента от сил резания.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И НАСТРОЕЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Измерение диаметральных размеров крупногабаритных деталей. Измерение обычными средствами больших диаметральных размеров обрабатываемых на карусельных станках деталей представляет собой довольно трудоемкую операцию, требующую определенных навыков у исполнителя и не дающую достаточную достоверность результатов измерения [17]. В связи с этим в последнее время появился ряд специальных измерительных устройств, позволяющих механизировать процесс измерения и повысить его достоверность.

Один из таких приборов для измерения больших диаметральных размеров, показанный на рис. 132, работает по принципу обкатки роликом окружности измеряемой поверхности. Ролик диаметром 40; 80 или 100 мм, обкатываясь без проскальзывания по окружности измеряемой поверхности 1, приводит во вращение круговой индуктивный датчик или же круговую оптическую

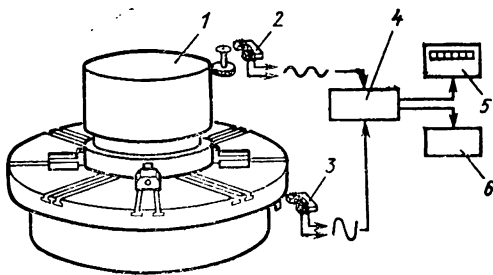


Рис. 132. Принципиальная схема устройства с обкатным роликом для измерения деталей больших диаметров

шкалу фотоэлектрического датчика 2. Измерение можно производить за один оборот детали или, что точнее, за несколько оборотов с фиксацией среднего из полученных значений. Отсчет количества оборотов обрабатываемой детали выполняет датчик 3, суммирование отсчитанных импульсов — вычислительный блок 4. Результаты измерения выдаются на табло цифровой индикации 5 и на записывающее устройство 6. Кроме абсолютного значения размера, схема прибора позволяет получать на табло индикации разность между заданными и фактически полученными размерами. Наличие у измерительного прибора вводного устройства позволяет подключать его, как датчик обратной связи, к УЧПУ. Точность измерения диаметра при соответствующих условиях может достигать 0,001 мм.

Значительно упрощаются измерения при обработке на станках с ЧПУ, где само управляющее устройство после привязки его координатной системы к базовым поверхностям обрабатываемой детали является измерительной системой и выдает в процессе обработки на табло цифровой индикации абсолютные или относительные линейные и диаметральные размеры обрабатываемых поверхностей. Возможность замены режущего инструмента в резцедержателе контактным измерительным щупом позволяет непосредственно на станке осуществить полный контроль размеров обработанной детали. При этом независимо от ее размеров точность измерения соответствует точности работы системы станок—УЧПУ, т. е. сотым или даже тысячным долям миллиметра, что особенно эффективно при обработке сложных крупногабаритных деталей с криволинейными участками контура.

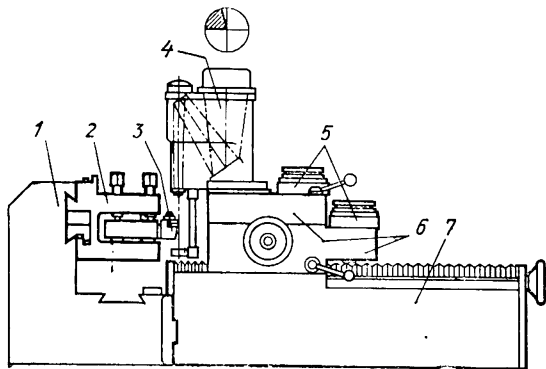
Настройка вылета инструмента. У станков с автоматическим управлением (станки с УЦИ, УЧПУ, специальные станки и т. п.) для сокращения затрат времени на настройку их при подготовке к работе или при замене изношенных инструментов применяют специальные настроечные приспособления. На рис. 133 показана принципиальная схема прибора для предварительной настройки вылета инструмента в инструментодержателе — настройка инструмента вне станка. Имитирующий ползун кронштейн 1 с посадочными местами для точной фиксации инструментодержателя 2 с устанавливаемым резцом 3 жестко закреплен на корпусе прибора 7. Режущие кромки инструмента вводятся в поле зрения микроскопа 4, их изображение за счет перемещения крестовых кареток

суппорта прибора *б* совмещается с перекрестием визира на экране микроскопа, увеличивающего изображение инструмента в масштабе 10 : 1, а у некоторых конструкций и больше. Величины вылетов режущих кромок по осям *X* и *Z* отсчитываются по шкалам лимбов *5*.

При настройке инструмента возможны два варианта. При первом варианте резец крепится в резцедержателе произвольно. Отсчитанные по лимбам величины вылетов заносятся в паспорт резцедержателя и при установке последнего на станок вводятся как величина коррекции на вылет инструмента в память УЧПУ. При втором варианте микроскоп устанавливается на приборе так, чтобы перекрытие визира имело координаты вылета инструмента, заданные в технологической карте наладки станка. Резец выставляется в резцедержателе по изображению на экране и закрепляется в таком положении. Это обеспечивает установку его вылета с точностью до 0,01—0,001 мм. Настроенные таким образом инструментодержатели обеспечивают взаимозаменяемость инструментов при замене сломанных или изношенных без последующей поднастройки размеров, что очень важно для станков с автоматическим управлением.

Для этой же цели служит и приведенное на рис. 134 устройство настройки вылета инструмента непосредственно на станке, состоящее из осветителя, закрепленного под направляющими поперечины, и оптической системы с экраном, смонтированной в откидной кронштейн. При работе станка для защиты от отлетающей стружки прибор складывается и располагается вдоль плоскости поперечины. Для настройки вылета кронштейн поворачивают вокруг оси и устанавливают перпендикулярно плоскости направляющих. При этом оптическая система и перекрестие экрана имеют заранее выверенное и жестко фиксируемое положение относительно оси вращения планшайбы, координаты которого известны. Закрепленный в установленном в ползуне резцедержателе резец вводится в прибор между осветителем и оптической системой, и его изображение проецируется в увеличенном виде на экран. Масштаб

Рис. 133. Схема прибора для настройки вылета инструмента в резцедержателе вне станка



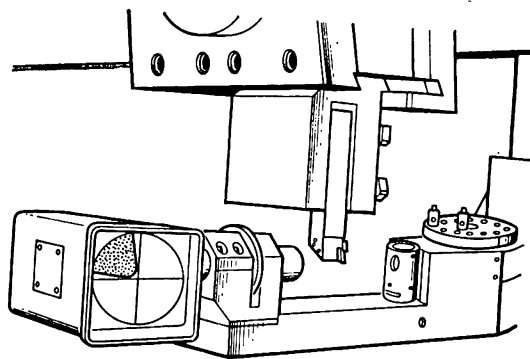


Рис. 134. Схема прибора для настройки вылета инструмента в резцедержателе на станке

увеличения принят 6 : 1 или 10 : 1. Действуя переключателями перемещения суппорта, добиваются точного совмещения проекций режущих кромок с перекрестием на экране. Полученная разность координат положения суппорта на табло цифровой индикации станка и известных координат положения настроечного прибора является величиной, вводимой в память УЧПУ коррекции. Достоинством такого прибора является и то, что он позволяет периодически в ходе обработки проверять степень износа резцов, не снимая их со станка.

ЗАГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

В связи с большими массой и размерами, а также разнообразной формой обрабатываемых на универсальных токарно-карусельных станках деталей установка их на планшайбе и снятие обычно осуществляются цеховыми мостовыми кранами. На специальных карусельных станках небольших типоразмеров, специализированных на постоянной технологически однотипной номенклатуре обрабатываемых деталей, для уменьшения простоев в ожидании крана предусматривают подъемно-поворотные загрузочные устройства типа консольных кранов или напольных манипуляторов. У средних и крупных универсальных станков с целью обеспечения процесса точной установки — центрирования крупногабаритной детали на планшайбе по заказу потребителя со станком поставляется переносное гидравлическое или электромеханическое приспособление — толкатель. Толкатель, установленный рядом со станком на фундаменте, развивает при включении достаточно большую силу на штоке и сдвигает устанавливаемую на планшайбе заготовку в нужном направлении, обеспечивая совмещение оси заготовки с осью вращения планшайбы.

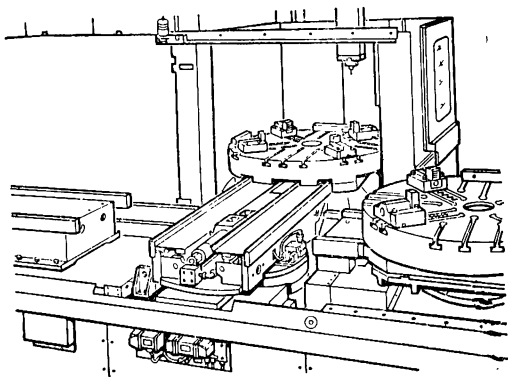
Для уменьшения времени на снятие и установку детали некоторые фирмы оснащают станки малых и средних типоразмеров съемной планшайбой с устройством для точного ее центрирования на верхнем диске шпинделя — основании планшайбы, а также быстродействующим зажимом крепления сменной планшайбы

к диску шпинделя. Такое устройство позволяет не только быстро осуществлять замену планшайб различного назначения (универсальной четырехкулачковой на трехкулачковую и т. п.), но и при укомплектовании станка несколькими сменными планшайбами (палетами) производить наиболее трудоемкие операции процесса загрузки — центрирование и крепление заготовки на планшайбе вне станка на отдельном стенде. После этого палета с заготовкой мостовым краном или другим механизмом устанавливается на станок и крепится прихватами к диску шпинделя.

На многооперационных карусельных станках фирмы TOSHIBA мод. ТМС-13А загрузочное устройство представляет собой установленный рядом со станком загрузочный стол с манипулятором для смены палеты — планшайбы с закрепленной на ней заготовкой (рис. 135). Наибольшая масса заготовки 4000 кг. Станок укомплектовывается двумя палетами диаметром 1250 мм. Одну из них устанавливают на основание планшайбы (диск шпинделя), а другую на загрузочный стол. Для точного базирования палеты на верхней поверхности диска шпинделя предусмотрены два расположенных по диагонали вертикальных фиксатора. Гидравлическое прижимное устройство, опуская палету на фиксаторы, жестко прижимает ее к основанию.

Пока одна палета с деталью находится на станке в обработке, на другой, стоящей на загрузочном столе, производится установка, центрирование и закрепление следующей заготовки. По окончании обработки и остановке вращения палета с обработанной деталью автоматически отсоединяется от шпинделя и перемещается гидравлическим захватом по направляющим планкам на рукав поворотного манипулятора. Скорость движения — до 10 м/мин. Рукав манипулятора поворачивается со скоростью 4,3 об/мин в сторону свободной позиции стола и гидравлическим толкателем сдвигает палету на стол. Затем на манипулятор втягивается вторая палета с установленной новой заготовкой и подается на стол станка. Общее время смены палет составляет 1,75 мин. Управление манипулятором осуществляется как переключением рукояток вручную,

Рис. 135. Загрузочный стол с манипулятором для смены планшайб станков серии ТМС фирмы TOSHIBA



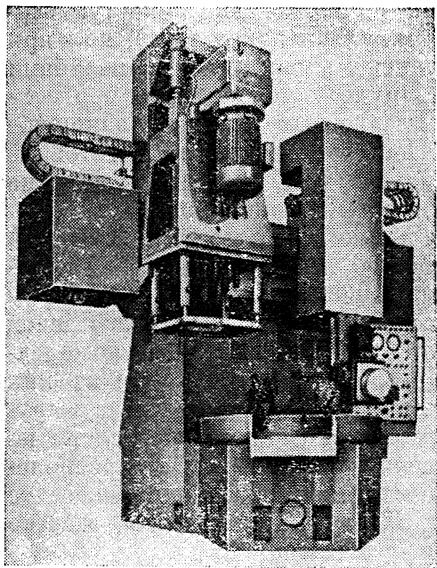


Рис. 136. Многооперационный станок мод. JU — 10F фирмы JUNGENTHAL

так и от управляющего станком устройства ЧПУ, что позволяет встраивать станок ТМС-13А в автоматически обрабатывающий комплекс.

МНОГООПЕРАЦИОННЫЕ КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ

При обработке крупногабаритных деталей время, затрачиваемое на переустановку детали с одного станка на другой для выполнения последующих операций, точную ее установку и закрепление, близко к машинному времени обработки, а с увеличением

массы детали и повышением точности изготовления иногда даже больше. Для межоперационного хранения заготовок занимают производственные площади цеха, а для выполнения такелажных работ требуются дополнительно рабочие. Создание многооперационных станков-универсалов, выполняющих различные виды обработки (токарную, фрезерную, сверлильную, расточную и др.) на одном станке без переустановки детали, решает эти вопросы. Такие многооперационные станки на базе токарно-карусельных станков различных компоновок созданы рядом фирм [18].

Простейший многооперационный станок мод. JU-10F фирмы JUNGENTHAL (рис. 136) предназначен для обработки корпуса вагонной буксы. Правый вертикальный суппорт с четырехгранной револьверной головкой растачивает отверстия и подрезает торцовые поверхности корпуса буксы, а многшпindelный сверлильный левый вертикальный суппорт, базируясь по остановленной в нужном положении обрабатываемой детали, за один проход «обсверливает» все предусмотренные чертежом отверстия. На верхней части ползуна расположен привод сверлильной головки, состоящий из редуктора со сменными шестернями и электродвигателя. Вся обработка идет в автоматизированном цикле с ручным вводом программы. Для быстрого и надежного крепления обрабатываемой детали вместо стандартной планшайбы применено специальное быстрозажимающее самоцентрирующее приспособление. Конструкция станка предусматривает возможность установки револьверного суппорта с пятигранной револьверной головкой, вертикального суппорта со встроенным в ползун расточным шпин-

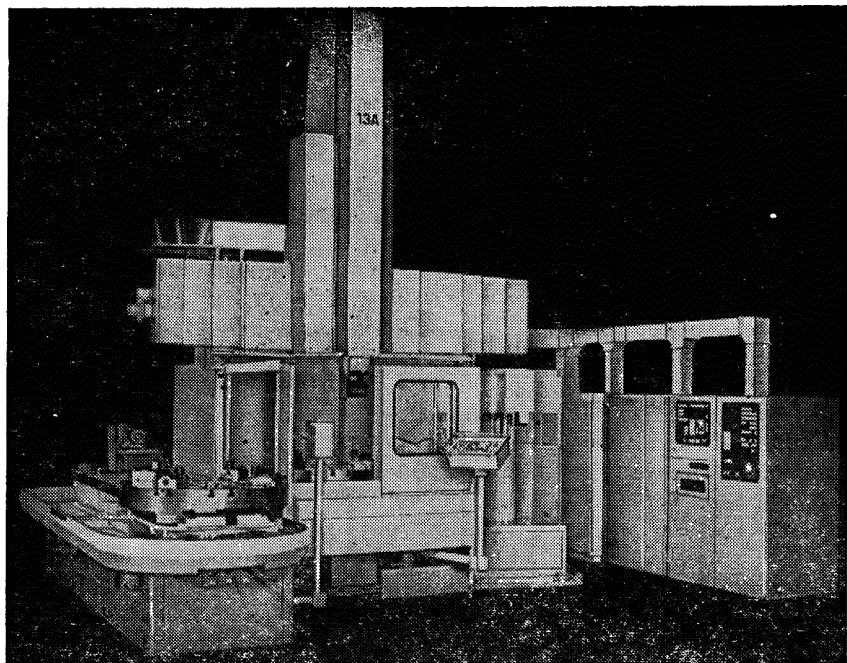


Рис. 137. Многооперационный станок мод. ТМС-13А фирмы TOSHIBA

делем, шлифовального суппорта, вертикального сверлильного суппорта с автоматически поворачивающейся трехгранной револьверной головкой, на которой набраны нужные комбинации сменных многошпиндельных сверлильных или резьбонарезных насадок, и другие узлы.

Многооперационные карусельные станки с автоматической сменой обрабатываемой детали диаметром до 1400 мм мод. ТМС-13А (рис. 137) выпускает фирма TOSHIBA. По компоновке — это одностоечный карусельный станок с неподвижной поперечиной, с одним универсальным крестовым вертикальным суппортом повышенной жесткости. Внутри полого квадратного сечения ползуна размещен шпиндель привода сменных фрезерных, расточных и сверлильных головок. Частота его вращения $63\text{—}1000\text{ мин}^{-1}$. Автономный электродвигатель шпинделя мощностью 5,5 кВт установлен непосредственно на суппорте. Станок предназначен для токарных, расточных, фрезерных и сверлильных работ. Для автоматической смены инструментальных оправок с предварительно настроенными инструментами под правым крылом поперечины на отдельной стойке установлен 16-позиционный инструментальный магазин. Высота рабочего пространства под поперечиной 800 мм. Наибольшая масса детали 4 т. Частота вращения план-

платформы по заказу потребителя может быть выполнена в пределах от 8—160 до 12,5—250 мин⁻¹, а скорость углового проворота платформ при фрезеровании — 1500 градусов в минуту. Сила резания на суппорте не должна превышать 20 кН, так как наибольший крутящий момент на платформе составляет 12 кН·м. Мощность главного привода 37 кВт.

Особенностью станка является наличие двух сменных платформ-палет диаметром 1250 мм и установленного рядом со станком загрузочного стола с поворотным рукавом для смены палет. Во время обработки на станке первой детали на второй платформе (сменной платформе), лежащей на загрузочном столе, ведется установка, центрирование и крепление следующей заготовки. По окончании цикла обработки загрузочное устройство снимает первую платформу с уже обработанной деталью на загрузочный стол, а вторую платформу с закрепленной на ней заготовкой устанавливает на станок. После точного центрирования палета жестко соединяется со шпинделем станка. Станок готов к обработке заготовки, цикл продолжается. Управление циклом осуществляется от трехосевого (оси X, Z и C) контурного устройства ЧПУ мод. TOSNUK-410 класса DNC. Дискретность устройства 0,001 мм. Масса станка 25,5 т.

Фирма SCHIESS—FRORIER выпускает многооперационный одноосевой станок с консольной поперечной мод. «Сферомилл» для обработки деталей диаметром до 10 м. Имея пять управляемых от контурного устройства ЧПУ осей рабочего движения и три оси для установочных перемещений, этот станок обеспечивает токарную обработку, фрезерование, сверление и нарезание резьбы на крупногабаритных деталях сложной формы с высотой до 3,4 м. Стойка перемещается относительно стола по направляющим основания, позволяя вести обработку как в центре детали, так и на ее периферии. Стол имеет движение рабочей подачи по направляющим основания перпендикулярно плоскости поперечины на длину 6,4 м, что позволяет вести фрезерные работы в различных направлениях.

На подвижной поперечине расположен универсальный вертикальный суппорт со сменной револьверной головкой. Суппорт снабжен автономным регулируемым в широких пределах частоты вращения приводом вращения инструмента. Револьверная головка может быть заменена устанавливаемой под любым углом фрезерно-сверильной или же специальной фрезерной головкой с управляемым от устройства ЧПУ поворотом, что позволяет вести объемное фрезерование. Поворотный ползун суппорта может быть установлен под углом как в одну, так и в другую сторону. Помимо главного движения — вращения детали при токарной обработке, платформа позволяет осуществлять медленный проворот — движение подачи при круговом фрезеровании, может останавливаться и фиксироваться в любом заданном положении для внецентровой обработки.

Развитие ядерной энергетики и атомного машиностроения потребовали создания специальных карусельных станков для обработки крупногабаритных цилиндрических деталей — камер атомных реакторов, парообразующих установок, турбин и генераторов. Имея сложную форму с круговыми криволинейными поверхностями, многочисленные отверстия, платики, вваренные патрубки и фланцы, детали этих машин по технологическому процессу подвергаются токарной, фрезерной обработке, растачиванию, шлифованию и сверлению. При больших габаритах и массе переустановка таких деталей со станка на станок связана с большой трудоемкостью и надолго занимает мостовые краны в цехах. Для решения этой проблемы ряд фирм выпускает специализированные крупногабаритные многооперационные станки, представляющие собой комбинацию токарно-карусельного и фрезерно-расточного станков, что позволяет снизить затраты вспомогательного времени при обработке.

Так, фирма SCHIESS—FRORIER выпускает для этих целей модель 80DV, имеющую компоновку одностоечного станка с консольной поперечиной (рис. 138). Стол станка имеет две планшайбы с отдельными приводами: внутреннюю диаметром 2,8 м и кольцевую наружную диаметром 6,5 или 8 м. Пределы частот вращения планшайбы 0,2—20 мин⁻¹. Мощность регулируемого двигателя главного привода 140—160 кВт. Обе планшайбы снабжены устройствами позиционирования угла поворота и жесткой фиксации заданного положения. Стойка станка с перемещающейся по ее направляющим консольной поперечиной имеет возможность сдвигаться по направляющим основания относительно стола, обеспечивая обработку деталей диаметром 7—16 м. Наибольшая высота устанавливаемой детали 10 м, а ее масса 315—400 т.

Поперечина снабжена поворотным на угол 30° вертикальным комбинированным суппортом с приводом вращения встроенного в ползун шпинделя мощностью 37—40 кВт. Диапазон бесступенчатого изменения подач 0,05—400 мм/мин, или 0,005—50 мм на один оборот планшайбы. На ползуне сечением 460×460 мм предусмотрена возможность установки кроме токарных резцедержателей широкой гаммы расточных, сверлильных и фрезерных головок, снимаемых и устанавливаемых специальным подъемным приспособлением, управляемым с платформы расположенного вдоль поперечины помоста. Ползун суппорта позволяет произвести всю необходимую наружную обработку детали, а также обработку внутри ее на глубине до 2,8 м от верхнего торца.

Для полной внутренней обработки детали по всей высоте станок укомплектовывают дополнительной переносной стойкой меньшего размера с перемещающимся по вертикальным направляющим вторым универсальным горизонтальным суппортом. Эта стойка может быть установлена и закреплена на плите фундамента рядом со столом для наружной обработки или же опущена во внутреннюю полость обрабатываемой детали и закреплена на остановленной

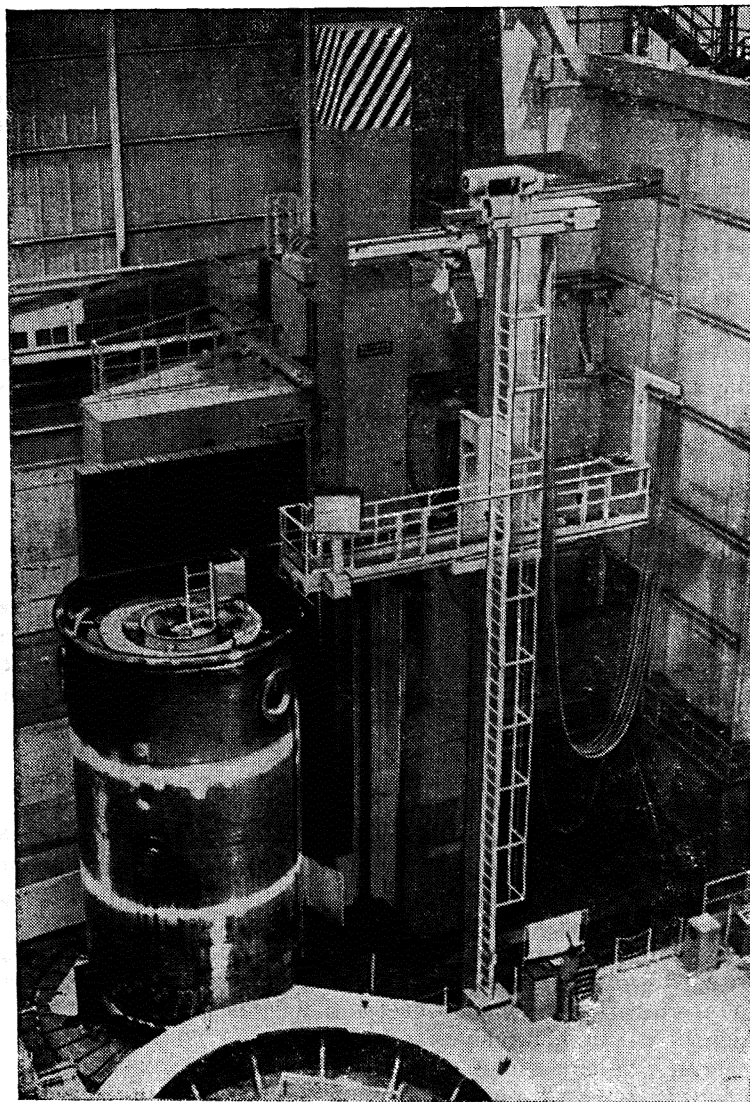


Рис. 138. Многооперационный станок мод. 80DV фирмы SCHIESS — FRORIEP

центральной (внутренней) планшайбе стола. В этом случае обработку детали изнутри ведут при вращении ее на наружной кольцевой планшайбе. Диапазон диаметров растачивания при этом составляет 3,5—5 м, а высота обработки — до 6 м.

По заказу потребителя на направляющих основной стойки под поперечиной устанавливается горизонтальный суппорт со

встроенным в ползун шпинделем и приводом мощностью 45 кВт. Горизонтальный ход ползуна 2500 мм. На ползуне, кроме обычных токарных, сверлильных и фрезерных головок для обработки патрубков диаметром до 2500 мм с горизонтальной осью, может быть установлена планшайба с радиально перемещающимися от отдельного электродвигателя ползушками для крепления режущего инструмента. Для компенсации перекосов суппорта при изменении вылета ползуна с навешенной на него планшайбой суппорт уравнивается изменяющим свое положение и развиваемое усилие гидроцилиндром (см. рис. 70).

Управление станком осуществляется от установленного на фундаменте рядом со столом стационарного пульта контурного устройства ЧПУ в режимах автоматизированного управления или с ручным вводом программы, а также дублирующих пультов управления, установленных на платформах суппорта поперечины и суппорта переносной дополнительной стойки. Подъем рабочего на платформу поперечины производится лифтом.

Фирма MORANDO для аналогичных целей выпускает многооперационный карусельный станок с двумя стойками, перемещающимися по направляющим, расположенным с обеих сторон стола оснований (рис. 139). Станок комплектуется еще и третьей дополнительной переносной стойкой, устанавливаемой при необходимости внутренней расточки высокой детали на центральной планшайбе. Наибольший диаметр обрабатываемой на этом станке детали — до 7 м и масса — до 150 т. По вертикальным направляющим левой стойки перемещается левый горизонтальный токарный суппорт с длиной хода ползуна 1000 мм. Вертикальный ход суппорта 6225 мм. Привод подач этого суппорта — регулируемый двигатель постоянного тока мощностью 7,4 кВт — обеспечивает бесступенчатое изменение рабочих подач и установочных перемещений от 0,5 до 2000 мм/мин. Горизонтальное перемещение левой стойки на расстояние до 1000 мм осуществляется со скоростью до 300 мм/мин от асинхронного электродвигателя мощностью 19 кВт. По вертикальным направляющим правой стойки перемещается с длиной хода 6225 мм правый горизонтальный фрезерно-расточный суппорт. Ход борштанги этого суппорта 500 мм, мощность регулируемого двигателя постоянного тока привода подач суппорта 7,4 кВт, диапазон регулирования скоростей подачи и установочных перемещений 0,5—2000 мм/мин, ход перемещения правой стойки 1500 мм со скоростью 300 мм/мин.

Стол станка имеет две вращающиеся независимо или совместно планшайбы — центральную и кольцевую наружную диаметром 5 м. Частота вращения планшайб изменяется бесступенчато в пределах 0,2—20 об/мин регулируемым двигателем постоянного тока мощностью 90 кВт с переключением четырех ступеней перебора в коробке скоростей. Кроме того, обе планшайбы имеют устройство для поворота на заданный угол. При внутренней обработке полая деталь устанавливается на вращающейся наружной планшайбе,

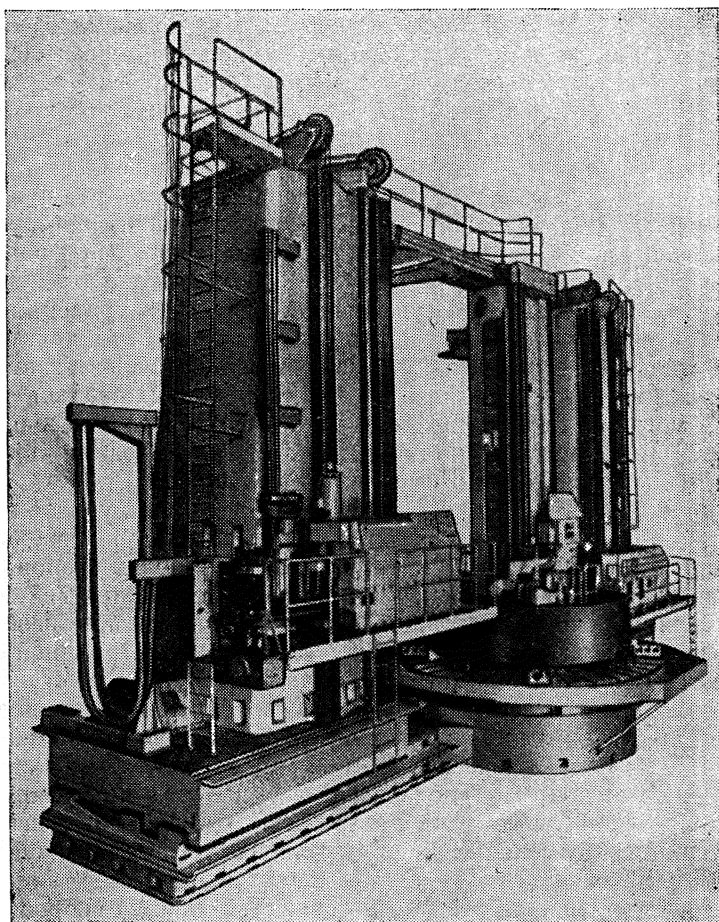


Рис. 139. Многооперационный станок фирмы MORANDO

а переносная стойка закрепляется на остановленной внутренней планшайбе. На вертикальных направляющих дополнительной переносной стойки устанавливается третий универсальный горизонтальный суппорт с токарным ползуном и шлифовальной головкой. Вертикальное перемещение этого суппорта на высоту до 5500 мм осуществляется двигателем мощностью 7,4 кВт со скоростью рабочей подачи 5—50 мм/мин. Скорость установочного перемещения 500 мм/мин. Горизонтальный токарный ползун имеет ход 840 мм со скоростью подачи от 5 до 50 мм/мин. Шлифовальная головка предназначена для установки круга диаметром до 500 мм, шириной 63,5 мм и имеет индивидуальный привод мощностью

11 кВт. Горизонтальный ход этой головки 920 мм со скоростью подачи 0,25 мм/мин обеспечивает двигатель постоянного тока мощностью 0,75 кВт. Дублирующие друг друга пульта управления станком расположены на каждом из трех суппортов. Масса станка около 400 т.

Фирма DÖRRIES создала многооперационный станок путем комбинации одностоечного станка с консольной поперечиной и подвижным столом серии SDE и стойки тяжелого фрезерно-расточного станка, которая может перемещаться по направляющим стеновой плиты, расположенной позади станка. Такое совмещение двух станков различного назначения позволяет выполнять с одной установки на планшайбу разнообразные работы на деталях с широкой гаммой диаметральных размеров. Диаметр планшайбы стола 7000 мм, наибольший диаметр устанавливаемой на планшайбу детали 8400 мм, высота ее 7000 мм, масса — до 300 т. Изменение частоты вращения планшайбы осуществляется двигателем постоянного тока с тиристорным регулированием. Мощность привода вращения планшайбы при токарной обработке 150 кВт. Позиционирование и медленный проворот планшайбы при фрезеровании производится дополнительным вспомогательным регулируемым приводом постоянного тока, фиксация положения планшайбы после позиционирования — гидравлическими прихватами.

Карусельный станок имеет на консольной поперечине вертикальный суппорт с длиной хода ползуна 3000 мм. Угол поворота корпуса суппорта 30° в ту и другую стороны от вертикальной оси. Внутри ползуна встроены фрезерный шпиндель с конусом ISO 60 для крепления хвостовика инструмента. Вращение шпинделю сообщается автономным регулируемым двигателем постоянного тока мощностью 37 кВт. Кроме фрезы, на торце ползуна может быть закреплена приводимая в движение от шпинделя угловая фрезерная головка, имеющая возможность поворота до 360° вокруг вертикальной оси и до 180° вокруг горизонтальной оси, что позволяет вести обработку поверхностей, находящихся практически в любом положении.

Кроме фрезерной, на ползуне может быть установлена шлифовальная головка с приводом мощностью до 15 кВт. Суппорт перемещается по поперечине на комбинированных направляющих. Силы резания воспринимают направляющие скольжения, а точность перемещения обеспечивают роликовые направляющие. Для уменьшения прогибов поперечины и стойки под влиянием массы перемещающегося по поперечине суппорта стойка снабжена нагрузочным гидравлическим устройством — противовесом. Нагрузка изменяется по командам УЧПУ в зависимости от положения суппорта на поперечине.

По фрезерно-расточной стойке перемещается по вертикальным направляющим горизонтальный суппорт с выдвигающимся ползуном прямоугольного сечения 600 × 750 мм; горизонтальное переме-

чение ползуна 1600 мм. Внутри ползуна размещается вращающийся шпиндель диаметром 200—400 мм. Величина выдвигания шпинделя — до 1500 мм, мощность привода шпинделя 120 кВт. Стойка перемещается по плите основания-стенда вдоль оси X на длину до 20 м. Привод перемещения — гидростатическая червячная передача с гидромотором. По окончании перемещения стойка закрепляется гидравлическими прихватами.

Направляющие вертикального и горизонтального перемещения суппортов и ползунов, а также перемещения стойки — замкнутого типа с гидростатической смазкой, что обеспечивает высокую жесткость и безвибрационную работу станка. В системе гидростатической смазки используется дроссельное раздельно-поточное регулирование давления. Перемещение суппортов производится ходовыми винтами. Массы вертикально перемещающихся узлов уравниваются гидроцилиндрами.

Характерными для обрабатываемых на этих многооперационных станках деталей являются их большие массы, продолжительность (до нескольких суток) процесса и сложность обработки отдельных элементов поверхностей, что затрудняет программирование обычными способами и требует выполнения расчетов пространственных траекторий перемещения инструментов на ЭВМ. Все это определяет компоновку центра узлами и широкое оснащение дополнительными приспособлениями, расширяющими технологические возможности обработки. Фрезерно-расточный суппорт укомплектовывается широким набором сменных головок. Для подрезки торцовых поверхностей растачиваемых отверстий с горизонтальной осью применяют подрезные головки с перемещающейся в поперечном направлении ползушкой, боковые фланцы патрубков больших диаметров (до 3500 мм) обрабатывают летучими суппортами, угловые фрезерные головки могут обрабатывать сверлами или фрезами как вертикальные, так и горизонтальные поверхности, резцедержатель позволяет работать фрезерному ползуну как обычному горизонтальному токарному суппорту. Таким образом, этот суппорт посредством дополнительных приспособлений может выполнять операции сверления, растачивания под любым углом, наружную обработку плоскостей, пазов, замкнутых канавок и других сложных контуров. Управление вращением планшайбы и движениями суппортов одновременно по трем осям координат осуществляется устройством ЧПУ класса CNC. Для удобства работы на пульте управления предусмотрена возможность ручного ввода заданий.

При необходимости обработки крупногабаритных деталей внутри предусмотрена возможность установки и закрепления стойки фрезерно-расточного станка на вращающейся планшайбе. В этом случае деталь кольцевой формы устанавливают и крепят на неподвижных стендовых плитах.

Многооперационный станок для обработки деталей диаметром до 5000 мм и высотой до 2000 мм на базе карусельного станка

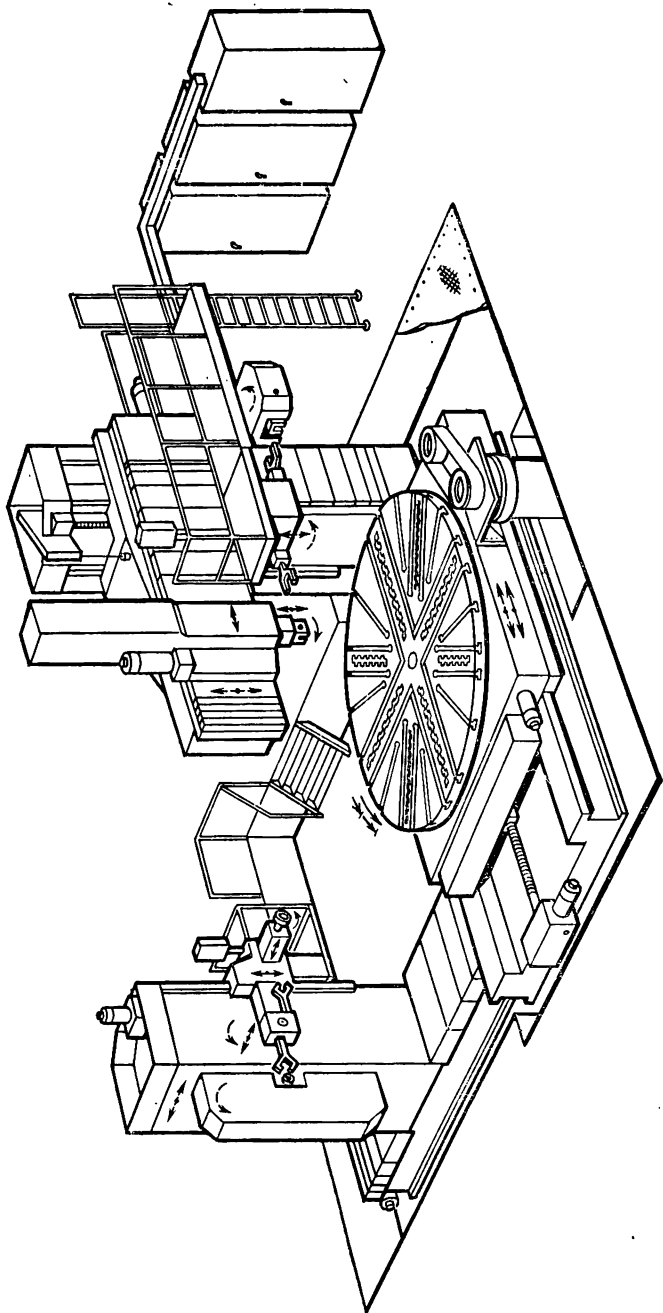


Рис. 140. Многооперационный станок с наибольшим диаметром обработки 5000 мм

(рис. 140), разработанный Краснодарским станкостроительным заводом им. Седина, в зависимости от заказа потребителя комплектуется одним вертикальным или же вертикальным и горизонтальным комбинированными суппортами, осуществляющими токарные, фрезерные, расточные и сверлильные операции на наружных, внутренних и торцовых поверхностях обрабатываемой детали. При этом обработка отверстий, пазов и окон различной формы может выполняться как на концентричных оси вращения планшайбы поверхностях, так и вне ее центра. Установка режущих инструментов производится вне станка, в сменных инструментальных головках, закрепляемых на торцовой поверхности ползуна. Вертикальный суппорт перемещается по направляющим консольной поперечины, переставляемой по высоте. Корпус суппорта с ползуном имеет дистанционно управляемый механизм поворота на углы от $+45$ до -15° от вертикального положения в автоматическое крепление в заданном положении. Внутри ползуна, кроме механизма автоматического крепления сменных расточных, фрезерных и сверлильных головок, расположен регулируемый в широких пределах частот вращения вал привода этих головок. Смена инструментальных головок осуществляется автооператором в процессе цикла обработки автоматически из магазина цепного типа.

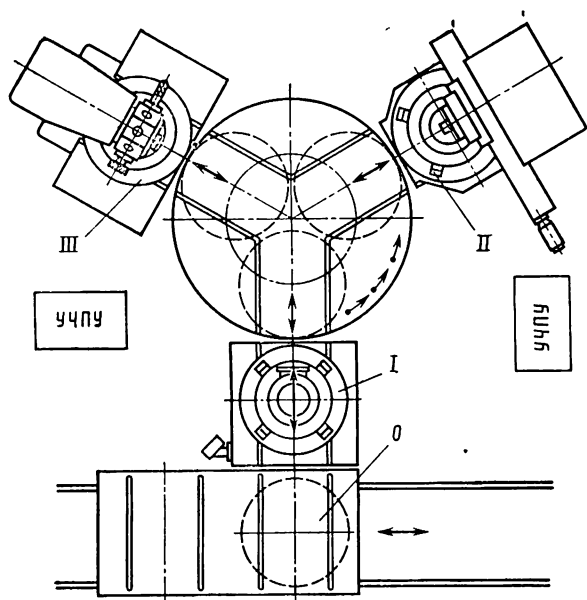
Горизонтальный суппорт перемещается по вертикальным направляющим дополнительной стойки; он выполнен одинаково с вертикальным суппортом. Приводы подач суппортов — регулируемые в широких пределах двигателя постоянного тока. Стол станка может перемещаться по направляющим основания параллельно плоскости поперечины. Это обеспечивает рациональную установку стола при обработке деталей диаметром меньше диаметра планшайбы (или же до 5 м) и возможность фрезерования плоскостей на боковых поверхностях деталей. Планшайба диаметром 2800 мм вращается на круговых направляющих с гидростатической смазкой и имеет два отдельных привода: обычный для токарных работ и привод медленного вращения при круговом фрезеровании и угловом позиционировании. Станок может работать как в режиме ручного управления с преднабором команд и индикацией обрабатываемых размеров (исполнение МФ1), так и в автоматическом режиме с управлением от контурного устройства ЧПУ с восемью осями рабочих и установочных движений (исполнение МФ4).

ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

В последние годы ведутся работы по созданию «безлюдных», управляемых от ЭВМ, автоматизированных комплексов металлообрабатывающего оборудования. Такие комплексы обеспечивают обработку деталей широкой номенклатуры, осуществляя без

Рис. 141. Схема обрабатывающего комплекса фирмы TOSHIBA:

0 — тележка подачи заготовок со склада и вывоза готовых изделий;
 I — загрузочный стол;
 II — карусельный станок;
 III — фрезерно-сверлильный обрабатывающий центр



участия человека все операции — от доставки с автоматизированного склада заготовок и установки их на станок до отправки готовых деталей на склад.

На рис. 141 изображен обрабатывающий комплекс, состоящий из токарно-карусельного и сверлильно-фрезерного станков, предназначенный для обработки лобового щита электродвигателя наружным диаметром 800 мм. Работа комплекса управляется устройством ЧПУ. Между станками установлен поворотный стол загрузчика-автооператора. Заготовки предварительно устанавливаются и крепятся на съемных планшайбах — палетах и размещаются в ячейках автоматизированного склада, откуда по команде ЭВМ выдают автоматизированными тележками (позиция 0) на приемный промежуточный стол комплекса (позиция I). По окончании обработки ранее установленных на станках деталей все три палеты одновременно смещаются гидравлическим устройством на стол автооператора, сходясь по направляющим к его центру. Автооператор поворачивается на 120° , после чего палеты расходятся от центра; при этом новая заготовка поступает на карусельный станок (позиция II) для осуществления первой операции — полной токарной обработки. Автоматические прихваты жестко соединяют планшайбу-палету и установленную на ней заготовку со шпинделем станка. Уже прошедшая первую операцию заготовка поступает на сверлильно-фрезерный станок (позиция III) для выполнения второй операции, а прошедшая вторую операцию полностью готовая деталь выдается на промежуточный стол для возврата на склад.

При необходимости число входящих в комплекс станков может быть и больше двух.

Таким образом, процесс обработки детали выполняется в автоматическом цикле без участия рабочих-станочников. Персонал, обслуживающий комплекс, выполняет только подготовительные работы по настройке инструментальных блоков и зарядке их в инструментальные магазины, установке заготовок на палеты, а также проводит профилактическую проверку механизмов комплекса.

Автоматизированные обрабатывающие комплексы позволяют обеспечить круглосуточную работу оборудования при работе основного обслуживающего персонала в одну смену.

Наряду с производством универсальных токарно-карусельных станков, предназначенных для широкого круга потребителей с разнообразной номенклатурой обрабатываемых деталей, выпускают также станки, приспособленные для обработки конкретных видов деталей. Специализация станка на определенной продукции или даже на отдельных технологических операциях позволяет создать наиболее благоприятные условия обработки конкретной детали в соответствии с выполняемыми операциями путем набора узлов и приспособлений, их компоновки и рационально подобранных режимов. При этом, как правило, значительно упрощается кинематика по сравнению с кинематикой универсального станка.

Специальные станки могут быть разбиты на две группы. Первая группа — станки, имеющие конструкцию, специфичную для обработки только одного вида деталей. Однотипность выполняемых операций позволяет автоматизировать цикл обработки и выполнять станки в виде высокопроизводительных автоматов. Такие станки целесообразно создавать только для применения в массовом производстве. Примером их являются специальные карусельные станки для обработки железнодорожных колес. Вторая группа — специализированные станки, созданные на базе универсальных заменой отдельных узлов или добавлением новых специального назначения. В результате такого переоснащения эти станки могут быть использованы для разнообразных работ, и их применение оправдывается при серийном производстве.

СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВАГОННЫХ КОЛЕС

Вагонные колеса по общепринятой технологии наиболее удобно обрабатывать на станках карусельного типа. Специфичные особенности конструкций колес и их массовый выпуск привели к созданию специальных высокопроизводительных станков различных исполнений. По назначению их можно разделить на станки по обработке центров и бандажей сборных колес, станки для первичной обработки цельнокатаных стальных колес, станки для чистового растачивания и подрезания ступицы колеса, а также универсальные станки для ремонтной обработки колес.

Заводы нашей страны производят вагонные колеса наиболее надежной, цельнокатаной стальной конструкции. Это и определяет

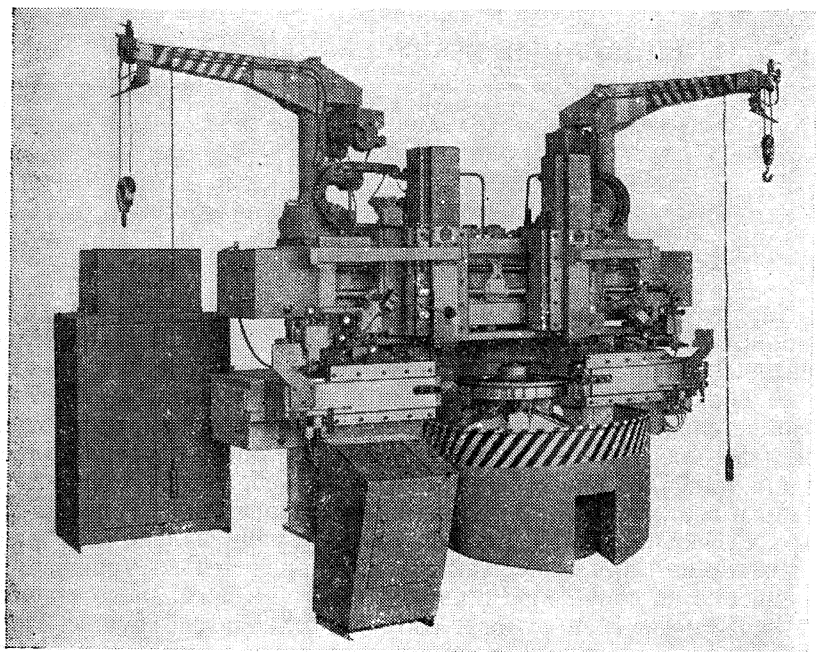


Рис. 142. Карусельный полуавтомат для обработки цельнокатаных вагонных колес мод. 1Б502С

типаж карусельных станков для обработки колеса. Для первичной механической обработки прокатанной заготовки выпускают унифицированные по узлам и деталям станки-полуавтоматы мод. 1Б502С и 1Д502С (рис. 142). Техническая характеристика станков приведена в табл. 10. При установке конвейеров для перемещения заготовок и агрегата для закалки обода колеса из нескольких станков мод. 1Б502С и 1Д502С комплектуют высокопроизводительные поточные линии.

На полуавтомате мод. 1Б502С в зависимости от принятого у заказчика технологического процесса и установленной наладки обрабатывается наружная или внутренняя сторона колеса (рис. 143). При этом выполняется обработка торца ступицы и ее наружной поверхности с переходом на диск, боковых поверхностей обода с наружной стороны колеса, профиля катания и гребня обода, поверхности обода с переходом на диск. При необходимости станок может быть налажен для обработки поверхности всего профиля диска (на схеме траектория резца показана штрихпунктирными линиями). Центрирование и закрепление заготовки производятся тремя кулачками самоцентрирующей планшайбы, работающими на разжим и захватывающими колесо за внутреннюю поверхность обода. Для повышения надежности крепления колесо

притягивается к планшайбе сверху прижимом, расположенным в центре планшайбы и проходящим через отверстие в ступице. Привод кулачков и прижима — гидромеханический, от двух гидроцилиндров, соосно расположенных внутри полого шпинделя планшайбы. Привод вращения планшайбы состоит из редуктора со сменными шестернями и регулируемого двигателя постоянного тока.

Станок имеет два вертикальных и два горизонтальных (боковых) суппорта с электрокопировальными устройствами для обработки

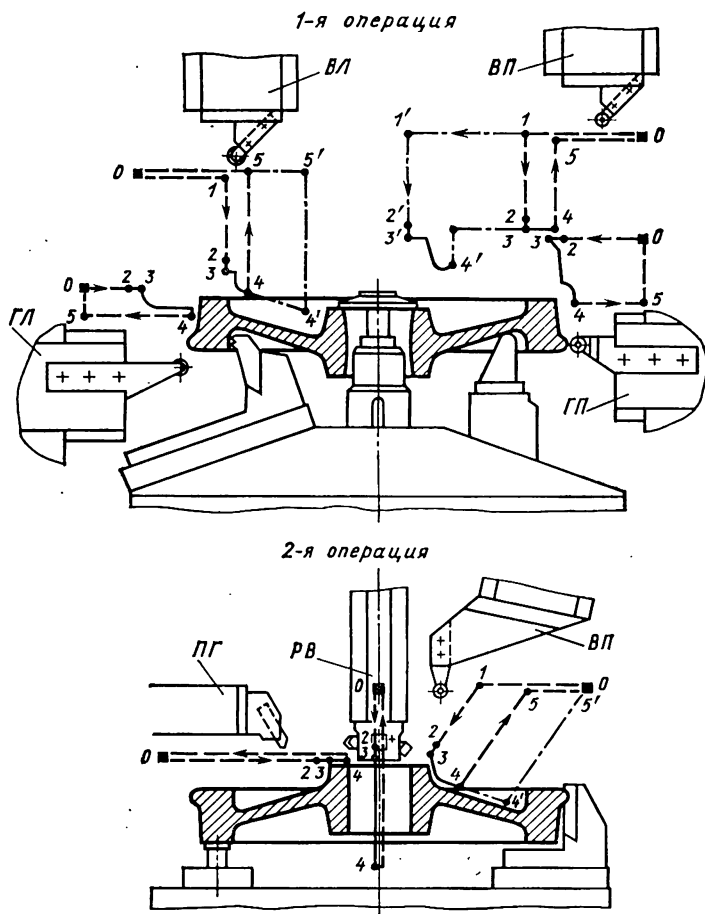


Рис. 143. Схемы обработки цельнокатаного вагонного колеса на станках мод. 1Б502С (1-я операция) и 1Ц502С (2-я операция):

суппорты: ВЛ — вертикальный левый, ВП — вертикальный правый, ГЛ — горизонтальный левый, ГП — горизонтальный правый, РВ — расточный вертикальный, ПГ — подрезной горизонтальный; О — исходное положение резца; 0-1-2 — траектория ускоренного подвода; 2 — точка включения рабочей подачи; 3-4 — траектория резца при обработке; 4-5-0 — траектория ускоренного отвода; 1'-2'-3'-4'-5' — траектория резца при обработке всего профиля диска

Параметр	Модель станка				
	1Б502С	1Д502С	1А501	КС 274	КС 412
Диаметр обрабатываемого колеса, мм	830— 1 058	830— 1 058	830— 1058	До 1250	До 1600
Число суппортов	4	3	2	1	2
Частота вращения планшайбы, об/мин	24—27,4	35,5—89 44—110	5—200	8,7—34,8 24—104	4—200
Крутящий момент на планшайбе, Н·м	36 800	11 680	3000	9200	2500
Мощность главного привода, кВт	110	55	55	30	30
Скорости подач суппортов	19—144	21— 2615	0—290	0,5—2,0	0,03— 12,5
Число ступеней	6	мм/мин Бесступенчатое		мм/об 6	18
Габариты станка, мм:					
ширина	7515	7515	1740	2760	3030
длина	6050	6050	4000	4807	3017
высота	4330	4830	4205	3790	4100
Масса, т	45	44	18	18,6	20,3

криволинейных поверхностей. Для обеспечения вертикальных и горизонтальных перемещений каждый суппорт снабжен своей коробкой подач. Настройка величины подачи согласно принятому технологическому процессу производится сменными шестернями, что вполне оправдано при массовом производстве колес. Управление станком осуществляется со стационарного пульта. Станок может работать в режимах ручного или автоматического поддержания цикла. Средняя часовая производительность полуавтомата 1Б502С — обработка пяти колес диаметром 950 мм. Для установки и снятия колеса с планшайбы станок укомплектован двумя консольно-поворотными кранами с электромеханическими приводами грузоподъемностью 1 т. Наличие двух кранов сокращает время смены заготовки: один кран предназначен для снятия обработанного колеса с планшайбы и передачи на конвейер, другой — для загрузки новой заготовки.

Полуавтоматы мод. 1Д502С предназначены для обработки другой стороны колеса после полуавтомата 1Б502С. Снятые с этих станков колеса проходят операцию закалки обода и устанавливаются на трехкулачковую самоцентрирующую планшайбу станка 1Д502С, базирясь по уже обработанным наружным поверхностям обода, что обеспечивает при обработке соосность^{*} поверхностей другой стороны и растачиваемого отверстия[^] ступицы колеса. Зажим кулачков осуществляется электромеханическим устройством. Обработка ведется тремя суппортами. Правый, вертикальный, с установленным под углом ползуном выполняет обработку ступицы, а при надобности — и всего профиля диска. Левый, вертикальный, суппорт закреплен на поперечине по оси вращения

планшайбы и предназначен для растачивания отверстия в ступице. Растачивание осуществляется при вертикальном перемещении ползуна с борштангой и закрепленными на ней четырьмя резцами. Горизонтальный суппорт установлен на станине основания под поперечиной и при горизонтальном перемещении ползуна выполняет подрезку торца ступицы. Каждый суппорт имеет свою коробку подач. Приводы подач ползунов расточного и горизонтального суппортов осуществляются от бесступенчато регулируемых двигателей постоянного тока. Величина подачи правого копировального суппорта настраивается сменными шестернями коробки подач.

Станок может работать в универсальном и автоматическом режимах. Управление станком осуществляется со стационарного пульта. Для установки и снятия колеса предусмотрены два консольно-поворотных крана грузоподъемностью по 1 т, управляемых со своих подвесных пультов. Средняя производительность полуавтомата 1Д502С при обработке колес диаметром 950 мм составляет 9,7 колеса в час.

Для защиты оператора от выделяющейся при обработке пыли и мелкой окалины полуавтоматы 1Б502С и 1Д502С снабжены устройством для отсоса воздуха из зоны резания. Вентиляционное устройство представляет собой два расположенных под поперечной воздухозаборника, выведенных на заднюю сторону станка и подключенных к общецеховой отсасывающей системе вентиляции. Для предохранения от засорения стружкой отверстия воздухозаборников защищены сеткой. Удалению пыли из зоны резания способствует автоматически поднимающийся полукруглый щит ограждения, полностью закрывающий зону обработки при включении вращения планшайбы.

Для цехов, где производится напрессовка колес на ось, изготавливают станки мод. 1А501 для чистового растачивания отверстия и подрезки ступицы колеса. Имея два суппорта — неподвижный расточный и с перемещающимся ползуном горизонтальный, этот станок производит окончательную обработку ступицы колеса, зажатого в кулачках самоцентрирующей планшайбы, обеспечивая с высокой точностью заданные размеры отверстия ступицы.

Если отдельные заготовки имеют отклонения от заданной формы и их экономически нецелесообразно обрабатывать в напряженном ритме конвейерных линий колесопрокатных цехов на станках 1Б502С, предусматривают установку в общей технологической цепи специальных станков мод. КС 274 с расширенными возможностями обработки. Имея достаточную мощность и легко перестраиваясь с одной операции на другую, созданные на базе узлов станка 1Б502С, станки мод. КС 274 осуществляют доработку заготовки, ликвидируя отклонения от заданной формы [16].

Специфика и разнообразие ремонтных работ на железных дорогах потребовали создания специальных станков на базе универсальных карусельных. Так, на базе одностоечного токарно-

карусельного станка мод. 1516 был создан станок мод. КС 412, оснащенный самоцентрирующей планшайбой, электрокопировальным устройством и набором инструментальных наладок для выполнения практически всех токарных операций при ремонте вагонного колеса.

Технологически подобными вагонным колесам, но более сложными в обработке из-за наличия двух реборд являются ходовые колеса мостовых кранов. Увеличение выпуска этих грузоподъемных машин и высокая трудоемкость обработки ходового колеса из стальной отливки на универсальных токарно-карусельных станках вызвали необходимость в специальных станках повышенной мощности. Такие станки-полуавтоматы созданы на базе мод. 1Б502С с широкой унификацией узлов и предназначены для черновой обработки крановых колес диаметром 710—1000 мм. На первом станке, имеющем два вертикальных и один боковой суппорт, выполняется в поддерживаемом автоматически цикле подрезка торца ступицы и обода колеса, обработка внутренней поверхности обода — создание технологического пояса для крепления колеса на втором станке, а также частично снимается припуск на наружной поверхности. На втором станке, имеющем два вертикальных и два боковых суппорта с электрокопировальными устройствами, в автоматическом цикле производится растачивание отверстия в ступице с подрезкой другой стороны торца и обода колеса, а также обработка в четыре прохода профиля катания и реборды. Центрирование и автоматическое крепление колеса осуществляются в самоцентрирующей планшайбе с электромеханическим зажимом.

Станки обеих моделей работают в ручном универсальном и полуавтоматическом режиме. Органы дистанционного управления станками сосредоточены на стационарных пультах. Для установки и снятия колес на станках предусмотрено по два консольно-поворотных крана. Штучное время полной обработки одного кранового колеса диаметром 710 мм с переустановкой со станка на станок составляет 1 ч 33,5 мин, что в 2,5—3 раза меньше времени обработки этого колеса на универсальных станках.

Кarusельные станки для обработки вагонных колес выпускаются и за рубежом. Фирма SCHIESS—FRORIEP на базе универсальных одностоечных станков выпускает специализированный карусельный станок мод. 18DE 140HS/NC повышенной мощности для обработки цельнокатаных колес. Технические данные станка приведены в табл. 11. Изменяя инструментальную наладку и опорные кулачки на планшайбе, станки настраивают на обработку внутренней или наружной поверхности колеса. Полная обработка от чернового до чистового обтачивания профиля катания и растачивания отверстия ведется в автоматическом цикле. Обычно станки настраивают попарно: первый — для обработки одной стороны колеса, второй — для обработки другой стороны.

Станок имеет мощную станину с неподвижной поперечиной. Направляющие поперечины — накладные, из закаленных стальных шлифованных полос. По поперечине перемещаются два жестких крестовых суппорта с четырехгранными револьверными головками размером 400×400 мм. В пазах головок крепятся резцы сечением 50×50 мм. Отжим, поворот и прижим головок осуществляются автоматически, сила прижима для обеспечения безвибрационной работы станка при снятии стружки большого сечения регулируется в пределах до 200 кН. Крепление колеса при обработке осуществляется трехкулачковой самоцентрирующей планшайбой с пневматическим зажимным устройством, обеспечивающим рабочий цикл: предварительный зажим (центрирование) — разжим — полный зажим. Для автоматизации цикла обработки станки оснащают контурной системой числового программного управления по двум осям суппортов. Устройство имеет переключатели для ввода восьми коррекций вылета инструмента.

Для механизации процесса загрузки заготовки и снятия обработанного колеса станки могут быть укомплектованы полуавтоматическими манипуляторами. Манипулятор представляет собой перемещающуюся перед станком по рельсам платформу, на которой установлена механическая рука для захвата колеса. Рука перемещается по колонке вверх и вниз. Захват имеет механизм зажима и устройство для поворота колеса на 90° (из вертикального в горизонтальное положение) или на 180° для переворота и установки колеса на втором станке (для обработки другой стороны). Манипулятор укомплектован двумя перемещающимися по рельсам дистанционно управляемыми тележками, каждая — с пятью сек-

Т а б л и ц а 11

Параметры	Фирма, модель			
	SCHEISS - FRORIEP	HEGENSCHEIDT		
	18DE140 HS/NC	RQQS	RQQ	RQ
Диаметр обрабатываемого колеса, мм, не более	1800	1300	1300	1300
Число суппортов	2	3	2	1
Частота вращения планшайбы, мин ⁻¹	4--250	9--224	9--224	9--224
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	42	40	40	30
Мощность главного привода, кВт	125	125	125	63
Скорости подачи суппортов, мм/мин	0,05--400	0,1--800	0,1--800	0,1--800

Примечание. Подача бесступенчатая.

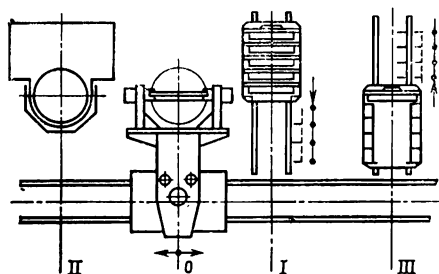


Рис. 144. Схема автоматизированного комплекса для обработки вагонных колес фирмы SCHIESS — FRORIEP

циями пазов для установки в вертикальном положении в вертикальном положении пяти обрабатываемых колес. Левая тележка (рис. 144) служит для подачи на станок заготовок, а правая — для укладки после обработки снимаемых со станка колес. Управление перемещениями манипулятора и тележек осуществляется станочником-оператором с пульта управления станком. Привод движения механизмов манипулятора и тележек электрический. Точная остановка в рабочих позициях тележек и манипулятора (II, 0, I, III) фиксируется датчиками обратной связи. После израсходования заготовок левая тележка заменяется новой, а правая отправляется на место левой к станку для обработки другой стороны колеса.

Фирма HEGENSCHIEDT (ФРГ) выпускает гамму специальных токарно-карусельных станков мод. RQQS, RQQ и RQ (табл. 11). Станки RQQS и RQQ однотипны по конструкции и отличаются только тем, что первый имеет три суппорта (два вертикальных на поперечине и один правый боковой), а у второго бокового суппорта нет. На станке RQQS полностью обрабатывается наружная сторона цельнокатаного колеса или диска сборного колеса с растачиванием отверстия ступицы и обработкой профиля катания обода. На станке RQQ обрабатывается внутренняя поверхность колеса или диска, а также может быть расточен бандаж сборного колеса. Односуппортный станок RQ позволяет осуществить все эти операции, но за более длительное время.

Станки гаммы по заказу потребителя укомплектовывают планшайбой диаметром 1400 или 1650 мм соответственно для обработки колес, имеющих диаметр поверхности катания 710—1300 мм. Изменение частот вращения планшайбы бесступенчатое за счет применения регулируемого привода постоянного тока и трехступенчатого перебора с гидравлическим переключением шестерни. Максимальная сила резания вертикального левого суппорта 50 кН, вертикальных правого и бокового суппортов — 65 кН. Сечение применяемых резцов 50×50 мм.

Для повышения жесткости конструкции станка станина отлита заодно со столом. На мощную, с развитой привалочной базой станину установлена поперечина с суппортами; направляющие поперечины — накладные стальные закаленные планки. Суппорты перемещаются пылезащищенными шариковыми винтовыми передачами, приводимыми в движение высокомоментными приводами постоянного тока с тиристорным регулированием. Ползуны суп-

портов имеют габариты сечения 420×300 мм и снабжены четырехпозиционными револьверными головками с автоматическим поворотом. Загрузка заготовки колеса на станок осуществляется с помощью входящего в комплект станка поворотного крана — укосины.

Управление станком осуществляется в наладочном режиме кнопками с подвесного кнопочного пульта, а в полуавтоматическом — от штеккерной системы числового программного управления типа DATA —MODUL.

При массовом производстве колес фирма рекомендует применять автоматические комплексы, состоящие из двух станков RQQS и RQQ и манипулятора с загрузочной тележкой. На рис. 145 показана планировка такого комплекса. Тележка-накопитель 1 подвозит по рельсовому пути партию заготовок колес к кантователю 3. Шаговое устройство обеспечивает периодическую ее подачу на один шаг, подставляя очередную заготовку к выталкивающему устройству 2. Выталкиватель выдает заготовки в приемник кантователя 3, предназначенного для изменения положения заготовок.

Манипулятор 5 имеет двурукий захват, поворачивающийся вокруг своей вертикальной оси и перемещающийся по вертикали. Кроме того, тележка манипулятора при движении по рельсовому пути вдоль фронта станков останавливается в трех фиксированных положениях: I, II и III. При остановке в положении I манипулятор одним захватом берет со стола кантователя очередную заготовку и после перемещения в положение II вторым свободным захватом снимает с планшайбы станка 6 обработанное с одной стороны колесо. Установив на планшайбу этого станка новую заготовку, манипулятор перемещается в позицию III к станку 8. Свободный захват манипулятора опускается на полностью обработанное колесо и снимает его с планшайбы, другой захват, перевернув на 180° снятое с первого станка колесо, устанавливает его на освобожденную планшайбу. После этого манипулятор поворачивается и ставит на стол кантователя снятое со станка 8 обработанное колесо. Кантователь поднимает колесо в вертикальное положение, а толкатель 4 сдвигает его на освобожденную позицию тележки-накопителя. Манипулятор перемещается в пози-

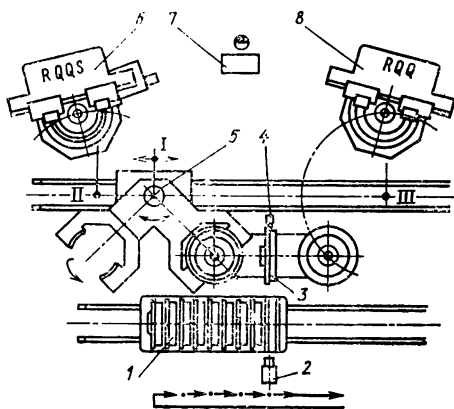


Рис. 145. Схема автоматизированного комплекса для обработки вагонных колес фирмы HEGENSCHIEDT

цию 1, тележка смещается на один шаг, и цикл повторяется. Управление комплексом осуществляется в ручном или автоматическом режиме с пульта управления 7. Опасная зона работы манипулятора ограждена барьером.

Карусельные полуавтоматы мод. ККА 125, КВВ, 125 и ККА 160 станкостроительного завода RAFAMET (ПНР) предназначены для обработки в автоматическом цикле цельнокатаных и сборных железнодорожных колес, имеющих соответственно диаметры поверхности катания 600—1200 и 800—1600 мм. Полуавтоматы снабжены четырьмя суппортами. Верхний правый суппорт предназначен для копировальной обработки за два прохода наружной поверхности ступицы колеса, диска и обода, правый боковой суппорт — для черновой копировальной обработки поверхности катания цельнокатаного колеса или обработки центра сборного колеса по посадочному диаметру. Левый боковой суппорт производит чистовую обработку поверхности катания колеса, левый вертикальный суппорт растачивает за два прохода начерно посадочное отверстие ступицы колеса или центра.

На таком же станке, но с другими кулачками на планшайбе, для крепления детали снаружи производится и вторая операция — обработка за два прохода внутренней стороны колеса или центра правым вертикальным суппортом, а также чистовое растачивание отверстия ступицы. Пределы частот вращения планшайбы у станков ККА 125 и ККА 160 соответственно 3,15—125 и 2,5—100 мин⁻¹, число ступеней подач — 6, в пределах от 0,4 до 3,15 мм/об. Частота вращения расточного шпинделя 50—280 мин⁻¹, пределы изменения его подач 0,14—0,8 мм/об. Мощность электродвигателей главного привода 75 кВт, а привода расточного шпинделя — 13 кВт.

Расчетная продолжительность обработки цельнокатаного колеса, имеющего диаметр поверхности катания 1050 мм составляет 77 мин, в том числе первая операция 42 мин и вторая 35 мин. Обработка криволинейных поверхностей ведется электрокопировальными устройствами типа HEID по устанавливаемым на ползунах суппортов шаблонам. Настройка величин ходов суппортов производится кулачками с конечными выключателями, устанавливаемыми на размер в пазах специальных кронштейнов поперечины. Загрузка заготовок колес на планшайбу осуществляется установленным на станке консольно-поворотным краном.

Завод RAFAMET выпускает также двухсуппортные полуавтоматы мод. КОВ 125 для обработки посадочных поверхностей бандажей сборных колес. Диаметр планшайбы у этих станков 1800 мм, пределы диаметров растачиваемых отверстий 500—1250 мм. Этот же завод выпускает односуппортные станки WLB 130 для чистового растачивания посадочного отверстия в колесе.

Предприятие TITAN (СРР) на базе узлов универсального одностоечного станка мод. SC-17 выпускает автоматизированный станок повышенной мощности мод. SC-17TF с планшайбой диаметром 1450 мм, предназначенный для обработки цельнокатаных

железнодорожных колес и других аналогичных деталей с наибольшим диаметром точения 1700 мм и высотой 550 мм. Мощность главного привода 100 кВт. Станок имеет моноблочную со столом станину. Сверху закреплена неподвижная поперечина с двумя вертикальными суппортами. Левый вертикальный суппорт — универсальный, с ползуном для установки одного резцедержателя, правый — с универсальной четырехгранной револьверной головкой с автоматическим поворотом. Справа на направляющих станины расположен универсальный боковой суппорт с ручным поворачивающимся резцедержателем. Все три суппорта снабжены электрокопировальными устройствами типа HEID. На левой стороне поперечины сверху размещен загрузочный поворотный кран, на правой стороне — подвесной кнопочный пульт управления станком.

ПЕРЕНОСНЫЕ НАКЛАДНЫЕ КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ

В ряде случаев очень большие габариты деталей исключают возможность их установки на станок, однако на этих деталях необходимо обрабатывать с достаточно высокой точностью цилиндрические, конические поверхности, а также поверхности с криволинейным контуром. Например, на опорной платформе тяжелого экскаватора необходимо обрабатывать отверстие со сложным контуром опоры поворотного механизма. В этих случаях незаменимы специальные переносные накладные карусельные станки, устанавливаемые непосредственно на обрабатываемую крупногабаритную деталь. В нашей стране выпускаются несколько типоразмеров таких станков — мод. КС 302, КС 303 (рис. 146) и др. Их основные технические характеристики приведены в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Параметры	Модель		Параметры	Модель	
	КС 302	КС 303		КС 302	КС 303
Диаметр растачиваемой поверхности, мм	1040—1670	1250—2500	Наибольшая сила резания, кН Высота сечения резца, мм Мощность главного привода, кВт Масса станка, т Габариты станка, мм: длина ширина высота	13	15
Диаметр наружной обтачиваемой поверхности, мм	330—950	510—1900		40	40
Глубина обработки, мм	150	150		17	30
Число скоростей планшайбы	4	4		8	10
Частота вращения планшайбы, мин ⁻¹	4—14	4—14		3315	4050
Число суппортов	1	2		2400	3200
Число ступеней подачи	4	4		1550	1730
Скорость рабочих подач, мм/об	0,16—0,65	0,16—0,65			

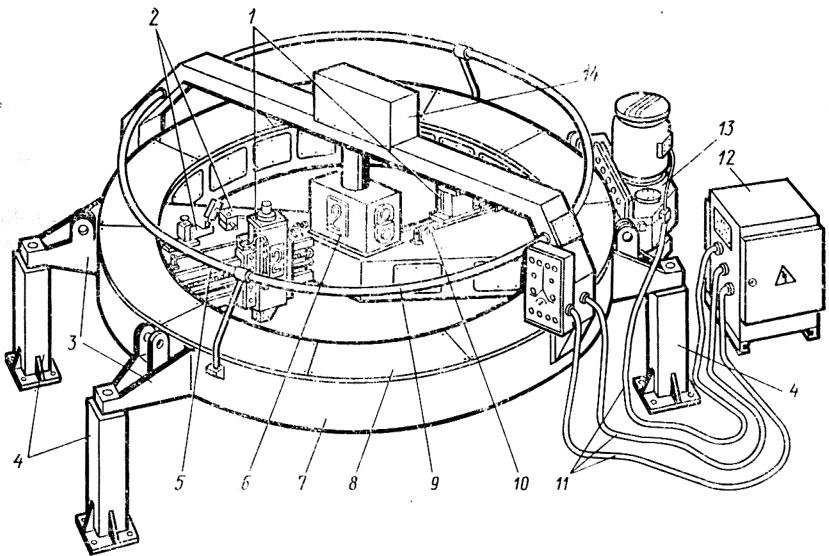


Рис. 146. Накладной карусельно-расточный станок мод. КС 303:

1 — суппорты; 2 — электрокопировальное устройство к суппорту № 2; 3 — опоры станка; 4 — технологические подставки; 5 — кольцевая планшайба с направляющими для радиального перемещения суппортов; 6 — коробка подач; 7 — кольцевой корпус — основание станка; 8 — кольцевая площадка оператора; 9 — поручни ограждения; 10 — устройство для работы по упорам суппортом № 1; 11 — кабели электропитания механизмов переносного станка; 12 — электрощкаф; 13 — коробка скоростей планшайбы; 14 — коллектор токоподвода к вращающейся планшайбе

Станки предназначены для выполнения неглубокого обтачивания и растачивания цилиндрических, конических, а при использовании копировального устройства и криволинейных поверхностей, протачивания торцов и прорезания канавок.

При обработке станок устанавливается своими опорами на деталь и закрепляется на ней прихватами. На V-образных направляющих кольцевого основания вращается кольцевая планшайба с направляющими для суппортов. Вращение планшайбы осуществляется закрепленной на ней венцовой шестерней от установленной на боковой поверхности основания четырехступенчатой коробки скоростей с асинхронным двигателем. Установленные на направляющих планшайбы суппорты имеют два движения: перемещение суппорта в радиальном направлении от центра или к центру планшайбы и движение ползуна вверх или вниз. Смонтированная на планшайбе коробка подач с автономным электродвигателем сообщает суппорту четыре скорости рабочих подач в пределах 0,16—0,65 мм на один оборот планшайбы и быстрые установочные перемещения. Управление вращением планшайбы, подачами суппортов и копированием дистанционное, с пульта управления, расположенного на основании. Токоподвод к вращающимся

с планшайбой двигателям осуществляется через центральный коллектор. По заказу потребителя к станку поставляется устройство для работы по упорам.

КАРУСЕЛЬНО-ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Отдельную группу карусельных станков составляют карусельно-шлифовальные станки, предназначенные для окончательной обработки деталей, имеющих поверхности с точными размерами, а также деталей из труднообрабатываемых высокопрочных и жаропрочных материалов. Станки этой группы выпускают заводы нашей страны и зарубежные фирмы. Наибольшее распространение получили карусельно-шлифовальные станки фирмы BERTHIEZ различного исполнения: комбинированные карусельные с токарными и шлифовальными суппортами, станки серий VGM и VGBM только с шлифовальными суппортами и шлифовальные станки широкого назначения серии ROP, komponуемые из стандартных модулей.

Комбинированные одностоечные карусельные станки снабжены двумя вертикальными суппортами на консольной поперечине: шлифовальным и обычным — токарного типа. Достаточно высокие мощность и жесткость конструкции станка позволяют производить на нем необходимые токарные операции, а затем, не снимая обрабатываемой детали, осуществлять чистовую шлифовальную обработку цилиндрических, конических и криволинейных поверхностей. Станки снабжаются суппортами с вертикальной и горизонтальной осями вращения шлифовального круга. При этом, как правило, шлифовальную головку можно устанавливать под нужным углом.

Карусельно-шлифовальные станки серии VGM изготовляют с диаметрами планшайбы 1200, 1400, 1800 и 2000 мм. Основание стола у этих станков жестко связано с развитой по ширине станиной, а поперечина перемещается по направляющим станины с помощью червячных редукторов и винтовых пар. Точность горизонтального положения поперечины обеспечивается фиксацией ее на расположенных с двух сторон станины опорных рейках. Планшайба опирается на прецизионный опорный подшипник большого диаметра с цилиндрическими роликами. Для повышения жесткости системы этот подшипник имеет предварительную натяжку через пружинную тарельчатую шайбу и второй опорный роликоподшипник.

Точное центрирование планшайбы осуществляется двухрядным роликоподшипником с коническим отверстием. Радиальное биение планшайбы не превышает 5 мкм. Во избежание вибрации обрабатываемой детали вращение планшайбы осуществляется специальной зубчато-ременной передачей от червячного редуктора с регулируемым гидравлическим приводом. Крепление обрабатываемой детали производится при помощи механических прихватов и устанавливаемых на планшайбе кулачков или же на специальной

магнитной планшайбе с усилием порядка до 0,5 МПа. Усилие притяжения магнитов регулируется. По специальному заказу станки с магнитными планшайбами укомплектовывают приборами для размагничивания обработанных деталей.

Для повышения точности перемещения и жесткости салазки суппортов и направляющие ползуна снабжены роликовыми танкетками с предварительным натягом. Станки укомплектовываются шлифовальными головками или суппортами с шлифовальными бабками, которые могут быть повернуты вручную на угол в пределах соответственно 180 или 90°. Вращение шлифовального шпинделя осуществляется клиноременной передачей от асинхронного двигателя. Изменение частоты вращения шпинделя производится заменой шкивов. По специальному заказу станки могут быть поставлены с регулируемым в пределах 1 : 3 электроприводом мощностью 11; 17 или 22 кВт.

Возвратно-поступательное перемещение шлифовальной бабки осуществляется в пределах заданной величины хода в автоматическом режиме шариковой винтовой передачей, приводимой в движение через редуктор от регулируемого электродвигателя. Движение подачи в заданном направлении по осям осуществляется электродвигателями автоматически на заданную величину перемещения. Устройство, управляющее циклом, выдает электродвигателю заданное количество импульсов с дискретностью 0,001 мм, соответствующее величине перемещения. Перед достижением заданной координаты подача замедляется для обеспечения точного останова, а затем отключается. Устройство позволяет задать в постоянную память до 25 точек координат, которые сохраняются в памяти до 72 ч после отключения электропитания. Скорость подачи может быть выбрана в пределах 10—2500 мм/мин.

Для повышения удобства управления станки снабжены УЦИ положения круга по двум осям. Устройство индикации имеет «плавающий ноль», т. е. начало отсчета размеров может быть выбрано в любой удобной точке.

На станках предусмотрена система подачи СОЖ в зону шлифования для охлаждения детали и очистки круга. Объем подаваемой СОЖ — до 120 л/мин. Очистка СОЖ производится магнитным сепаратором, а при обработке диамагнитных материалов — центробежным фильтром.

Исполнение станков серии VGBM — одностоечное с подвижным столом, что позволяет за счет сдвига стола по неподвижному основанию при диаметре планшайбы 1600—2250 мм обеспечить шлифование деталей диаметрами соответственно до 3250 и 5000 мм.

Серию карусельно-шлифовальных станков модульного исполнения ROP представляют станки, собранные из стандартных элементов — модулей, с планшайбой диаметрами 1250, 1600, 2000 и 2500 мм и предназначенные для внутреннего и наружного шлифования цилиндрических и конических деталей. Конструктивное исполнение столов и суппортов станков серии ROP аналогично

исполнению станков серии VGM. Мощность привода поворота планшайбы 4,8 кВт, а привода шлифовальных головок — 11; 17 или 22 кВт при диаметре круга до 600 мм.

Карусельно-шлифовальные станки фирмы DÖRRIES выпускаются в одностоечном исполнении (серия VSE с планшайбой диаметром от 800 до 2000 мм и соответственно диаметром детали от 1150 до 2200 мм) и в двухстоечном исполнении (серия VS с планшайбой диаметром 2000—3000 мм и диаметром обрабатываемой поверхности до 4000 мм). По специальным заказам фирма изготавливает карусельно-шлифовальные станки с планшайбой диаметром до 8 м для обработки деталей диаметром до 16 м, высотой до 6 м при мощности шлифования до 30 кВт.

Конструктивно карусельно-шлифовальные станки этой фирмы широко унифицированы с токарно-карусельными и используют их отдельные узлы. Планшайба центрируется на прецизионном радиально-упорном подшипнике у одностоечных станков и коническом роликовом — у двухстоечных. Вертикальные нагрузки воспринимает предварительно затянутый шариковый или роликовый упорный подшипник. Фирма гарантирует трехлетнюю точность работы опоры с радиальным и торцовым биением поверхностей обработанной детали в пределах 0,002—0,005 мм.

Вращение планшайбе передается (рис. 147) через имеющий свои опоры установленный в центральном отверстии стола полый приводной вал, соединенный с планшайбой беззазорной кулачковой муфтой. Такой привод гарантирует низкую шероховатость шлифованной поверхности детали. На нижнем конце вала насажен шкив ременной передачи, передающий вращение планшайбе с частотой 0—50 об/мин от бесступенчатого регулируемого гидромотора мощностью 11—16 кВт. В центральном отверстии приводного вала размещена на подшипниках трубка токоподвода к электромагнитным катушкам круговой магнитной планшайбы. Планшайба станка может быть снабжена кулачками для ручного закрепления обрабатываемой детали, самоцентрирующим ручным, пневматическим или гидравлическим зажимным устройством либо круглым магнитным столом.

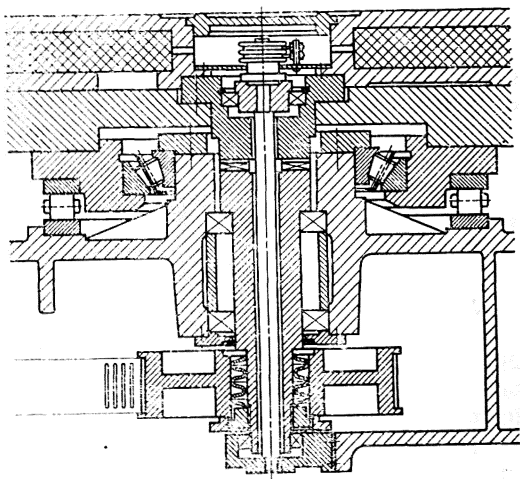


Рис. 147. Шпиндельные опоры двухстоечного карусельно-шлифовального станка фирмы DÖRRIES

В зависимости от заказа станок укомплектовывается одним или двумя вертикальными поворотными суппортами на поперечине. Суппорт для цилиндрической или конической обработки выполнен со встроенной внутри ползуна шлифовальной головкой, которая приводится во вращение через приводной вал от установленного на верхнем торце ползуна бесступенчато регулируемого в пределах 800—3000 об/мин гидромотора мощностью 30 кВт при постоянном крутящем моменте 490 Н·м. По заказу потребителя мощность привода шлифовального шпинделя может быть увеличена до 80 кВт. Угол поворота ползуна $\pm 30^\circ$ от вертикали. Направляющие ползуна с накладными закаленными пластинами для качения по ним роликовых танкеток корпуса суппорта обеспечивают ползуну точность вертикального перемещения. По фронту регулирование зазоров производится планками, по боку — клином. По бокам ползуна расположено устройство гидроуравновешивания с двумя плунжерами. Перемещение ползуна осуществляется расположенным сзади шариковым винтом.

При необходимости обработки деталей сложной формы (например, колец подшипников) станок может быть укомплектован одним или двумя суппортами с поворотными (револьверными) головками, на которых устанавливаются по две шлифовальные головки со встроенными гидромоторами. При этом поворотные головки могут быть установлены под любым углом. Каждый суппорт снабжен устройством для правки поверхности круга алмазом с высокой точностью под углом 90° или правки периферийной поверхности круга по дуге радиусом 5—60; 300—550 или 550—800 мм. Устройство для правки круга крепится на специальной направляющей пленке под нижней лицевой направляющей поперечины.

Точность горизонтального перемещения салазок суппорта обеспечивается базированием роликовых направляющих по направляющему пазу, образованному нижним лицевым выступом направляющей поперечины и жестким дополнительным ребром, расположенным между лицевыми направляющими. Такое конструктивное решение снижает влияние перекашивающего момента от усилия подачи. Вертикальное и горизонтальное перемещения суппортов осуществляются от обычной 16-ступенчатой коробки подач, применяемой на карусельном станке со знаменателем ряда подач $\varphi = 1,41$ или же включением одной из четырех скоростей установочного перемещения 3000—100—10—1 мм/мин. При этом величина рабочей подачи может выбираться как в мм/об, так и в мм/мин.

Взамен ступенчатой коробки подач по заказу потребителя может быть установлен для каждого направления перемещения регулируемый двигатель постоянного тока. В этом случае скорость подачи изменяется бесступенчато. Ограничение возвратно-поступательного движения суппорта при шлифовании по вертикали и горизонтали осуществляется переставными кулачками, которыми настраивается заданная величина перемещения и осуществляется

реверс. Механизм подачи обеспечивает ступенчатое перемещение суппорта в заданном направлении на глубину врезания с шагом 0,001—0,999 мм на один оборот планшайбы, что задается декадными переключателями на подвесном пульте управления. Выбор направления шлифования по оси X, оси Z или под углом осуществляется качающейся рукояткой крестового переключателя.

Для работы с применением СОЖ станок снабжается резервуаром с насосной установкой, подающей СОЖ через систему трубок в рабочую зону шлифовального круга. Для сбора отработанной СОЖ установлен окружающий планшайбу кожух-улитка с отводом жидкости через магнитный сепаратор в резервуар. Для защиты от отлетающих брызг на борт улитки устанавливаются раздвигающиеся съемные щиты.

По заказу потребителя для автоматизации цикла обработки станки укомплектовывают системой числового управления с ручным вводом программы, обеспечивающей автоматическое управление циклом и предусматривающей возможность задания величины выбранного хода, скорости возвратно-поступательного движения, конечного размера перемещения с перебегами шлифовального круга или до точного упора как при обдирочном, так и при чистовом шлифовании. Для этого предусмотрены четыре разных программы циклов обработки.

Коломенский ЗТС выпускает гамму карусельно-шлифовальных станков мод. 3762, 3Н762, 3Н763 и 3Н764 с наибольшими диаметрами обработки деталей соответственно 1000, 1600 и 2500 мм (рис. 148). Исполнение станка 3762 отличается от исполнения

Т а б л и ц а 13

Параметры	Модель		
	3762/3Н762	3Н763	3Н764
Наибольшие размеры обрабатываемой детали, мм:			
диаметр	1000	1600	2500
высота	800/400	600	800
Наибольшая масса обрабатываемой детали, т	3	6	12
Диаметр планшайбы, мм	1000	1600	2500
Частота вращения планшайбы, мин ⁻¹	6—60	4—40	2—20
Размеры шлифовального круга, мм:			
диаметр	400—300	400—300	500—300
высота	100	100	100
Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	1670; 2400	1670; 2400	1340; 1910
Масса станка, т	27/25	35	60

П р и м е ч а н и е. Наибольший угол поворота шлифовальных бабок $\pm 30^\circ$, скорость вертикальных и горизонтальных непрерывных подач 10—1500 мм/мин, величина горизонтальных и вертикальных прерывистых (врезных) подач 2,5—50 мкм, мощность двигателей: привода вращения детали 6,3 кВт, приводов вращения шлифовального круга 17×2 кВт.

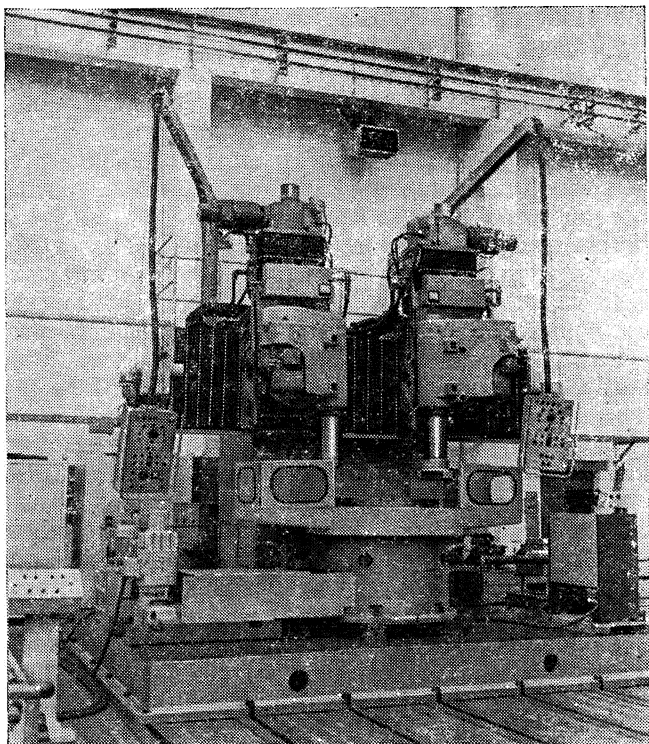


Рис. 148. Карусельно-шлифовальный станок мод. 3Н762

станка 3Н762 увеличенной высотой обработки. Основные технические параметры станков приведены в табл. 13.

Станки предназначены для шлифования внутренних и наружных цилиндрических, конических и профильных поверхностей тел вращения, а также для плоского шлифования торцовых поверхностей. Монолитная жесткая конструкция стола с неподвижной поперечиной обеспечивает высокую точность обработки. Паспортная точность станка мод. 3Н763 гарантирует получение некруглости детали на диаметре 1000 мм в пределах 0,002—0,003 мм, неплоскостности — 0,005 мм, постоянство диаметра цилиндрической поверхности в продольном сечении на длине 500 мм (конусность) не более 0,005 мм. Шароховатость шлифованной поверхности в зависимости от материала детали соответствует $Ra = = 0,25 \div 0,125$ мкм и выше.

Шлифуемая деталь крепится на круглой электромагнитной плите-планшайбе, которая вращается на высокоточных опорах. В качестве радиальных опор применены двухрядные роликоподшипники с коническим внутренним отверстием, предварительная натяжка которых обеспечивает выборку радиальных зазоров.

Вертикальные нагрузки воспринимаются у станков, предназначенных для обработки поверхностей диаметром 1000 и 1600 мм, крупногабаритными прецизионными упорными роликоподшипниками с предварительным натяжением, обеспечиваемым гидравлическим нагрузочным устройством. У станков, предназначенных для обработки поверхностей диаметром 2500 мм, планшайба опирается на плоские круговые направляющие с гидростатической смазкой. Давление масла в смазочных карманах регулируется дросселями.

Планшайба приводится в движение клиноременной передачей от шестеренного редуктора, вращаемого регулируемым двигателем постоянного тока мощностью 6,3 кВт. Для предотвращения вибраций детали под влиянием привода ведущий шкив соединен с планшайбой приводным торсионным валом с беззазорной муфтой. По направляющим неподвижной поперечины перемещаются два вертикальных поворачивающихся на угол $\pm 30^\circ$ шлифовальных суппортов. Вращение шлифовальных головок осуществляется клиноременными передачами со сменными шкивами от асинхронных двигателей мощностью 17 кВт. Движение ползуна и суппорта при шлифовании осуществляется шариковыми передачами от регулируемого двигателя постоянного тока мощностью 1,75 кВт со скоростью 10—1500 мм/мин. Подача врезания осуществляется гидромеханизмами на величины от 2,5 до 50 мкм (11 ступеней величин подач). Включение режимов подачи (непрерывная или врезная) производится электромагнитными муфтами.

Обработка может выполняться как при ручном управлении с подвесного пульта, так и в автоматическом цикле с предварительно установленной глубиной врезания. Станки оснащены отсчетно-измерительными системами цифровой индикации величин перемещения суппортов — размеров обрабатываемых поверхностей и предварительного набора величины перемещения шлифовального круга.

Размагничивание деталей после обработки производится непосредственно на станке. Станки оборудованы устройствами для работы с обильным охлаждением СОЖ шлифовальных кругов и обрабатываемой детали.

КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Электроконтактные карусельные станки предназначены для обработки имеющих форму тел вращения деталей из особо прочных и твердых (HV 500—550) труднообрабатываемых токопроводящих материалов. Особенно эффективно их применение при обработке деталей с большими неравномерными припусками, с литейными включениями, а также с электронаплавкой износостойких сталей, т. е. деталей, которые невозможно обработать токарными резцами, фрезами и экономически нецелесообразно обрабатывать шлифованием. На этих станках обрабатывают наружные и внутренние

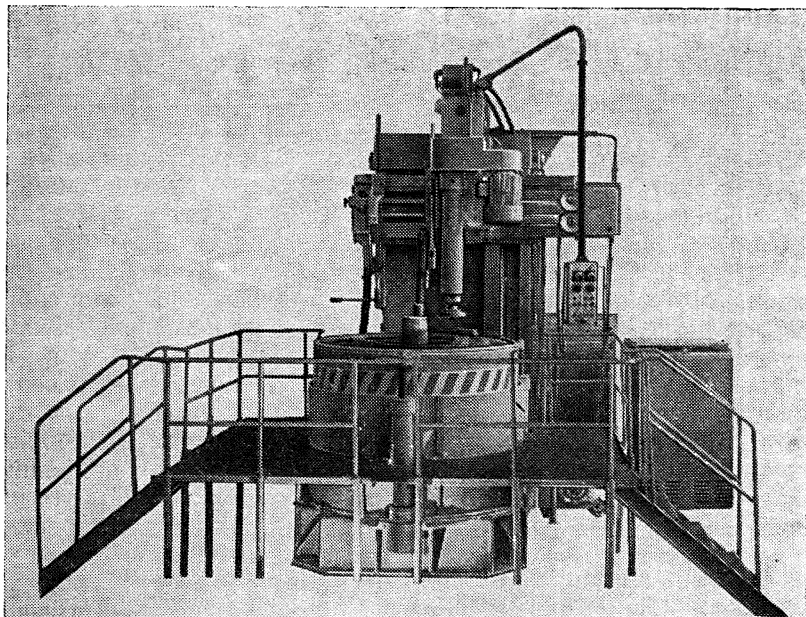


Рис. 149. Электроконтактный карусельный станок мод. МЭ 303

цилиндрические и конические поверхности и торцы, отрезают прибыли и литники.

Процесс обработки детали заключается в размягчении и отрыве частиц металла в зоне электрического разряда (дуги) между обрабатываемой поверхностью и инструмент-электродом (ЭИ) и выноса их вращающимся инструментом из зоны дуги. Обработка ведется под слоем воды в специально установленной на планшайбе станка ванне, что уменьшает выделение газов, снижает шум, светоизлучение и разбрызгивание. Обтачивание наружных, растачивание внутренних и подрезка торцовых поверхностей производится [4] литыми из серого чугуна чашечными ЭИ диаметром 150—350 мм и высотой 60—90 мм, отрезка — дисковыми ЭИ из стали Ст3 диаметром 250—500 мм, толщиной 2—4 мм. Глубина слоя, снимаемого за один проход металла, при черновой обработке 8—10 мм, при чистовой — 0,1—0,5 мм и зависит от режимов обработки.

Производительность обработки практически пропорциональна подводимой к инструменту мощности и зависит в основном от теплофизических свойств обрабатываемого материала. Усилие между ЭИ и обрабатываемой деталью в десятки раз меньше, чем при обработке резанием. Отходы снятого металла представляют собой гранулы диаметром 0,5—8 мм.

Т а б л и ц а 14

Параметры	Модель		Параметры	Модель	
	МЭ 303	МЭ 301		МЭ 303	МЭ 301
Диаметр планшайбы, мм	1400	2800	Пределы рабочих подач (18 ступеней), мм/об Число шпинделей Объем ванны, м ³ Число источников технологического тока Масса, т	0,06—20	0,06—20
Наибольшие размеры обрабатываемой поверхности (диаметр × высота), мм	1000 × 600	2500 × 800		1	2
Наибольший диаметр обрабатываемой детали при обработке отверстий, мм	1500	2900		2,5	9,5
Пределы частоты вращения планшайбы (18 ступеней), об/мин	0,4—20	0,25—12,5		1	2
				29,5	63

Выпускаемые в нашей стране на базе станков 1516 и 1Л532 электроконтактные станки мод. МЭ 303 применяют для обработки деталей с наибольшим диаметром до 1000 мм, высотой 600 мм (рис. 149) и станки мод. МЭ 301 — для обработки деталей диаметром до 2500 мм, высотой 800 мм. Их параметры приведены в табл. 14. Станки оснащены специальными источниками технологического тока мощностью 129 кВт при напряжении, регулируемом в пределах 12—48 В, что обеспечивает на рабочем шпинделе силу тока 250—2500 А. Производительность станков при черновых режимах не менее 0,5 кг снимаемого металла в минуту, при чистовых режимах — до 0,01 кг/мин. При загрузке и выгрузке детали и при межоперационных измерениях вода из ванны сливается, и ванна опускается, открывая свободный доступ к детали.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПОЛУАВТОМАТЫ

Удобство смены тяжелых обрабатываемых деталей и экономия производственных площадей при вертикальном исполнении токарных станков для обработки деталей небольшой длины с цилиндрическими поверхностями, а также широкое применение таких деталей во многих отраслях машиностроения с крупносерийным и массовым производством привело к созданию специальных карусельных станков-полуавтоматов. Такие станки различных исполнений выпускают как отечественные заводы (серии КС 500 с диаметром обрабатываемой детали до 500 мм), так и многие зарубежные фирмы: SCHIESS—FRORIEP (серии DK с диаметром обработки до 1400 мм), MORANDO (серии СК с диаметром до 800 мм), английская фирма John Stirk (Wichman) (серии CVM с наибольшим диаметром обработки до 2100 мм) и др. Расположение и комбинация суппортов, конструкция планшайбы и зажимного устройства,

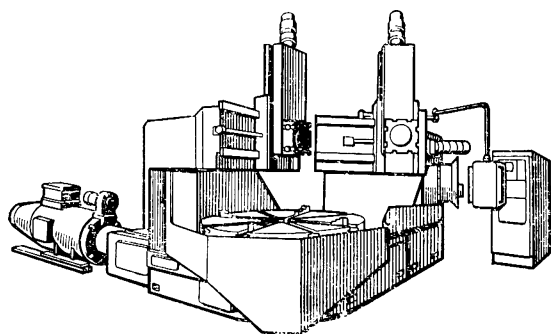


Рис. 150. Карусельный полуавтомат серии CVM фирмы John Stirk

поставляемая со станком инструментальная наладка оговариваются при заказе полуавтомата для обработки того или иного вида деталей.

Станки гаммы токарных полуавтоматов серии СК фирмы MORANDO с диаметрами планшайб 600, 700 и 800 мм различных компоновок имеют жесткую конструкцию и высокую для своих размеров мощность (до 40—50 кВт), что позволяет осуществить на них высокопроизводительную обработку. Цикл работы автоматизирован за счет применения циклового ПУ с настройкой величины хода перемещения суппортов малогабаритными конечными выключателями с настраиваемыми упорами. Основание стола и станина выполнены в виде моноблочной отливки. Поперечина жестко крепится к станине болтами и штифтами. Направляющие закалены и отшлифованы, что в значительной мере повышает их износостойкость. Короткий шпиндель планшайбы вращается на одном высокоточном крестово-роликовом подшипнике с выборкой зазора за счет предварительной затяжки двух внутренних колец.

Трехкулачковый самоцентрирующий зажимной патрон приводится в действие гидроцилиндром. Передача вращения патрону осуществляется конической передачей от четырех- или восьми-

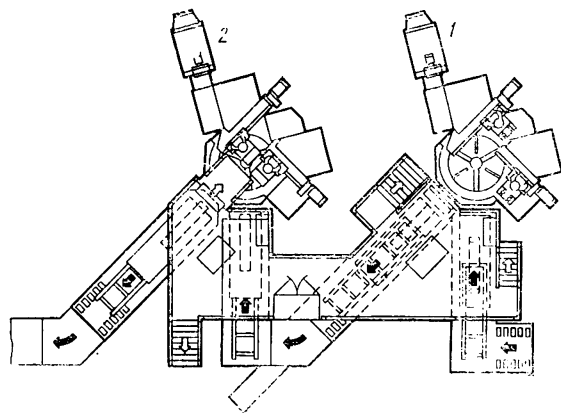


Рис. 151. Схема автоматизированного комплекса на базе полуавтоматов серии CVM фирмы John Stirk

ступенчатой коробки скоростей с электромагнитными муфтами. В зависимости от размеров обработки и материала деталей сменными шестернями коробки скоростей ряд переключаемых электромуфтами частот вращения патрона может быть выбран в широких пределах (у мод. СК 06 — от 22 до 658 об/мин). Электромагнитными муфтами переключаются в цикле обработки в нужном направлении четыре ступени подач вертикального суппорта в пределах 0,2—0,8 мм/об, а также ускоренные перемещения отвода и подвода со скоростью 3000 мм/мин. Рабочие подачи и установочные перемещения горизонтальных суппортов осуществляются от коробки подач со сменными шестернями со скоростью перемещения от 2,9 до 210 мм/мин.

Станки этого типа выпускают с различными комбинациями суппортов. Вертикальный суппорт — с автоматически поворачивающейся четырех- или пятигранной револьверной головкой, размещенной на жестко закрепленной поперечине. В некоторых случаях на станках устанавливают по два независимых вертикальных крестовых суппорта, расположенных непосредственно на прямоугольных направляющих станины (исполнение CF 1P6), при этом поперечина отсутствует. Имеется компоновка с одним или двумя боковыми горизонтальными суппортами, устанавливаемыми на повернутых к столу кронштейнах.

Обработка криволинейных поверхностей осуществляется электропировальным устройством. Смазка всех механизмов осуществляется централизованно от отдельной установки. Для расширения возможностей обработки станки укомплектовывают системой подачи в зону резания охлаждающей жидкости.

Примером специальной компоновки карусельного полуавтомата могут служить станки серии CVM фирмы John Stirk, у которых с основанием стола соединены расположенные под углом 90° друг к другу две станины с неподвижно закрепленными поперечинами. По горизонтальным направляющим поперечин перемещаются вертикальные суппорты с четырехгранными револьверными головками (рис. 150). Выпускаются три типоразмера полуавтоматов: мод. CVM 1500 (диаметр планшайбы 1500 мм и наибольший диаметр обрабатываемой детали 1750 мм), мод. CVM 1700 (соответственно 1700 и 1950 мм), мод. CVM 2000 (2000 и 2100 мм). Масса обрабатываемых деталей может достигать 8 т. Главный привод и приводы подач суппортов — регулируемые, постоянного тока. Управление станком может осуществляться как вручную с подвесного пульта, так и в автоматическом цикле от устройства ЧПУ. На базе выпускаемых полуавтоматов за счет укомплектования их транспортными и загрузочными устройствами могут быть скомплектованы автоматизированные комплексы (рис. 151). На станке 1 обрабатывается одна, а на станке 2 другая сторона детали или же первый станок осуществляет черновую, а второй — чистовую обработку. Для обслуживания комплекса одним оператором оба станка снабжены единым помостом, а также транспортерами.

Типаж универсальных токарно-

Высота обра- батываемой детали, мм	Диаметр обрабатываемой						
	800	1000	1250	1600	2500	3150	4000
800	150S	1510					
1000			1512 1A512 *	1516 1A516 *			
1600			1A512П *	1A516П *	1525 1A525 *	1Л532 1A532Л *	
2000					1A525П *	1A532ЛП * 1532Т 1A532Т *	1540 1A540 *
2500							1A540П * 1540Т 1A540Т *
3150							
4000							
5000							
6300							

* Осваиваемые одно- и двухстоечные (не консольные) станки.

** Осваиваемые одностоечные станки с консольной поперечиной.

¹ Станки с двойной (центральной и кольцевой) планшайбой.

² Станки с подвижным порталом.

³ Станки с двойной планшайбой и подвижным порталом.

-карусельных станков СССР

Детали, мм							
5000	6300	8000	10 000	12 500	16 000	20 000	25 000
1С528 ** КУ-50 1А550Л *	1К532 **						
1550 1А550 *	КУ-63 1А563Л *	1К540 **					
1550П 1550Т 1А550Т *	1563 1А563 *	1580Л 1А580Л *	1К550 **				
	1А563Т *	1А580 *		1К563 **	1К580 **		
		КУ-101	1А591 * КУ-152 ²	1А592 ^{1*} 1Б592 ^{3*} 1Б591 ²	КУ-153	1К591 **	1К592 **
					1А594 ^{1*}	1А596 ^{1*}	
					1Б594 ³	1Б596 ³	

Технические характеристики универсальных токарно-карусельных станков фирм ФРГ

SCHIESS—FRORIER

Параметр	Одностоечные				Двухстоечные				Одностоечные с консолью	
	9DK	14DE	18DE	32DZ	80DZ	40DV 40DF	80DV 80DF			
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	900	1400	1800	3000 4000	6 500 10 000	5000 6000	9 000 12 500			
Диаметр планшайбы, мм	630; 800	1000; 1250	1250; 3500	2500; 3500	6000; 8000	3500; 4500	6000; 8000			
Наибольшая высота обрабатываемой детали, мм	500 700	1000 1250	1000 1500	1500 3000	3000 8000	2000 4000	3000 8000			
Наибольшая масса детали, т	2	8	10	40	250	63	250			
Мощность главного привода, кВт	33 40	45 70	45 70	75	140	100	140			
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	7,1 8,0	20 31,5	25 40	75 100 125	560 710 900	160 180 200	560 710 900			
Сила резания на суппорте, кН	30	50; 40	50; 40	63; 50	125; 80	63; 50	125; 80			

Параметр	SCHI ESS-FRORIER							
	Одностоечные		Двухстоечные			Одностоечные с консолью		
	9DK	14DE	18DE	32DZ	80DZ	40DV 40DF	30DV 80DF	
Ход ползуна суппорта, мм: вертикального горизонтального	560	800	800	1000	2500	1000	2500	
	700	1600	1600	1250	2800	1250	2900	
	500	800; 1000	800; 1000	1600	—	1600	2250	
	DORRIES							
Параметр	Одностоечные			Двухстоечные			Одностоечные с консолью	
	СТЕ80	СТЕ125	СТЕ100	СТ280	СТ450	SD800	СТЕ300	СТЕ600
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	1000	1400	1800	3500	5100	10 000	3400 6000	6 700 12 000
Диаметр планшайбы, мм	800	1250	1600	2800	4500	8000	3000	6000
Наибольшая высота обрабатываемой детали, мм	720	1125	1090	1650 3150	1300 3400	2500 6000	1450	2200
Наибольшая масса детали, т	16	20	20	25; 50	80	300	25; 50	160
Мощность главного привода, кВт	45	75	75	75	150	150	75	150

DORRIES

Параметр	Одноступенчатые						Двухступенчатые			Одноступенчатые с консолью	
	СТЕ80	СТЕ125	СТЕ160	СТ280	СТ450	SD800	СТЕ300	СТЕ600			
	9,5—500 *	5,6—300 *	4,75—250 *	2,24—120 *	2,24—120 *	0,4—56	2,24—120 *	2,24—120 *			
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹	6,7—355 *	4—210 *	2,85—150 *	1,9—100 *	0,4—56	0,07—25	1,9—100 *	1,9—100 *	0,09—40		
	4,2—500 3—355	2,5—300 1,6—210	2,1—250 1,25—150	1,0—125 0,8—100			1,0—125 0,8—100				
Число ступеней частот вращения планшайбы	24 * Бесступенчатое × 3 ***						Бесступенчатое × × 3 ***			24 * Бесступенчатое × × 3 ***	
Пределы регулирования подач, мм/мин	0,1—1000	0,1—1000	0,1—1000	0,1—1000	0,1—1000	0,1—400	0,1—1000	0,1—1000	0,1—1000	0,05—500	
Число ступеней подач	Бесступенчатое						Бесступенчатое				
Скорость установочных переключений, м/мин	6	6	6	6	6; 3	3	6	6	6	3	
Масса станка, т	—	—	—	46	103,5	275	48,5	167			

* С асинхронным двигателем.
 ** С двойным перебором.
 *** С тройным перебором.

Технические характеристики универсальных токарно-карусельных станков фирм Японии и Италии

Параметры	TOSHIBA (Япония)										OM (Япония)					
	Одностоечные					Двухстоечные					Одностоечные		Двух- стоечные			
	TSN-10A	TSN-13A	TSN-20A	DBM-30	DBM-40	VT4-9N	VT4-12N	TMD	TSN-10A	TSN-13A	TSN-20A	DBM-30	DBM-40	VT4-9N	VT4-12N	TMD
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	1250	1600	2500	3500 4500 5000	4500 5500 6500	1200	1600	2300 3000 3500	1000	1250	2000	3000	4000	915	1250	2000
Диаметр планшайбы, мм	630 800	630 800	1250 1600	2500	2500 3000	800 1100	1000 1300	1600 2400	6,3	8	16	32	50	5	10	10; 15; 20
Наибольшая высота обрабатываемой детали, мм	30	30	45	40 55	55 75	37	45	30	30	30	45	40 55	55 75	37	45	30 55
Наибольшая масса детали, т	9,8	12,3	24,5	98	157	13,25	23,6	59,0	30	30	40	60; 40	60; 40	30	40	—
Мощность главного привода, кВт	30	30	45	40 55	55 75	37	45	30	30	30	40	60; 40	60; 40	30	40	—
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	30	30	40	60; 40	60; 40	30	40	—	30	30	40	60; 40	60; 40	30	40	—
Сила резания на суппорте, кН	30	30	40	60; 40	60; 40	30	40	—	30	30	40	60; 40	60; 40	30	40	—

Параметры	TOSHIBA (Япония)								OM (Япония)	
	Одноступенчатые				Двухступенчатые		Одноступенчатые		Двухступенчатые	
	TSN-10A	TSN-13A	TSN-20A	DVM-30	DVM-40	VT4-9N	VT4-12N	TMD		
Ход ползуна суппорта, мм: вертикального горизонтального	630	630	1000	1250	1250	760	1000	900		
	800	800	1250	800	1600	500	600	2200		
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹	16—315	12,5—250	2,5—125*	1,6—80*	1,25—63*	8,1—400*	5,6—280*	0,9—120*		
	12,5—250	10—200	2—100*	1,25—63*	1,0—50*	2,4—400	3,1—280	0,68—90		
	10—200	8—160	1,0—50*	0,8—40*				0,45—60		
Число ступеней частот вращения планшайбы	Бесступенчатое × 2 **		18 *		Бесступенчатое × 4		16 *			
Пределы регулирования подач, мм/об	0,001—50,8	0,001—50,8	0,001—50,8	0,05—10/0,1—20	0,05—10/0,1—20	0,05—10	0,05—10	0,05—10		
Число ступеней подач	Бесступенчатое		24*		24*		16* Бесступенчатое			
Скорость установочных перемещений, м/мин	4,8	4,8	4,8	1,25	1,25	4,8	4,8	4,8		1,8
Масса станка, т	10,5	12,5	30; 32	38; 41; 44; 56; 59; 82	20	22	22	22		

Параметры	ОМ (Япония)		MORANDO (Италия)					
	Одностоечные с консолью		Одностоечные			Двухстоечные		
	TMS ₁ 40/70	TMS ₁ 60/110	VLN09	VLN14	VHN20	VHN25	VHN30	
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	7000	10 000	1100	1650	2200	2700	3200	
Диаметр планшайбы, мм	4000	6000	900	1450	2000	2500	3000	
Наибольшая высота обрабатываемой детали, мм	2800	4500	880 1280	1280 1680	1630 2130 2630	2080 2580 3080	2580 3080 3580	
Наибольшая масса детали, т	50	120	5	11	25	27	35	
Мощность главного привода, кВт	60	120	48 59	48 59 73	48 59 73	48 59 73	48 59 73	
Крутящий момент на планшайбе, кН·м	98	200	20,4 25,2	34 41,9 52,5	49,5 61 76,5	63,3 78 98	76 97,6 117	
Сила резания на суппорте, кН	—	—	—	—	—	—	—	
Ход ползуна суппорта, мм: вертикального горизонтального	1500	2500	760 800 500	760 1000 650	760 1200 —	760 1200 —	760 1200 —	

Параметры	ОМ (Япония)		MORANDO (Италия)				
	Одноступенчатые с консолью		Одноступенчатые		Двухступенчатые		
	ТМ5, 40 70	ТМ5, 60/110	VLN09	VLN14	VHN20	VHN25	VHN30
Пределы регулирования частот вращения планшайбы, мин ⁻¹	0,3—30 *	0,25—20	4,7—350	2,7—205	1,9—143	1,5—112	1,2—82
Число ступеней частот вращения планшайбы	16 *	Бесступенчатое	Бесступенчатое×3 ***				
Пределы регулирования подачи, мм/об	0,075—15	0,075—20	0—4400	0—4400	0—4400	0—4400	0—4400
Число ступеней подачи	16*	32*	Бесступенчатое				
Скорость установочных перемещений, м/мин	1,25	1,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Масса станка, т	85	260	17; 17,5	24,5; 26	35; 36; 37	45; 47	56; 58

* С асинхронным двигателем.
 ** С двойным перебором.
 *** С тройным перебором.
 **** С четверным перебором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Адаптивное** управление металлорежущими станками/Г. В. Бронштейн, М. С. Городецкий, Е. Р. Гордон и др. М.: НИИМАШ, 1973. 226 с.
2. **Адаптивная** система разгрузки ползуна карусельного станка при обработке глубоких отверстий/И. З. Зайченко, А. М. Липатов, Е. Н. Тронин и др. — Станки и инструмент, 1978, № 11, с. 13—15.
3. **Бушуев В. В.** Гидростатическая смазка в тяжелых станках. М.: Машиностроение, 1979. 88 с.
4. **Витлин В. Б., Давыдов А. С., Мамет М. О.** Электроконтактные карусельные станки. — Станки и инструмент, 1977, № 9, с. 25—26.
5. **Герасимов А. Д., Айзеншток Г. И., Сухолуцкий Ю. А.** Состояние и тенденции развития гидростатики в тяжелых станках. — Станки и инструмент, 1978, № 10, с. 21—23.
6. **Игнатов В. С.** Способы осевого закрепления ходового винта в приводах подач станков с ЧПУ. — Станки и инструмент, 1978, № 11, с. 16—18.
7. **Каминская В. В., Левина З. М., Решетов Д. Н.** Станины и корпусные детали металлорежущих станков. М.: Машгиз, 1960. 363 с.
8. **Каминская В. В., Решетов Д. Н.** Фундаменты и установка металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1975. 208 с.
9. **Каминская В. В., Гильман А. М.** Оптимизация параметров несущих систем карусельных станков. — Станки и инструмент, 1978, № 10, с. 6—7.
10. **Левина З. М., Решетов Д. Н.** Контактная жесткость машин. М.: Машиностроение, 1971. 264 с.
11. **Левина З. М.** Основные пути совершенствования направляющих современных станков с ЧПУ. — Станки и инструмент, 1978, № 10, с. 18—21.
12. **Налетов С. П., Бушуев В. В.** Современные тяжелые карусельные станки. — Станки и инструмент, 1977, № 5, с. 5—9.
13. **Налетов С. П., Бушуев В. В.** Гидростатическая смазка тяжелых станков. — Станки и инструмент, 1974, № 9, с. 7—10.
14. **Ратмиров В. А.** Основы программного управления станками. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
15. **Сафронович А. А.** Направления развития конструкций карусельных станков в ФРГ. — Станки и инструмент, 1970, № 7, с. 39—41.
16. **Сафронович А. А.** Гамма специальных станков для обработки цельнокатаных железнодорожных колес. — Станки и инструмент, 1971, № 8, с. 15—16.
17. **Сафронович А. А., Сидоренко С. А.** Обработка деталей на токарно-карусельных станках. М.: Машиностроение, 1979. 96 с.
18. **Сафронович А. А.** Токарно-карусельные многоинструментальные станки с ЧПУ. — Станки и инструмент, 1979, № 6, с. 28—30.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКАХ	5
Глава 2. КОНСТРУКЦИИ УЗЛОВ ТОКАРНО-КАРУСЕЛЬНЫХ СТАНКОВ	46
Станины и порталы	46
Стол и планшайбы	54
Главный привод	75
Суппорты и поперечины	83
Привод подачи	120
Управление	128
Электрооборудование	135
Гидравлические и смазочные устройства	145
Фундаменты	151
Глава 3. УСТРОЙСТВА И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РАСШИРЯЮ- ЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УНИ- ВЕРСАЛЬНЫХ СТАНКОВ	155
Обработка сложных поверхностей	155
Фрезерно-расточные и сверлильные работы	169
Шлифование	176
Мероприятия для улучшения условий работы	178
Глава 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ	180
Автоматическая смена режущего инструмента	180
Управляющие устройства	189
Адаптивное управление	208
Измерительные и настроечные операции	211
Загрузочные устройства	214
Многооперационные карусельные станки	216
Обрабатывающие комплексы	226
Глава 5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ	229
Станки для обработки вагонных колес	229
Переносные накладные карусельные станки	239
Карусельно-шлифовальные станки	241
Карусельные станки для электрофизической обработки	247
Специальные полуавтоматы	249
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Типаж универсальных токарно-карусельных станков	253
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Технические характеристики универсальных то- карно-карусельных станков фирм ФРГ	254
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Технические характеристики универсальных то- карно-карусельных станков фирм Японии и Италии	258
Список литературы	262

ИБ № 3005

Александр Алексеевич Сафронович
КАРУСЕЛЬНЫЕ СТАНКИ

Редактор *С. И. Булатов*
Художественный редактор *И. К. Капранова*
Технический редактор *Л. П. Гордеева*
Корректоры *Н. И. Шарунина* и *А. П. Сизова*
Оформление художника *Е. В. Бекетова*

Сдано в набор 19.05.82. Подписано в печать 16.12.82. Т-21429. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 18,14. Тираж 8000 экз. Зак. 150. Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Б-76, Стромьинский пер., д. 4

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.