

Ж.С.Равва

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р  
ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

И.С. Равва

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
(Введение в специальность 21.03)

Учебное пособие



Тольятти 1990

ББК 34.5-5-05Я723

УДК 658.011.56 + 621.865.8

Равва Ж.С. Автоматизация машиностроения (Введение в специальность 21.03): Учебное пособие. - Тольятти: ТолПИ, 1990. - 122 с.

Освещаются основные профессиональные грани инженера-электро-механика специальности "Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении". Рассматриваются структура института и роль его отдельных подразделений. Излагаются многие стороны деятельности советского инженера и требования к нему. Приводятся рекомендации студентам по рациональной организации учебы в вузе. Даются общие представления об объектах управления в машиностроении (техпроцессе, станках, роботах, ГАПС), микропроцессорных системах их управления и технической диагностики, программно-математическом обеспечении последних.

Предназначено для студентов I курса специальности 21.03 со специализацией "Техническое и программное обеспечение систем управления и диагностики машиностроения".

Рецензенты:

кафедра "Автоматизации и комплексной механизации машиностроительной промышленности" Куйбышевского политехнического института (зав.кафедрой к.т.н. доцент НИКОЛАЕВ В.А.).

д.т.н. профессор МИХАЙЛОВ О.П. (Московский станкоинструментальный институт).

Научный редактор к.т.н. доцент ГОРЕЦКИЙ Е.В.

Утверждено редакционно-издательской секцией методического совета института.

## І. В В Е Д Е Н И Е

Эффективность реконструкции народного хозяйства, темпы его экономического роста в решающей мере зависят от машиностроения. Ему принадлежит ключевая роль в перевооружении и интенсификации всех отраслей, в осуществлении научно-технической революции. Здесь предстоит в 3-4 раза сократить сроки разработки и освоения новой техники. Причем вновь осваиваемые виды техники должны по производительности и надежности превосходить не менее чем в 1,5-2 раза выпускаемую аналогичную продукцию.

Столь стремительный темп можно обеспечить только путем автоматизации машиностроительного производства. Это позволит получить резкий прирост производительности общественного труда. Однако для этого необходимо поднять уровень автоматизации производства примерно в 2 раза. Наиболее эффективный путь — широкое внедрение производств, которые можно быстро и экономично перестраивать, систем автоматизированного проектирования, оборудования и машин со встроенными средствами микропроцессорной техники, перенастраиваемых автоматических линий, многооперационных станков с ЧПУ, роботизированных комплексов. При этом парк промышленных роботов должен возрасти примерно в 3 раза.

Кто должен стоять у истоков всех преобразований? Инженеры — электромеханики специальности 2І.03 — "Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)".

### І.І. Три кита Вашей специальности

В Тольяттинском политехническом институте студенты по договорам с предприятиями (будущими работодателями) могут узко специализироваться в различных направлениях, входящих в основную подготовку. Последняя базируется на трех опорах (китах), трех профессиональных гранях.

Первая - достаточно глубокое знание объектов управления в машиностроении. В частности, умение проектировать технологические процессы, подбирать оборудование (включая транспортное) для их реализации и компоновать из него РТК, автоматические линии и т.д.

Формирование указанной грани обеспечивается следующим комплексом дисциплин: "Материаловедение", "Прикладная механика" (с курсовым проектом), "Взаимозаменяемость и технические измерения", "Оборудование автоматизированных производств", "Промышленные роботы", "Технология машиностроения и технологические основы автоматизации" (с курсовым проектом) и "Проектирование автоматизированных производственных систем" (с курсовой работой).

Вторая - умение создавать микропроцессорные системы управления (и автоматической диагностики оборудования и техпроцессов) как путем использования серийно выпускаемой современной вычислительной техники и разработки к ней необходимых устройств сопряжения, так и посредством создания полностью оригинальной аппаратной части.

Указанная профессиональная подготовка достигается изучением студентами стержневого цикла дисциплин: "Микропроцессорные средства и системы" (с курсовым проектом) и "Схемотехника систем управления" (с курсовым проектом). Данный цикл поддерживается широким спектром предметов: "Теоретические основы электротехники" (с курсовой работой), "Электроника и микропроцессорная техника систем управления" (с курсовым проектом), "Устройства электроавтоматики", "Электрические машины", "Теория автоматического управления" (с курсовой работой), "Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов" (с курсовым проектом), "Информационно-измерительные устройства систем управления", "Программное управление станками", "Локальные вычислительные сети систем управления ГАП машиностроения", "Системы автоматической диагностики технологических процессов и оборудования" (с курсовой работой), "Наладка микропроцессорных систем управления".

И, наконец, третья - умение разрабатывать программно-математическое обеспечение для систем управления (и технической диагностики), начиная с объектов нижнего уровня (станки с ЧПУ, автоматические линии) и кончая системами второго уровня, обслуживаемыми РТК и другие комплексы.

Эти знания и умения формируются многоступенчато. На первом курсе института, в рамках СПТУ будущий инженер получает рабо-

чую профессию "Оператор ЭВМ". Затем осваивает моделирование автоматических технологических систем в курсе "Высшая математика. Математические модели в расчетах на ЭВМ". Изучение задач программно-математического обеспечения идет в дисциплинах "Вычислительная техника и программирование", "Программное обеспечение микропроцессорных систем" с курсовой работой и "Системы автоматизированного проектирования". В итоге молодой специалист овладевает довольно широким спектром языков программирования: Бейсик, Фортран, Паскаль, Ассемблер и изучает ряд операционных систем.

Следует иметь в виду, что целевая подготовка возможна как путем интенсивного развития одной из упомянутых профессиональных граней в целом, так и более дифференцированно (различные РТК, автоматические линии, агрегатные станки и т.д., микропроцессорные системы управления, технической диагностики и т.п.). Подготовка, как правило, учитывает перспективу, проблемы, специфические особенности и дополнительные требования производств, для которых готовятся специалисты.

## 1.2. Четыре года 10 месяцев - три диплома

Студенты первого курса получают аттестат (диплом), подтверждающий присвоение квалификации по рабочей профессии "Оператор ЭВМ", обучаясь в соответствующем СПТУ.

Начиная с третьего курса студенты интенсивно изучают патентоведение и проходят соответствующую практику. При этом уровень подготовки таков, что позволяет параллельно дипломному проекту по основной специальности в рамках общественного института патентоведения (ОИП) выполнить специальную выпускную работу. Последняя дает право присвоить дипломанту наряду с квалификацией инженера-электромеханика звание патентоведа ВОИР с выдачей второго диплома. Третий - диплом инженера. Отметим, что часть студентов, будучи на производственной практике, проходят на ВАЗе курсы целевого назначения. Здесь в производстве технологического оборудования они осваивают искусство наладки как совершенных роботов, так и наиболее совершенных микропроцессорных систем их управления.

### 1.3. Немного о производственной практике

В процессе формирования инженера большую роль играют базовые предприятия, на которых проходит производственная практика. Подготовка ведется на базе передовых (по уровню современной автоматизации) предприятий. В основном в соответствующих подразделениях Волжского и Камского автозаводов, в Тольяттинском филиале института электронных управляющих машин и в некоторых специальных конструкторских бюро.

Студенты, продуктивно участвующие в научных исследованиях, проходят практику в научно-исследовательской лаборатории Автоматического управления и контроля систем нашего института, а также в лаборатории Автоматической диагностики технологических систем.

### 1.4. Кое-что о научно-исследовательской работе студентов

Для научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы студентов в институте вообще и на кафедре "Автоматизация машиностроения" в частности созданы все условия. Студенты не только ведут научно-исследовательские работы, но и выступают с докладами на ежегодных студенческих научно-технических конференциях, семинарах, входят в составы коллективов авторов изобретений и научных публикаций.

Такое внимание кафедры к студенческой научной работе не случайно. Во-первых, она дает возможность подготовки высококвалифицированных специалистов. Во-вторых, повышает квалификацию профессорско-преподавательского состава. В-третьих, дает возможность расширить коллектив, участвующий в решении актуальных научно-технических задач. В-четвертых, позволяет выявить способных к продуктивной научной деятельности юношей и девушек.

В студенческих кружках начинали свой научный рост многие выдающиеся ученые. Это известные всему миру — Главный конструктор ракетно-космических систем академик С.П.Королев, первый в мире ученый-космонавт д.т.н. К.П.Феоктистов, известный советский математик лауреат Ленинской премии д.ф.-м.н. Ю.И.Журавлев, лауреат Ленинской и Государственной премий, член-корреспондент АН СССР В.И.Федосьев и многие другие.

## 1.5. Некоторые итоги

Таким образом, кафедрой "Автоматизация машиностроения" Тольяттинского политехнического института выпускается специалист, системно и глубоко владеющий всеми вопросами создания, отладки и эксплуатации самых современных микропроцессорных систем управления машиностроительным оборудованием и, в первую очередь, гибкими роботизированными промышленными комплексами. В итоге выпускник получает два диплома: инженера-электромеханика и патентоведа ВОИР, а также аттестат оператора ЭВМ.

Широкий профиль подготовки, отвечающий современным требованиям научно-технического прогресса, позволяет инженеру этой специальности успешно работать не только в области автоматизации машиностроения, но и в самых различных отраслях новейшей техники. Микропроцессорным системам управления, диагностики и прогнозирования состояния, равно как и робототехническим комплексам, принадлежит будущее.

## 2. НЕМНОГО ОБ ИНСТИТУТЕ И ИНЖЕНЕРЕ

### 2.1. Структура института

Многогранной и сложной деятельностью вуза руководят ректор института и его заместители – проректоры по учебной, научной, воспитательной и административно-хозяйственной работе (рис.1). Вуз внутри делится на факультеты, которые осуществляют обучение по нескольким, в какой-то мере родственным, специальностям. Во главе факультета стоит декан, который имеет заместителей по учебной, воспитательной и научно-исследовательской работе. Они решают широкий комплекс административных и других вопросов: назначение стипендий, продление экзаменационной сессии по уважительным причинам, оформление академических отпусков и т.д.

Факультет объединяет несколько кафедр. Они ведут методическую и научно-исследовательскую работу по ряду смежных дисциплин. Кафедры проводят воспитательную работу среди студентов, привлекают их к научным исследованиям, изобретательской деятельности и т.д. Одновременно готовят научно-педагогические кадры и организуют повышение их квалификации. Всей работой кафедры руководят заведующий и его заместители по учебной, научной и воспитательной работе.



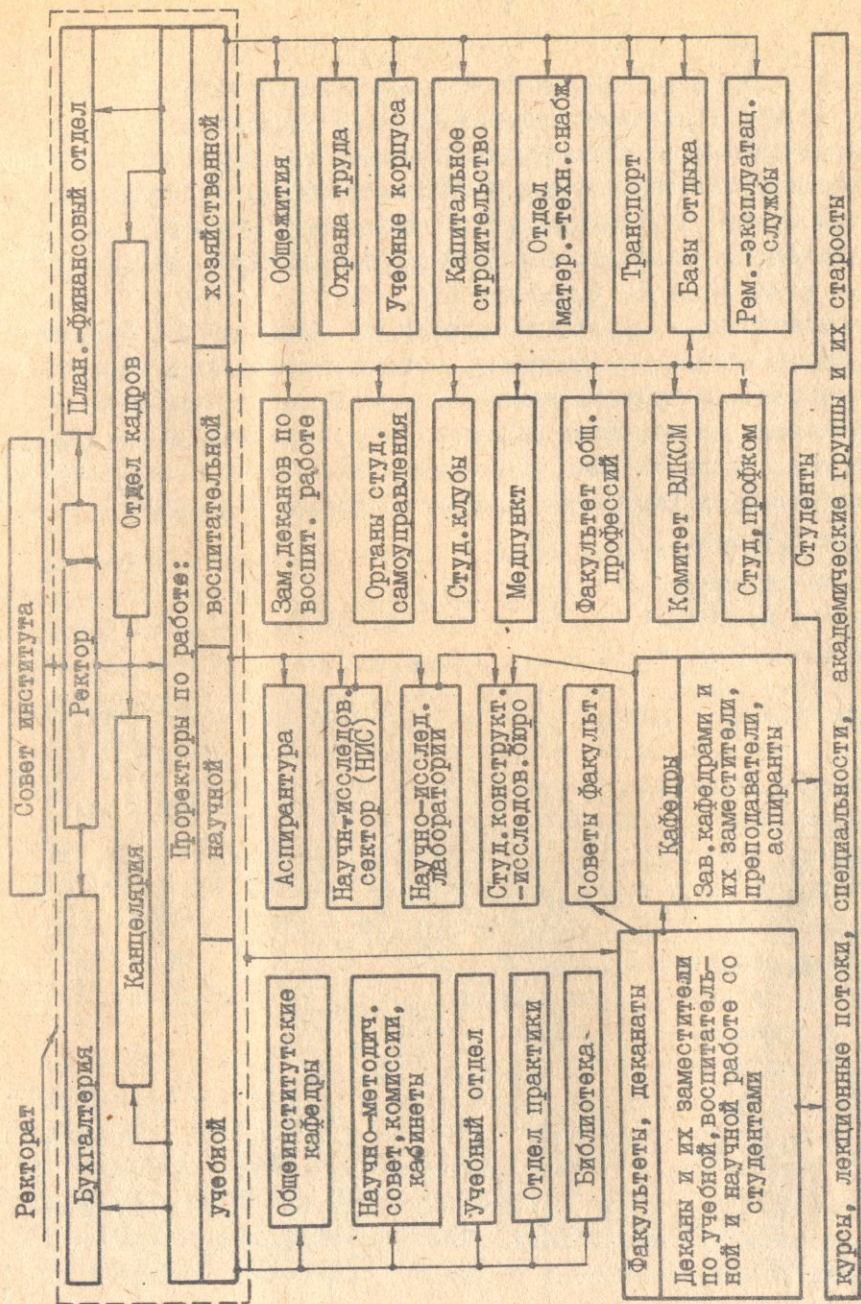


Рис. I

Кафедры условно делятся на общественно-политические, общетеоретические, общепрофессиональные и профилирующие (специальные). Например, по специальности 21.03 профилирующей является кафедра "Автоматизация машин и систем".

Объединению усилий всего коллектива вуза или факультета по обеспечению высокого качества подготовки специалистов, по дальнейшему развитию научных исследований и проведению воспитательной работы среди студентов помогают советы (института и факультетов). Они состоят из руководителей вуза и факультетов, ведущих профессоров, преподавателей, крупных ученых, работающих в смежных отраслях народного хозяйства, представителей общественных организаций.

## 2.2. Роль профилирующей кафедры

У вас возникла проблема, появился вопрос... Как его решить? С чего начать? С кем посоветоваться? Обратитесь к заместителю заведующего профилирующей кафедрой по воспитательной работе. Он постарается вам помочь.

Профилирующая, выпускающая кафедра — это ваша *alma mater*. Здесь вы будете изучать основные дисциплины вашей специальности, выполнять курсовые работы и проекты, делать дипломный проект, заниматься научно-исследовательской работой. Она будет вас всесторонне опекать в течение всего времени учебы в институте. Ваши успехи и достижения — это её радость. Ваши неудачи — это её большие огорчения.

## 2.3. Советский инженер

Вам предстоит стать инженерами. Термин "инженер" происходит от латинского слова *ingenium*. Оно переводится как "изобретательность". Можно считать, что инженерное дело возникло вместе с появлением самого человека. Однако рождение профессии инженера относится к XVI веку. В это время появились так называемые гражданские инженеры — специалисты по строительству мостов и дорог, а затем горные инженеры — по разработке полезных ископаемых. В XVII веке были созданы специальные технические школы, готовившие инженеров. С тех пор инженерами называют лиц, получивших специальное, обычно высшее, техническое образование.

Какое качество должно отличать инженера? А каким отличительным свойством обладали такие великие инженеры, как Леонардо, И. Ползунов, А.Нартов и другие? Это качество — способность нетрадиционно мыслить! Оно позволило им обогнать свое время, превзойти уровень тогдашних "мировых стандартов".

Советский инженер — это не только специалист широкого профиля, призванный творить и предельно ускорять научно-технический и социальный прогресс нашей Родины, но и Гражданин, патриот, организатор производства, общественный деятель.

Инженер широкого профиля должен:

хорошо знать фундаментальные науки, на которых зиждятся технические науки его специальности (физика, математика, кибернетика, механика и другие);

иметь широкие знания, не ограниченные рамками только своей специальности, владеть другими отраслями науки и техники. Вспомните разносторонность живописца Леонардо да Винчи, создавшего множество различных механизмов и гидравлических устройств, врача Гальвани, открывшего электричество, химика Бородина — автора оперы "Князь Игорь", доктора Чехова — писателя-классика, школьного учителя Циолковского — основателя космонавтики и многих других;

обладать достаточно систематизированными знаниями, т.е. упорядоченными и правильно дозированными (в одной области знать много и глубоко, в другой — только основы, в третьей — настольно, чтобы понимать, где следует искать решение задачи).

Творчество является основой инженерной деятельности. Творец — не тот инженер, который производит новые изделия по старым образцам, а тот, кто генерирует новые идеи, формирует новые задачи, создает принципиально новые образцы и методы.

Производство — это не только техника. Техника без людей мёртва. Рациональное сочетание технических возможностей производства и трудового потенциала коллектива позволяет повысить эффективность труда. Поэтому инженер, как руководитель того или иного участка производства, призванный повышать его эффективность, является и его организатором. Он должен обладать не только техническими знаниями, но и экономическими, уметь работать в коллективе и с коллективом, знать трудовое законодательство и этику, быть эрудированным в вопросах психологии, владеть законами научной организации труда. Он занимает активную жизненную позицию.

Очевидна незаменимость инженера в пропаганде научно-технического прогресса, в активной работе в научно-технических обществах (НИО) энергетики в электротехнической промышленности, машиностроительной промышленности, а также во Всесоюзном обществе изобретателей и рационализаторов (ВОИР).

#### 2.4. Инженер - профессия творческая

Наиболее типичной и выраженной формой творчества инженера является изобретательская и рационализаторская работа, результатом которой может стать и открытие.

Рационализаторским предложением считается такое решение технической задачи, которое является новым и полезным для данного конкретного предприятия, но использовалось или используется в других организациях. То есть его новизна и полезность локальны. Так, например, на предприятиях еще эксплуатируются приборы, использующие транзисторы, а новые образцы выпускаются на микросхемах. Перевод указанных приборов на микросхемы, повышающие надежность и улучшающие их характеристики, является рационализаторским предложением.

Изобретением считается новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой отрасли народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны, дающее положительный эффект. Оно по сравнению с известными в науке и технике решениями должно характеризоваться новой совокупностью признаков. Объектом изобретения могут быть новые устройства, способы или вещества, а также применение известных ранее устройств, способов и веществ по новому назначению. Примером изобретения может служить транзистор, впервые заменивший электронную лампу.

Открытием признается установление неизвестных ранее, но объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познаний. Пример - эффект Кабанова: "Радиоволны, отраженные от ионосферы, при падении на землю частично рассеиваются ее поверхностью, причем некоторая доля рассеянной энергии возвращается к источнику излучения, где и может быть зарегистрирована". Это открытие является основой сверхдальней локации.

В заключение хотелось бы пожелать вам приобщиться к "племен" рационализаторов и изобретателей - искателей новых технических решений. Однако где искать задачи? В самом общем виде можно по-

советовать обратить внимание на области техники, в которых:  
есть вредные факторы, отрицательно действующие на те или иные объекты (машины, людей, здания, природу...);  
имеют место низкое качество изделий, малая точность, недостаточная производительность труда и другие потери;  
много традиционного, старого, привычного.  
Пусть сопутствует Вам успех!

### 3. КАК ЖЕ СЛЕДУЕТ УЧИТЬСЯ?

#### 3.1. Немного общих принципов

Конечно, процесс учебы очень многогранен. Однако можно отыскать главные моменты, способствующие успеху. По нашему мнению, некоторые из них таковы:

1. Сосредоточивайтесь на главном. Записывайте на листке (или в блокноте) дела в порядке их важности.
2. Придумывайте себе стимулы. Цель - превратить свои занятия из категории "надо" в ранг "хочется".
3. Устанавливайте твердые, но реальные сроки. Способ связать себя обязательством весьма эффективен.
4. Научитесь быть решительным. Не откладывайте дела со дня на день - решайте их, действуйте...
5. Не увязайте в телефонных разговорах.
6. Научитесь говорить "НЕТ"!
7. Приобретите привычку к записной книжке. Это гарантия памяти.
8. Не стесняйтесь тактично дать друзьям понять, что Вы в цейтноте: уважайте свое время, следите за тем, на что Вы его тратите.
9. Приступайте к делу сразу. Минуйте "подготовительные" процедуры.
10. Используйте время полностью (при ожидании и в транспорте ... проводите планирование дня, просмотр записей и т.д.).
11. Не будьте обезьяной! Не поступайте так только потому, что так делают другие (выбор кинокартин, телепередач, журналов, игр).
12. Чередуите занятия, дела. Это снимает усталость.
13. Начинайте раньше установленного - это задает тон дню, делу, создает резерв времени.

### 3.2. Подводные рифы первых курсов

При первых шагах в вузе вас подстерегает ряд ошибок, которых следовало бы избежать. Их появление обусловлено отличием учебного процесса в институте от школьного, вашим выходом из-под опеки родителей и, наконец, возрастом - "порой надежд и страсти нежной".

Особенность учебного процесса состоит в том, что в вузе нет ежедневных заданий и повседневного контроля за их выполнением. Студенты сами планируют свою самостоятельную работу, а отчитываются в конце семестра (т.е. один раз в полугодие) на зачетах и экзаменах. При этом опасность кроется в ложной надежде, что впереди еще много времени и что "потом" все можно успеть. До сих пор это никому не удавалось. Слишком объемна и напряженна программа обучения в вузе, а переработка информации вашим мозгом ограничена пропускной способностью его информационного канала.

Отсюда вывод - начинайте работу сразу, с первых дней семестра. Работайте планомерно по всему фронту учебного процесса. Не запускайте ни один вид занятий.

Выход из-под контроля родителей часто приводит к нарушению планомерности учебы, перераспределению времени в пользу более легких занятий, удовлетворению своих увлечений.

И последнее, любовь - прекрасное чувство. В 17 лет она иногда настолько сильна и всепоглощающа, что может нанести смертельный удар по вашей учебе, жизни со всеми вытекающими отсюда последствиями. Посоветовать в этой ситуации что-либо трудно, но предупредить о подобном, пожалуй, стоит.

### 3.3. Виды занятий

Итак, с помощью каких видов занятий вы сформируетесь в хорошего специалиста? Их перечень довольно обширен: лекции; практические занятия; типовые расчеты; лабораторные работы; графические работы; расчетно-графические работы; курсовые работы; курсовые проекты; дипломный проект; учебная (ознакомительная) практика; производственные практики: технологическая, конструкторско-технологическая; занятия в СПТУ; самостоятельная работа с книгой; конспектом и т.д.

### 3.4. Книга — основной источник знаний

Ваша важнейшая задача — научиться самостоятельно работать с книгой. Очевидно, что извлечение информации из книг осуществляется посредством чтения. При этом возможно вдумчивое, глубокое чтение и беглое, поверхностное. Необходимо владеть обоими видами и рационально их использовать.

К первому прибегают для фундаментального изучения того или иного вопроса, а ко второму — при необходимости накопить информацию (подобрать материал) для решения конкретной задачи. Обычно к последнему методу прибегают при просмотре периодической литературы (журналов, сборников научных трудов, информационных изданий и т.д.). Изучая интересующий вас вопрос по книге, следует:

ознакомиться с оглавлением данного издания, постараться получить представление о нем как о системе (логике подачи материала);

изучать книгу частями (по главам, параграфам и т.д.). Для этого желательно наметить соответствующий план;

читать упомянутые части двух- и более ступенчато, то есть сначала для общего ознакомления, а затем для изучения. Это надо повторять до полного уяснения и усвоения прочитанного;

раскрывать непонятные для вас термины с помощью справочников и словарей. Не оставляйте ни одного неясного слова в прочитанном тексте;

обращать внимание на сноски и примечания, а также графические материалы, поскольку они часто несут весьма важную информацию;

стремиться обсудить прочитанное с товарищами, что способствует более эффективному усвоению и глубокому пониманию;

не принимать точку зрения автора на веру; быть критичным.

Следует иметь в виду, что весь изучаемый материал необходимо понять. При этом нужно уметь выделить части, которые подлежат запоминанию (существо протекающих процессов, основные зависимости и закономерности), и те, которые необходимо заучить (хронологические данные, валентности химических элементов, аксиомы, леммы, некоторые фундаментальные законы). Помните, как запоминание, так и заучивание требует существенных волевых усилий, обеспечивающих требуемую концентрацию внимания и сосредоточения.

Обратите внимание на особенности вашей памяти. Выясните, какая она у вас: зрительная, слуховая или моторная, и используйте соответствующий информационный канал. Если наиболее эффективной ока-

жется моторная память, то лучшей формой работы с книгой будет конспектирование. В зависимости от назначения записи конспект можно вести в виде:

выборочных выписок, заметок о наиболее существенном, что может пригодиться в последующей работе;

тезисов — законченных формулировок основных положений книги в логической последовательности и с разделением на главы, параграфы и т.д.;

краткого последовательного изложения содержания прочитанного.

Наиболее продуктивной формой конспектирования является тезисная. Она требует значительной мыслительной работы по четкому формулированию. Естественно, что только разборчиво и аккуратно написанный конспект принесет вам желаемую помощь.

### 3.5. Зачем нужны лекции и как их конспектировать?

Конечно, любые теоретические познания можно почерпнуть из книг, журналов и других видов изданий. Однако это слишком большой труд, требующий огромной затраты времени. Использование учебников часто не приводит к цели. Они, по вполне объективным причинам, отстают от последних достижений науки и техники. Делались попытки обойтись в высшей школе без лекций, но они не увенчались успехом.

Лектор выполняет за вас очень большую работу. Из огромного числа учебников, монографий, сборников научных трудов, новейших журнальных статей он выбирает самое главное, помогает усвоить логику рассуждений, выделяет основную канву математических выкладок, схему построения доказательств. Он учит думать творчески, критически и активно, развивая интеллект студента, формируя то, что называется образованием.

Очевидно, что основная задача при слушании лекции — учиться мыслить, понимать идеи, излагаемые лектором. При этом большую помощь вам окажет процесс конспектирования, а в дальнейшем и сам конспект. Здесь следует придерживаться некоторых рекомендаций:

1. Конспект по каждому предмету ведите в отдельных тетрадях, не пишите на обрывках бумаги, "вставках". Это создает основу порядка.

2. Пишите текст крупно, разборчиво (!), разделяя его красными строками, подзаголовками на соответствующие смысловые части. Оставляйте большие поля для заметок и дополнений.



3. Пользуйтесь цветными ручками, карандашами как для воспроизведения рисунков, так и для выделения заголовков, подчеркиваний.

4. Пишите сразу набело. Переписывание конспекта - нерациональная трата драгоценного времени.

5. Изучите недостатки своего почерка и устраните их. Разбирая свои непонятные записи, вы резко снижаете эффект усвоения написанного материала и попусту тратите время.

6. Научитесь писать быстро (не менее 120 букв в минуту). Это обеспечит вам успех конспектирования.

7. Пользуйтесь сокращениями слов и условными обозначениями (например, САУ - система автоматического управления, ЧПУ - числовое программное управление, ОУ - объект управления и т.д.), вводя свои сокращения в каждом параграфе, разделе, главе:  $\Sigma$  - сумма,  $>$  - больше,  $<$  - меньше,  $\nlessgtr$  - не больше,  $\nlessgtr$  - не меньше,  $\uparrow$  - растет,  $\downarrow$  - уменьшается, падает, следует  $\Rightarrow$  и т.д.

8. Научитесь быстро и четко переносить графическую информацию (рисунки) с доски, плаката, экрана (дисплея, кино) в конспект.

Перед лекцией обязательно прочитайте конспект предшествующей лекции. Помните, что хороший, доставляющий удовлетворение конспект, - залог прочных знаний и, соответственно, успеха на экзаменах!

### 3.6. Практические занятия. Цель и методика

Назначение практических занятий - научить лучшим методам решения прикладных задач, сформировать навыки самостоятельного применения теории. Следует помнить, что решение задач - процесс сугубо творческий. Однако и здесь можно сформулировать некоторые рекомендации:

1. Предварительно необходимо вникнуть в теорию.

2. Если задача дана для самостоятельного решения, ознакомьтесь с методом решения аналогичных задач по различным источникам (своим записям, учебникам, сборникам задач). Найдите общий подход.

3. Решайте задачу и получайте ответ в общем виде (в буквенном выражении) и только после этого подставляйте данные и проводите вычисления.

4. Помните, что для практики безразлична причина ошибочного результата: незнание теории, погрешности в вычислениях или просто описка. Поэтому будьте предельно аккуратны!

5. Добивайтесь четкого написания цифр. Все вычислительные процедуры ведите в той же тетради, где и раньше.

6. Запись расчетов должна быть максимально упорядочена. Это позволяет проверить ход решения и отыскать ошибку. Конечные результаты выносите на поля и подчеркивайте.

7. Максимально используйте справочники, таблицы, номограммы, программирующие микрокалькуляторы и микроЭВМ.

8. Старайтесь результат решений представить графически в виде диаграммы, графика и т.д. Это позволит вам глубже осмыслить полученный результат и проиллюстрировать его на наглядном и очень экономичном языке науки и техники.

Не забывайте, что всякое отступление от аккуратности и методичности записи в надежде сэкономить время оборачивается большими потерями на повторение всех расчетов.

### 3.7. Типовой расчет требует серьезного отношения

На практических занятиях решаются задачи сравнительно небольшие по объему и узкие по охвату пройденного теоретического материала. При этом вы делаете первые шаги в самостоятельной работе. Типовой расчет — это следующий шаг на пути расширения объема задач и соответственно овладения методами самостоятельной работы. Задание носит более комплексный характер и охватывает обычно несколько разделов курса.

Очевидно, что все рекомендации, приведенные в предшествующем параграфе, по существу остаются в силе. Добавить можно лишь немногое.

Учитывая, что задание на типовой расчет объемнее и сложнее, чем на практических занятиях, необходимо на каждом этапе проверять правильность своих действий. Для этого рекомендуется:

а) тщательно следить за использованием размерностей, не допускать применения их из разных систем единиц, так как стандарт разрешает использовать только систему СИ; проверяйте размерность каждой определяемой величины (!);

б) при расчете переменных, получив соответствующее итоговое выражение, определяйте их начальные и конечные, а при необходимости и некоторые промежуточные значения, оценивайте их по физическому смыслу, проверяйте, соблюдаются ли основные законы механики, электротехники и т.д.



в) в процессе выполнения типового расчета прибегайте к помощи вспомогательных схем, чертежей, рисунков. Это способствует осмыслению задачи и усвоению метода. Как промежуточные, так и конечные результаты представляйте при возможности в виде графиков. Подбирайте масштабы параметров по осям координат такими, чтобы изменение исследуемой величины представлялось наиболее наглядно.

### 3.8. Лабораторные работы – первые шаги будущего инженера-экспериментатора

Теоретический материал закрепляется различными методами: практическими занятиями, типовыми расчетами, графическими, расчетно-графическими и курсовыми работами и т.д. Одним из таких методов являются лабораторные работы – занятия, где обычно на специальных стендах, установках студенты проводят опыты. При этом надо научиться: а) налаживать, регулировать то или иное оборудование; б) пользоваться измерительной аппаратурой; в) устанавливать определенные зависимости, закономерности исследуемых процессов и разбираться в сложных явлениях, выделять и обнаруживать новые явления; г) преодолевать трудности, повторяя эксперимент несколько раз, варьируя условия его проведения, проявлять терпение, настойчивость и упорство в получении конкретных результатов.

Основной организационной трудностью является то, что лабораторные работы приходится проводить тогда, когда теоретический материал к ним еще не пройден. Такое положение складывается вследствие того, что проведение указанных занятий после изучения соответствующего раздела теории потребовало бы большого количества однотипных установок, т.к. группа должна делать один вид работы. Причем в дальнейшем все эти установки простаивали бы до нового учебного года. Очевидна нерациональность такого подхода как по использованию оборудования, так и площадей.

Сдвиг лабораторных работ на следующий за теоретическим курсом семестр приводит к удлинению срока обучения примерно на один год. Нецелесообразность этого ясна, поскольку год в продуктивной деятельности человека – это много. Поэтому сравнительно небольшая затрата сил и времени на предварительное ознакомление с теорией практически полностью преодолевает последствия опережающего проведения лабораторных работ. По этому пути вы должны пойти.

Если вы хотите вовремя отчитаться по лабораторным работам и, естественно, в конце семестра "без проблем" получить зачет, то не упускайте из виду следующее:

1. К каждой работе следует предварительно подготовиться. Описание работы можно получить в библиотеке либо на соответствующей кафедре и взять его на дом. Предварительно ознакомившись с определенными разделами теории, заготовьте план и схемы проведения опыта, подготовьте формы таблиц для записи результатов наблюдений.

2. Активно участвуйте в проведении эксперимента. Не будьте статистом, ограничивающимся "записыванием" получаемых данных, в то время как другие интенсивно работают.

3. Будьте внимательны и собраны на всех этапах лабораторной работы: при воспроизведении явления, измерении его параметров, при анализе и обработке полученных результатов. Помните о технике безопасности при проведении работы!

4. Стремитесь получить окончательное решение, искомые зависимости, графики и т.д., не выходя из лаборатории. Это позволит вам сразу оценить качество полученных результатов, а в случае их ошибочности тут же повторно воспроизвести эксперимент. Очевидно, что, покинув лабораторию, вы теряете эту возможность и лабораторная работа "зависает".

5. Заведите себе правило - оформлять отчет о лабораторной работе и отчитываться по ней на том же занятии. Не забывайте завершать отчет анализом полученных результатов: какие зависимости подтверждены или выявлены, какова степень их приближения к теоретическим соотношениям, причина отклонений и т.д.

### 3.9. Графические и расчетно-графические работы - школа пространственного мышления

Графические работы начинаются на первом курсе в виде черчения, а расчетно-графические сопровождают курс теоретической механики.

Помните:

1. Научиться чертить - это значит овладеть наиболее информативным языком техники.

2. Инженер немислим без пространственного мышления. Ничто так его не развивает, как начертательная геометрия и черчение. Они формируют своеобразную логику конструирования.

3. Сосредоточивайте выполнение графической работы на первой половине семестра, пока не начитан теоретический материал по другим дисциплинам и не требуется выполнение по ним заданий.

4. Насколько четко и ясно надо излагать свои мысли, настолько необходима аккуратность и выразительность при воспроизведении чертежа. Небрежность — частая причина ошибок.

5. Черчение требует выдержки, собранности, учит не пренебрегать мелочами, прививает системность и логику в работе.

### 3.10. Курсовое и дипломное проектирование — сфера проявления оригинальности инженерного мышления

Сегодня каждому понятно, что для реализации любого технического решения необходимо предварительно создать его расчет. Отметим, что основное формирование инженера-электромеханика идет в процессе проектирования, ибо оно являет собой сочетание изобретательности, теории и практики.

Несколько пожеланий-рекомендаций:

1. Работу над проектом следует начинать сразу же после получения задания. Причем стараться центр ее тяжести перенести на первую половину семестра, которая обычно более свободна.

2. После проработки и расчетов, необходимых для определения размеров проектируемого устройства, его функциональной структуры, сразу приступайте к выполнению графической части проекта. Очень часто студенты недооценивают ее большую трудоемкость и занимаются самообманом — проводят второстепенные расчеты, полагая при этом, что успешно работают над проектом.

3. В процессе проектирования промежуточные результаты надо непрерывно анализировать с трех точек зрения: а) здравого технического смысла; б) работоспособности устройства и его совместимости с другими узлами системы; в) габаритов, собираемости и монтируемости.

4. Имейте в виду, что руководитель проекта — это главным образом консультант. Решающее слово в принятии решения за вами, за

студентом. Вам защищать проект и отвечать за правильность принятых технических решений.

5. Помните, что именно в проектировании вы можете наиболее ярко проявить нестандартность мышления. Обычно за время работы над проектом, особенно дипломным, у студентов особенно ярко выявляются инженерные способности, а также склонность к тем или иным областям науки и техники.

### 3.II. Производственная практика - фундамент быстрой адаптации молодого инженера на производстве

За время обучения в институте вам предстоит пройти четыре вида практики: учебную (ознакомительную) по окончании первого курса (продолжительность 4 недели), технологическую после третьего курса (8 недель), конструкторско-технологическую после четвертого курса (8 недель) и, наконец, преддипломную в десятом семестре (4 недели). Общая цель практик - формирование высококвалифицированного специалиста, который наряду с глубокими теоретическими знаниями фундаментальных и специальных наук должен овладеть необходимыми практическими навыками и эффективно применять их в инженерной деятельности.

Для успешного прохождения практики кафедра назначает из числа ее преподавателей руководителя, который заблаговременно согласовывает на предприятиях все организационные вопросы, график прохождения практики, ее содержание и тематику индивидуальных заданий. Руководитель от кафедры до начала практики проводит организационное собрание студентов. На нем он информирует их о задачах, содержании и порядке прохождения практики.

На предприятиях общее руководство практикой студентов осуществляется одним из руководящих работников, а непосредственными руководителями назначаются высококвалифицированные специалисты цехов, отделов, лабораторий и других подразделений. Они создают студентам необходимые условия для приобретения определенных знаний и особенно умений по специальности, а также в области экономики.

Если база практики имеет возможность, то студенты в этот период работают на оплачиваемых должностях, но они не освобождаются от обязанности систематического, своевременного выполнения полного объема программы практики. Перед окончанием практики ее руко-

водитель от института сообщает студентам о сроках и порядке сдачи зачета.

Перед началом практики каждый студент наряду с типовым заданием дополнительно получает и индивидуальное задание. Последнее должно соответствовать профилю профессиональной специальности студента, быть в научно-техническом и практическом плане актуальным, как для кафедры, так и для предприятия - базы практики.

Итак, вы отправляетесь на практику.

При себе необходимо иметь паспорт, студенческий билет, две фотографии для пропуска, удостоверение-направление на практику, дневник практики с сформулированным в нем индивидуальным заданием кафедры.

Ваши обязанности во время прохождения практики в основном будут сводиться к следующему:

а) эффективно и полностью выполнять задания в соответствии с программой практики;

б) подчиняться правилам внутреннего распорядка предприятия - базы практики;

в) изучать и строго соблюдать правила охраны труда, особенно техники безопасности, требований пожарной безопасности и производственной санитарии;

г) участвовать в рационализаторской и изобретательской работе по заданию кафедры;

д) выполнять задания по общественно-политической практике; участвовать в общественной жизни коллектива предприятия;

е) отвечать за выполняемую работу и ее результаты наравне со штатными сотрудниками;

ж) аккуратно вести дневник производственной практики установленного образца, а также рабочую тетрадь, в которой рекомендуется вести записи о содержании прослушанных лекций и бесед, технических отчетов, инструкций и т.п., а также делать эскизы и зарисовки;

з) по материалам дневника в рабочей тетради составить письменный отчет о практике, в нем особо отразить результаты выполнения индивидуального задания;

и) сдать отчет, защитить его и получить дифференцированный зачет по практике.

### 3.12. Экзамен, защита - это трудный и ответственный этап

Цель зачетов, экзаменов, защит курсовых работ и проектов: во-первых, это методический прием, с помощью которого стимулируется повторение, углубленное системное изучение и, наконец, усвоение пройденного материала; во-вторых, возможность проверить, насколько студент овладел курсом и можно ли базироваться на приобретенных знаниях при изучении последующих дисциплин. Есть и третья сторона. В процессе ответа, доклада студент учится владеть собой, мыслями, речью, вести дискуссию в сугубо экстремальной для него ситуации. Если экзамен письменный, то у студента развивается способность логично и грамотно излагать суть вопроса.

Зачетная неделя и продолжающая ее сессия длятся примерно месяц. Занятия по расписанию прекращены. Необходим переход на другой режим. Он должен включать в себя три сравнительно длительных периода напряженной работы: с утра до обеда, после обеда до ужина, от ужина до отхода ко сну. В конце каждого периода необходим отдых, причем желательно активный. Кино, театр, танцы должны быть исключены.

Берегите себя от простуды и несвойственных вам физических нагрузок. При нервных перегрузках, которые имеют место на экзаменах, организм ослаблен и, соответственно, более склонен ко всяким "срывам" и восприимчив к заболеваниям.

Перед экзаменационной сессией обязательно нужно иметь программу курса либо перечень охватывающих его вопросов. Это систематизирует и конкретизирует вашу работу.

Не забывайте, что конспект содержит только минимум необходимых знаний. Прорабатывайте материал по учебникам. Это обеспечит вам более высокую оценку.

Можно рекомендовать двухступенчатый метод освоения той или иной технической дисциплины. На первом этапе по всему курсу усваивают по взаимосвязи все понятия, определения, существо протекающих процессов, теоретические положения. При этом не обращают внимания на математическое описание явления, вывод формул и т.д. Это формирует инженерное мышление в изучаемой области. На втором этапе осваивают математизированную часть предмета.

Улучшает подготовку к экзамену краткое (повторное) конспектирование изучаемого материала.



Получив билет или набор вопросов, не торопитесь! Не начинайте писать ответы, не уяснив до конца смысла вопросов. Лучше переспросите преподавателя. Вначале составьте план ответа. Учтите типичные ошибки: студент либо отвечает не на тот вопрос, который поставлен, либо ищет в нем скрытый, заумный смысл.

При ответе не волнуйтесь. Преподаватель вам друг и союзник. Отвечать следует спокойно, продуманно. Обширный по объему и глубокий по содержанию, но нелогичный ответ не повышает оценки ваших знаний. Знания, которые вы носите в себе, но не можете изложить слушателям, имеют весьма относительную ценность. Инженер должен уметь четко излагать свои мысли.

В заключение несколько пожеланий для успешной защиты курсовых и дипломных проектов:

1. Целесообразно построить сообщение, доклад следующим образом: обоснование постановки задачи проектирования (главным образом, дипломного); цель проекта (сущность задания); путь достижения цели (проделанная работа); полученные результаты (заключение).
2. Время, затрачиваемое на комментарии к одному чертежу, плакату, не должно превышать 1,5 минуты (оптимально 1 мин.). Неосвещенные аспекты проясняйте после доклада в ответах на вопросы (если они возникнут у членов комиссии).
3. Делайте доклад, стоя лицом к аудитории, а при пояснении изображенного на листах — в полоборота к ней. Стоять спиной к комиссии — неприлично.
4. Помните, что указка дана вам не для того, чтобы занять руки. Используйте ее по назначению: иллюстрируйте доклад содержанием чертежей, плакатов.

### 3.13. Если вас постигла неудача...

1. Никого не вините в случившемся, а только себя. Глубоко рассмотрев всю цепь событий, вы в этом убедитесь сами.
2. Не раскисайте, а соберитесь внутренне. Немедля проанализируйте ситуацию и выясните причину неудачи.
3. На основе выявленных причин тут же выработайте подробный план преодоления возникших трудностей и безотлагательно приступайте к его реализации.
4. Помните, что только упорство, помноженное на большой труд, гарантирует достижение цели. "Ничто не приносит успеха, кроме успеха. Только победа обеспечивает победу. Рано или поздно каждому

дается столько, сколько он себе пожелал. Позитивная установка — это уже успех..." [5].

#### 4. В ОБШИРНОМ МИРЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ...

##### 4.1. В библиотечных поисках нужной публикации вам помогут каталоги и картотеки

На пороге XXI века поток информации огромен. К ней приходится обращаться при выполнении научной, проектной и учебной работы. Ориентироваться в ее море помогают три науки: информатика, библиотекведение и библиография.

Информатика изучает закономерности сбора, обработки, хранения, поиска и распространения научных документов на базе современных технических средств.

Библиотекведение изучает цели, принципы, содержание и формы общественного пользования книгами.

Библиография — деятельность по подготовке и передаче информации о произведениях печати и письменности. Еще в старину библиографию называли "золотым ключом" ко всем знаниям. Путеводителями по сокровищнице знаний — библиотеке служат каталоги, картотеки, справочники и библиографические указатели.

Знакомство с фондами библиотеки начинается с каталогов. Они состояются из карточек, каждая из которых — описание книги, брошюры, статьи и т.д. Оно представляет собой собрание важнейших сведений о публикации: ее автор, наименование, место издания (либо название журнала) и год (для журнала и его номер), страницы. В левом верхнем углу карточки приводится индекс универсальной десятичной классификации (УДК). Если это книга, то в том же углу дается шифр — условное обозначение ее места на полке.

Заметим, что упомянутое описание осуществляется на основе нормативного документа "Система информационно-библиографической документации. Библиографическое описание произведений печати". (ГОСТ 7.1-84).

В зависимости от назначения каталоги могут быть: алфавитные, систематические и предметные.

К алфавитному каталогу следует обращаться, когда вам известна фамилия "первого" автора, а если их более трех, то название книги,

статьи. Здесь карточки-описания всех книг, независимо от их содержания, расположены в алфавитном порядке. Последний соблюдается не только по первым, но и по следующим буквам слов. Труды научно-исследовательских институтов и вузов следует искать в алфавитном каталоге на название института.

На каждом картотечном ящике каталога укреплена этикетка с указанием букв алфавита или слогов, с которых начинается первое и последнее издания в данном ящике. Внутри него установлены разделители (обычно из цветного картона), на которых указаны начальные слоги, фамилии, наименования учреждений. Это ускоряет поиск необходимой карточки. Если вам нужно узнать, сколько имеется в библиотеке экземпляров данной книги, то следует подсчитать количество инвентарных номеров на обороте карточки.

Кроме книжного, обычно имеется еще и алфавитный каталог периодических изданий. Здесь приводится подробный алфавитный перечень журналов, имеющих в библиотеке.

В систематическом каталоге все карточки в зависимости от содержания книг рассматриваются по отраслям знаний на основе десятичной либо иной классификации.

В предметном каталоге фонды библиотеки раскрываются по содержанию. Здесь группирование литературы ведется по предметам, явлениям, понятиям, проблемам. Каждый вопрос, выделенный в предметном каталоге, формируется так, чтобы основное содержание предмета определялось первым словом. При этом рубрики каталога размещены по алфавиту первых слов. Такой каталог имеется не во всех библиотеках.

Кроме упомянутых видов каталогов иногда создаются и специальные. Например, каталоги стандартов, авторских свидетельств и патентов, графических изданий, микрофильмов и т.д.

Очень важна, к сожалению, не везде ведущаяся картотека журнальных и газетных статей. Здесь отражены материалы, опубликованные в журналах, сборниках научных трудов, "Ученых записках", газетах и т.д. Такая картотека обычно строится по схеме систематического каталога.

#### 4.2. Классификация литературы создает информационный порядок

Существуют десятки библиотечных схем классификаций печатных изданий. Однако в СССР используются в основном две: универсально-десятичная (УДК); библиотечно-библиографическая (ББК).

Для классификации литературы по технике обычно используют УДК, а для общественно-политической — ББК. Основной недостаток УДК — ее многие разделы не соответствуют современному уровню развития науки. Сущность УДК в том, что все книги и статьи условно делятся на десять основных отделов, имеющих цифровое обозначение (индексы). Каждый имеет подотделы, которые в свою очередь делятся на более мелкие разделы. Индекс подотдела записывается второй цифрой, а следующие за ним разделы — третьей (рис.2).

В ББК индекс основных делений состоит из заглавных букв русского алфавита, а при дальнейшем подразделении используются цифровые обозначения. Например, VI — математика; VI0 — элементарная математика; VI1 — высшая математика; VI2 — основания математики и т.д.

#### 4.3. Как не утонуть в информационном потоке

Культура современного инженера, его творческие возможности во многом определяются умением владеть необходимой информацией, способностью отыскать и выбрать нужные материалы. Академик Вавилов С.И. заметил: "Современный человек находится перед Гималаями книг в положении золотоискателя, которому надо отыскать крупинки золота в массе песка" [7].

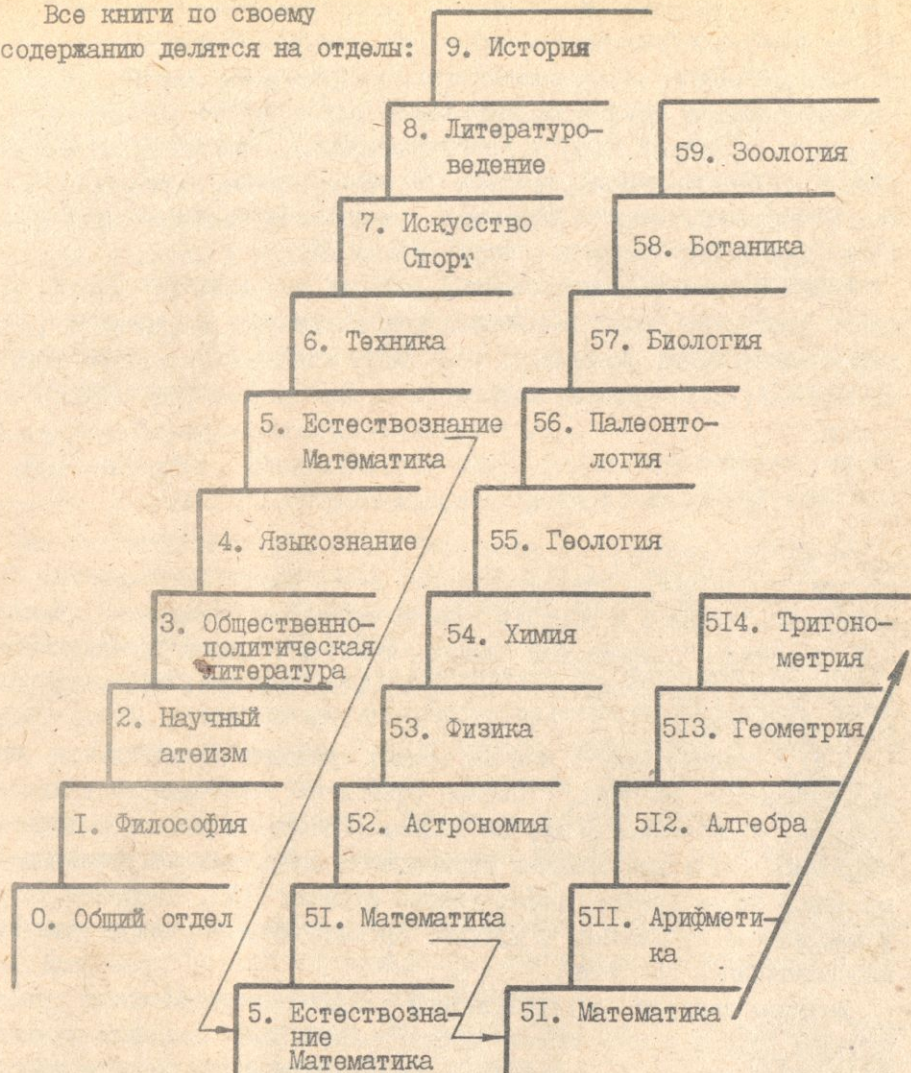
В эту трудную минуту вам на помощь приходят справочные и библиографические пособия. К первым относятся различные энциклопедии, словари, справочники и другие издания. Вторые включают в себя все важнейшие советские издания регистрационной, текущей общей и отраслевой библиографии, реферативные журналы (РЖ), сборники, информационные публикации и другие. Просматривая их, вы решите свои информационные проблемы.

Ведущим центром государственной учетно-регистрационной библиографии (здесь даются только библиографические описания печатной продукции, она не аннотируется и не реферруется, содержание определяется по названию) является Всесоюзная книжная палата. Ею издаются следующие основные государственные библиографические источники, выходящие еженедельно:

указатель "Книжная летопись" (издается с 1907 года); он имеет основной выпуск и дополнительные: "Книги и брошюры", "Авторефераты диссертаций";

указатель "Летопись журнальных статей" (издается с 1926 года);  
бюллетень "Новые книги".

Все книги по своему  
содержанию делятся на отделы:



Каждый отдел  
делится на подотделы

Подотделы делятся на более  
мелкие подразделения

Рис.2.

Основным центром научно-вспомогательной библиографии (здесь приводятся не только библиографические описания, но и аннотации, рефераты, переводы) является Всесоюзный институт научной и технической информации (ВИНИТИ). Им издаются:

Реферативный журнал (РЖ). Так, например, будущего инженера по автоматизации машиностроения должны интересовать сводные тома РЖ: "Автоматика и вычислительная техника" (имеются также отдельные выпуски, входящие в сводный том: "Автоматика и телемеханика", "Вычислительные машины и системы", "Программное обеспечение", а также не входящий в него - "Техническая кибернетика") и "Технология машиностроения" с отдельно входящими в сводный том выпусками: "Резание металлов. Станки и инструмент", "Технология и оборудование механосборочного производства", а также не входящий в сводный том выпуск "Промышленные роботы".

Экспресс-информация, выпускаемая сериями. Большого внимания заслуживают серии: "Вычислительная техника", "Приборы и элементы автоматики и вычислительной техники", "Робототехника", "Системы автоматического управления" и "Техническая кибернетика".

Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ) издает с 1968 года библиографическую информацию "Алгоритмы программ", а также с 1976 года ежемесячный указатель "Новые зарубежные книги". Следует иметь в виду, что издательство "Мир" начиная с 1957 года выпускает ежемесячный бюллетень "Новые книги за рубежом". Вас заинтересует серия Б "Техника" этого издания.

Заслуживают особого внимания научно-библиографические публикации Всесоюзного научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по машиностроению и робототехнике (ВНИИТЭМР), в частности, "Обзорная информация" (издается с 1986 года) серии: "Металлорежущее оборудование"; "Режущие инструменты"; "Технология металлообрабатывающего производства"; "Робототехника", "Автоматизированные системы проектирования и управления"; "Экспресс-информация" (выпускается с 1984 года) серии: "Автоматические линии и металлорежущие станки"; "Гибкое автоматизированное производство"; "Автоматизированное производство и робототехника".

В заключение отметим, что поиск нужной литературы необходимо вести по плану. При этом продумать и уточнить границы темы, определиться по годам поиска и видам произведений печати. Затем обратиться к каталогам, картотекам, библиографическим изданиям.

Отсутствующие в фонде данной библиотеки книги, журналы и т.д. можно заказать и получить из другой библиотеки СССР по так называемому межбиблиотечному абонементу.

#### 4.4. Библиографическое описание – паспорт всякой публикации

Если вам нужно узнать номер телефона приятеля, то вы набираете 09. Прежде чем вы получите ответ, вам придется сообщить его фамилию, имя, отчество, место жительства. То есть дать совокупность сведений о нем. Аналогично обстоит дело, когда вы хотите выписать и получить то или иное издание в библиотеке либо по межбиблиотечному абонементу. В этом случае необходимо дать совокупность сведений о требующейся публикации, ее библиографическое описание. Причем набор и последовательность подачи сведений регламентируется стандартом [8]. К нему следует обратиться при серьезном изучении любых вопросов, связанных с библиографическим описанием того или иного документа.

Мы рассмотрим наиболее часто встречающиеся случаи на сокращенных по объему информации, но типичных примерах и прокомментируем их.

Чаще всего мы пользуемся однотомными изданиями. Причем количество авторов обычно не превышает трех. Тогда библиографическое описание имеет примерно такой вид:

Вершинин О.Е. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ние, 1986. – 208 с.

Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов: Учеб.пособие для студ.вузов, обучающихся по спец."Робототехнические системы". – М.: Высш.шк., 1986. – 264 с.

Когда авторов более трех и имеется редактор издания, библиографическое описание составляется под заглавием.

Пример.

Микропроцессоры: Системы программирования и отладки/ В.Л.Мясников, М.Б.Игнатъев, А.А.Кочкин, Ю.Е.Шейнин; Под ред.В.А.Мясникова, М.Б.Игнатъева. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 272 с.

Если авторов очень много, то допускается ограничиться первыми тремя.

Например:

Многоцелевые системы ЧПУ гибкой механообработкой/ В.Н.Алексеев, В.Г.Воржев, Г.П.Гырлымов и др.; Под общ.ред. В.Г.Колосова. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. - 224 с.

В случае одного автора многотомного издания, отдельный том которого мы используем, описание проводится так:

Савельев Н.В. Курс общей физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика: Учеб.пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. - М.: Наука, 1982. - 432 с.

То же при большом авторском коллективе:

Микропроцессоры в 3-х кн. Кн.1. Архитектура и проектирование микроЭВМ. Организация вычислительных процессов: Учеб.для вузов/ П.В.Нестеров, В.Ф.Шаньгин, В.Л.Горбунов и др.; Под ред. Л.Н.Преснухина. - М.: Выс.шк., 1966. - 495 с.

Библиографическое описание статей из так называемых сериальных изданий (журналов, газет, сборников), книг, тезисов докладов или других изданий проводится следующим образом. При количестве авторов менее четырех:

Гобземес А.Ю., Удалов В.И. Методы тестового контроля микропроцессорных устройств. - Автоматика и вычислительная техника, 1978, № 6. - С.18-26.

В случае, когда коллектив авторов более трех человек:

Программное обеспечение для обработки пространственной географической информации/ Ю.Р.Архинов, В.М.Московкин, М.В.Понасюк и др.// Вестн. Моск.ун-та. Сер.5, География. - 1982. - № 4. - С.102-103.

Кратко прокомментируем приведенные примеры. Как видно, библиографическое описание книги или ее части (главы, параграфа...), а также статьи при числе авторов, не превышающем трех, начинается с перечисления авторов. Если их больше - с заглавия, а после него (под косой чертой) даются авторы. Обратите внимание, что инициалы авторов в первом случае идут после фамилии, а во втором - до нее.

После указания авторов и названия работы при описании книги, брошюры либо другого отдельного издания указывается место его выпуска. При этом допускаются сокращения: Москва - М., Ленинград - Л., в остальных случаях обязательно полное наименование населенного пункта. Затем дается название издательства и, наконец, год издания. В заключение приводятся сведения об объеме.



При описании статьи, после сведений об авторах и ее заглавия дается название журнала, сборника и т.д., год, номер, страницы.

Библиографическое описание нормативных и технических документов имеет свои особенности. Например, отдельно изданный стандарт:

ГОСТ 21024-75. Манипуляторы. Термины и определения. Введ. 01.07.76 до 01.01.83. - М.: Изд-во стандартов, 1975. - 6 с.;

авторское свидетельство

А.с. 1007970 СССР, МКИ<sup>3</sup> В25 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов/ В.С.Ваулин, В.Г.Кемайкин (СССР). - Опубл.30.03.1983. Бюл.№ 12. - 2 с.: ил.;

промышленный каталог:

Структурные логические элементы и устройства программного управления станками и промышленными роботами. Каталог. - М.: НИИмаш, 1979. - 67 с.

В заключение еще раз напомним, что приведенные примеры библиографических описаний являются существенно сокращенными. Более полное описание (включающее даже размеры издания) вы сможете провести, воспользовавшись упомянутым выше ГОСТом.

#### 4.5. Библиографический список - неотъемлемый элемент всякой научно-технической работы

Вы закончили реферат, студенческую научно-исследовательскую работу, курсовой либо дипломный проект. В конце отчета о работе, реферата, расчетно-пояснительной записки вы должны привести список использованных источников (цитируемых, заимствуемых, рассматриваемых, упоминаемых и т.д.). Последние должны представляться в виде упомянутых выше библиографических описаний. Как правило, в списке их располагают по алфавиту и нумеруют по порядку.

Для связи текста вашей работы с описаниями в библиографическом списке используют специфические отсылки, приводимые в соответствующих местах текста. ГОСТ [7] допускает различные формы отсылок, однако наиболее целесообразно давать их в виде цифр (порядковых номеров в списке), заключенных в квадратные скобки.

Тот же ГОСТ в списках использованных источников разрешает значительные сокращения библиографического описания (что мы и сделали в предыдущем параграфе). При этом оно как минимум должно содержать совокупность сведений, необходимых и достаточных для общей характеристики источника, его идентификации и поиска. Отсюда следует, что ранее приведенные описания могут быть еще более со-

крашены (например, данные, подчеркнутые штрихпунктирной линией).

В заключение отметим, что библиографическое описание любой публикации включают в упомянутый список только один раз. В расположенных подряд описаниях совпадающие сведения в последующих заменяют словами "то же", "его же" и т.п.

## 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ИСТОРИЯ, ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ, ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

### 5.1. История автоматизации

История отраслей науки и техники, на которых базируется специальность 21.03, чрезвычайно обширна. Это история развития металлообрабатывающих станков, технологии, специфических роботов, вычислительной техники, систем управления и диагностики, а также их программно-математического обеспечения. Поэтому рассмотрим ее крупным параллельным планом и проследим процесс "слияния" современной вычислительной техники с технологией, оборудованием с целью их автоматизации.

В эпоху неолита (8-7 тыс. лет до н.э.) появились первые приспособления для сверления отверстий в камне. Затем (4-3 тысячи лет до н.э.) - гончарный круг и вращающиеся точильные камни. Это были прообразы сверлильных, токарных, карусельных и шлифовальных станков. В качестве вычислительного инструмента применялся АБАК, основанный на использовании счетных камешков (*Calculus*).

В XIV веке изобретен токарный станок с педальным приводом и прерывистым возвратно-вращательным движением заготовки. Только через столетие подобный станок получил непрерывный привод. В XVII веке на таких станках уже нарезали резьбу и обтачивали овалы изделия. В XVI веке созданы станки для расчистки отлитого канала ствола артиллерийских орудий. В 1645 году в Москве создается "ствольная мельница". В 1623 году немецкий ученый В.Шиккард сконструировал первую простейшую вычислительную машину. Она осуществляла сложение и вычитание. В 1641 году Б.Паскаль создал более совершенную машину.

В том же веке П.Хенлейном (Германия) изобретены часы с пружинным двигателем. В них впервые использовались принципы и отдельные механизмы, получившие в дальнейшем распространение в автоматах. В 1975 году в Голландии Х.Гюгенсом изобретены маятниковые часы. В

конце XVIII века появились первые арифмометры. Они предназначались для выполнения четырех арифметических действий и широко применялись во всех странах до недавнего времени.

В конце XVII века появились станки для нарезания зубьев шестерен, а в начале XVIII — для изготовления деталей сложной конфигурации. В 1712 году преподаватель Навигацкой школы в Москве Андрей Константинович Нартов продемонстрировал созданный им автоматический токарно-копировальный станок — первый в истории человечества станок с программным управлением. Здесь программносителем, правда "жестким", был копир. Им же в 1738 году предложен станок со сменными зубчатыми колесами для нарезки крупных винтов.

В 1765 году русский механик И.И.Ползунов изобрел автоматический регулятор питания парового котла, а в 1784 году англичанин Дж.Уатт — центробежный регулятор скорости паровой машины. Это обеспечило ее широкое использование для привода станков, машин и механизмов.

Весьма продуктивным был XIX век. В 1808 году Ж.Жаккар во Франции создает ткацкий станок с программным управлением от перфокарт для производства узорчатых тканей. В нем смена перфокарты обеспечивала воспроизведение нового запрограммированного узора. В 1815 году изобретателем Модсли реализована первая автоматическая станочная линия. Она изготавливала корабельные блоки. В 1830 году русский ученый П.Л.Шиллинг изобрел магнитоэлектрическое реле — один из основных элементов электроавтоматики. В середине XIX века (1850 г.) Гастон Дешан продемонстрировал автоматическую укротительницу змей — своеобразный робот.

В это же время англичанин Ч.Бэббидж выдвигает идею создания универсальной вычислительной машины. По его замыслу она должна содержать "мельницу" (процессор, АЛУ), "склад" (память, ОЗУ, ПЗУ), устройства управления последовательностью операции и ввода-вывода данных.

В 1868 году в России С.Праусс создал автоматический указатель скорости движения поезда, а через десять лет инженер В.Зельман и механик О.Графтио — прибор для автоматической регистрации скорости движения поезда, времени его прибытия, продолжительности остановки, времени отправления и местонахождения. В 1872 году русский ученый электромеханик В.Чижиков впервые продемонстрировал на I-ой Московской политехнической выставке электропривод к швейной машине. В 1893 году Джордж Мур построил механического человека — робота.

Он имел привод от паровой машины мощностью 0,5 л.с., развивал скорость 14 км/час, а сигара во рту служила дымоходом. XIX век (1893 - 1895 годы) завершился созданием С.М.Апостоловым-Бердичевским совместно с М.Ф.Фрейденом первой в мире автоматической телефонной станции.

С начала XX века все большую роль в техническом прогрессе приобретает коллективное творчество. Время изобретателей-одиночек уходит в прошлое. В первом десятилетии, после изобретения регуляторов напряжения интенсивно развивается электропривод производственного оборудования. С 20-х годов началось применение счетно-аналитических машин. В тридцатые годы XX века широкое распространение получают гидравлические устройства. Это обусловило появление автоматических многошпиндельных агрегатных станков с гидроприводом и релейно-контактной автоматикой, а в 40-е годы автоматических линий на их основе. В 1944 году в США создана электромеханическая релейная вычислительная машина "Марк-1". В ней через 100 лет воплотились идеи Ч.Бэббиджа.

В 1935 году в АН СССР начала работать Комиссия телемеханики и автоматики. Она вела обобщение и координацию научно-технических работ в этой области. В период 1928-1941 годов в СССР созданы первые заводы, выпускающие аппаратуру для автоматизации производственных процессов. С 1945 года началась эра ЭВМ. В США под руководством Д.Моугли и Д.Эккерта-первая действующая ЭВМ на электронных лампах. В 1950 году в Ульяновске начал функционировать первый завод-автомат, выпускающий поршни автомобильных двигателей. В это же время в Киеве испытана первая отечественная ЭВМ, спроектированная под руководством С.А.Лебедева.

В конце 50-х годов разработаны первые станки с ЧПУ, широко используемые в системах управления элементы вычислительной техники. В середине 60-х созданы многооперационные станки с автоматической сменой инструмента. Их системы ЧПУ уже содержали в своем составе микроЭВМ. В начале 70-х годов появились гибкие производственные модули (ГПМ), а в 80-х - гибкие производственные системы (ГПС) с многоуровневыми системами управления станками от центральной ЭВМ.

## 5.2. Современные тенденции в развитии машиностроения

Развитие машиностроения характеризуется следующими основными тенденциями:

постоянным требованием повышения производительности общественного труда как важнейшего показателя эффективности народного хозяйства;

постоянным увеличением объема производства машиностроения при одновременном расширении номенклатуры выпускаемых изделий;

более быстрой сменой выпускаемых моделей машин в связи с ускорением технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства.

Эти тенденции в своей основе противоречивы. С одной стороны необходимо обеспечивать непрерывный рост производительности труда, что требует развития специализированного и высокоавтоматизированного оборудования. С другой — быстрая смена моделей и расширение номенклатуры приводит к снижению серийности выпуска и требует развития универсального оборудования.

Единственным путем разрешения многих противоречий в упомянутых тенденциях является автоматизация производства и в частности ее гибкая (быстро перенастраиваемая с одного изделия на другое) форма. При этом обеспечивается высокая производительность при частой смене моделей машин и расширении их номенклатуры.

### 5.3. Уровни автоматизации станочного оборудования

Как видно из предшествующего, средства производства, выпускаемые станкостроением, имеют два полюса:

универсальные станки с ручным управлением, которые обеспечивают наибольшую гибкость производства и быстроту его приспособления на выпуск практически любой продукции; однако они обладают низкой производительностью и требуют огромной армии станочников (не менее двух человек на одну единицу технологического оборудования);

автоматические линии с жесткой программой работы обеспечивают наиболее высокую производительность труда; они требуют наименьшего привлечения рабочей силы, обеспечивают стабильность качества, но практически не приспособлены к смене выпускаемой продукции; трудно перестраиваются даже при сравнительно небольших изменениях в конструкции заготовки. Развитие автоматизации позволяет поднять

производительность труда, но как правило сопровождается снижением универсальности и сужением технологических областей применения.

Автоматизация имеет целью исключить последовательно различные функции, выполняемые рабочим-станочником.

Первый уровень автоматизации. Управление последовательностью и характером движений с целью получения заданной формы, размеров и качества поверхности обрабатываемой детали. Эту группу операций назовем автоматизацией цикла обработки. Наиболее полное воплощение автоматизация этого рода получила в применении числового программного управления, где обеспечивается возможность оптимально осуществлять эти функции управления на практически неограниченной номенклатуре деталей. Производительность труда возрастает от 2 до 4 раз по сравнению со станками, имеющими ручное управление. Качество продукции существенно повышается.

Второй уровень автоматизации. Кроме цикла обработки осуществляется автоматизация постановки и снятия заготовок со станка — автоматизация загрузки. Это весьма эффективная область автоматизации, позволяющая рабочему обслуживать несколько технологических единиц оборудования, т.е. перейти к многостаночному обслуживанию.

Наибольшей универсальностью и быстротой переналадки среди различных видов загрузочных устройств обладают промышленные роботы.

По мере снижения требований к скорости переналадки загрузочных устройств, по мере увеличения размера партии обрабатываемых деталей можно использовать более простые средства для загрузки деталей в рабочую зону. На многоцелевых станках такими средствами очень часто служат автооператор и спутники (палеты), несущие приспособление и обрабатываемую деталь.

Третий уровень автоматизации. Здесь кроме цикла обработки и загрузки заготовок осуществляется автоматизация следующих функций, ранее выполнявшихся станочником:

контроль за состоянием инструмента и своевременная его замена (контроль за фактическим ресурсом каждого инструмента и размерный контроль положения режущих кромок);

контроль качества обрабатываемых деталей (размеров, а в необходимых случаях шероховатости обрабатываемой поверхности);

контроль и подналадка технологического процесса (адаптивное управление);

контроль за состоянием станка (диагностика) и удаление стружки.

Автоматизация перечисленных выше функций дополнительно освобождает человека от постоянной связи с машиной и позволяет расширить сферу обслуживания оборудования одним человеком. Такая автоматизация обеспечивает длительную работу оборудования по обработке деталей одного наименования при минимальном участии или даже без участия человека в течение одной-двух смен. Широкое распространение такого метода ограничено необходимостью иметь достаточный запас деталей одного наименования для работы оборудования в течение нескольких смен.

Четвертый уровень автоматизации. Он предусматривает переналадку оборудования, позволяющую создать гибкие автоматизированные системы.

Переналадка оборудования на обработку изделия другого наименования пока на существующем оборудовании осуществляется вручную. Если процесс переналадки технически не подготовлен, то он может занимать значительную часть общего календарного времени (от нескольких часов до целой смены и больше). Чем чаще требуется переналадка (из условий производства), тем больше оказываются потери времени и сужается зона обслуживания одним рабочим. Поэтому одной из центральных задач на современном этапе является совершенствование систем переналадки оборудования (применяемых приспособлений, инструмента и оснастки, методов задания циклов и режимов обработки, упрощение переналадки загрузочных устройств, контрольных систем и т.д.). В идеале следует стремиться к созданию оборудования и всех сопутствующих вспомогательных устройств, которые были бы способны осуществить автоматическую переналадку оборудования.

Такое оборудование практически является не критичным к размеру обрабатываемых партий деталей, пригодно к выпуску сборочных комплектов, необходимых для обеспечения ритмичной работы соответствующих цехов, позволяет существенно сократить объемы незавершенного производства, свести к минимуму производственный цикл изготовления изделий.

Высокая стоимость всех средств автоматизации, технические трудности, стоящие на пути создания высоконадежного оборудования и средств контроля и управления пока сдерживают широкое использование в машиностроении этой наиболее высокой ступени автоматизации.

#### 5.4. Этапы развития систем числового программного управления

Как видно из предшествующего, автоматизация технологических процессов в значительной мере определяется развитием систем ЧПУ (СЧПУ). В нем прослеживается 4 поколения. Конечно, подобное деление весьма условно, однако позволяет упорядочить рассмотрение вопроса.

Первое поколение сформировалось в начале 60-х годов. Конструкторы СЧПУ стремились поставить в цехе непосредственно у станка возможно более простое электронное оборудование. Это повышало его надежность. Получили распространение системы с записью управляющей программы на магнитную ленту. При этом не применялось кодирование информации. Здесь задание на перемещение исполнительного органа, несущего инструмент или деталь, отображалось, например, фазой или напряжением аналогового сигнала датчиков и записывалось на магнитную ленту при обработке станком "первой детали". Достоинство этих СЧПУ — простота средств управления на нижнем уровне (непосредственно у станка). Существенные недостатки: невозможность изменить программу без перезаписи всей ленты, удлинненный цикл технологической подготовки производства.

В других СЧПУ этого периода программа первоначально составлялась оператором вручную (или с применением универсальной ЭВМ) и записывалась на перфоленту с последующей перезаписью на магнитную ленту. При этом требовались отладки программы: а) предварительная (для коррекции перфоленты); б) промежуточная (для коррекции магнитной ленты) с входом на графопостроитель; в) окончательная (на станке).

Следует отметить, что магнитная лента разрушается при хранении в производственных условиях. Это затрудняет формирование библиотек управляющих программ.

При всех недостатках СЧПУ первого поколения они сыграли важную роль в прогрессе механообработки и до настоящего времени применяются в промышленности. С их помощью повышена производительность оборудования практически до технических пределов, облегчен труд станочников и немного сокращена потребность в них. Резервы дальнейшего повышения эффективности оборудования с СЧПУ лежали в сфере подготовки управляющих программ, а также в повышении надежности оборудования.



Второе поколение СЧПУ, так называемых систем *NC (Numerical Control* - числовое управление), связано с переходом устройств вычислительной техники на транзисторы. Возросла надежность, появилась возможность размещать цифровые вычислительные устройства непосредственно у станка. В этих СЧПУ программа поступает в закодированном виде на перфоленте. В частности в коде *ISO - 7 bit (ISO - International Organization for standardization)*.

Для систем *NC* характерна ориентация отдельных структурных единиц на выполнение определенных задач: интерполяции, ввода управляющих программ, управления скоростью и т.д. То есть каждая из задач решалась специальным устройством - аппаратурно. Соответственно алгоритмы функционирования в системах *NC* заданы структурно, жестко и не поддаются оперативным изменениям. В системах *NC* удалось расширить функции управления станком. Например, вводить с помощью клавиатуры некоторые заранее предусмотренные коррекции: на размер инструмента, на скорость подачи. Системы *NC* представлены многими отечественными моделями СЧПУ: "Зигзаг", "Контур", "Размер", Н-22, Н-33, Н-55; "Луч", "Курс", "Салют", "Модуль 2Т", ИЛКО-3М и др.

Недостатки систем *NC* обусловлены жесткостью их структуры:

а) они не приспособлены к управлению различными объектами. Отсюда обилие типов СЧПУ и трудности эксплуатации;

б) хранение управляющей программы на перфоленте и ее ввод частями (кадрами) требует использования фотосчитывающего устройства в стадии изготовления изделия; это снижает надежность системы;

в) отладка управляющих программ непосредственно на станке крайне затруднена из-за необходимости "перебивать" перфоленту.

Третье поколение СЧПУ, так называемые системы *CNC (Computerized Numerical Control* - компьютерное числовое управление), связано с появлением интегральных микросхем и БИС. Это дало возможность перенести к станку еще более мощные вычислительные средства - микроЭВМ. Указанные системы обеспечивают унификацию средств управления, т.е. являются многоцелевыми (МЦ). При этом они обладают достаточным объемом гибкой памяти, в которой можно хранить наибольшую программу обработки заготовки. Это наиболее перспективный тип СЧПУ как для управления автономными объектами, так и для функционирования в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и ГАП.

Следует отметить, что граница между системами *NC* и *CNC* довольно условна. Например, системы ИЛКО и Н-55 имеют структуру ЭВМ и

не содержат аппаратных узлов интерполяции, ввода и т.д. Однако их системное программное обеспечение хранится в постоянном запоминающем устройстве и не поддается оперативной перенастройке. Кроме того, емкость оперативной памяти этих систем размещает только один кадр управляющей программы.

Отечественная промышленность выпускает системы CNC типов 2У-32, 2У-85, 2С-42, 2Р-22, НЦ-31; НЦ80-31, "Размер-4" и др. Системы CNC имеют ряд разновидностей, характерные черты которых отражаются в названиях. В частности известны системы: HNC (*hand NC*) - с ручным заданием управляющей программы; SNC (*speicher NC*) - с хранением управляющей программы во внутренней памяти; VNC (*voice NC*) - приспособленные к управлению голосом; TNC (*total NC*) - с наиболее полным составом сервисных технических и программных средств, наиболее приспособленные к диалоговому режиму с оператором.

Четвертое поколение СЧПУ обусловлено появлением в середине 70-х годов недорогих мини-ЭВМ серии СМ. На последние можно возложить функции ЭВМ верхнего уровня управления группой станков с СЧПУ. За системами такого типа в механообработке утвердилось название DNC (*direct NC*) - прямое числовое управление от ЭВМ без промежуточного представления информации на перфоленте.

Заметим, что вариант непосредственного управления группой станков от одной ЭВМ с большими вычислительными возможностями хотя и дал название DNC, но не оправдал себя на практике. Такая структура ведет к низкой живучести системы. Отказ ЭВМ приводит к остановке участка и массовому браку.

Многоцелевые системы ЧПУ в составе ГАП, ориентированные на безлюдную технологию, автоматические системы технологической подготовки производства (АСТПП), автоматический контроль, диагностики, адаптацию и т.д., следует отнести к СЧПУ пятого поколения.

### 5.5. Что такое гибкие автоматизированные производственные системы

Этот вопрос вполне проясняют определения.

Гибкая производственная система (ГПС) - это автоматически быстроперенастраиваемые (на изготовление различных деталей) комплексы оборудования с ЧПУ (РПК, ГПМ, отдельных единиц технологического оборудования) и системы обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение сравнительно длительного времени (1...3 рабочих смены).

Роботизированный технологический комплекс (РТК) — представляет собой объединенные в единую (часто автономно функционирующую) технологическую систему 1...2 единицы автоматизированного оборудования (обычно с СЧУ), обслуживаемого промышленными роботами (ПР), устройствами накопления, ориентации и поштучной выдачи изделий. При встройке в ГПС РТК должны обладать автоматизированной переналадкой на изготовление деталей другого типа и возможностями встраивания в данную систему.

Гибкий производственный модуль (ГПМ) — переналаживаемая на заданную номенклатуру изделий единица технологического оборудования, оснащенная устройствами: ЧПУ, смены инструмента, изделий (накопителем, автооператором или ПР), удаления отходов, контроля и подналадки технологического процесса, а также коррекции качества изделия. ГПМ осуществляет многократные автоматические циклы, способен работать автономно и встраиваться в системы более высокого ранга (РТК, ГПС).

По организационным признакам ГПС можно разделить на следующие виды:

1. Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) — совокупность двух и более единиц переналаживаемого технологического оборудования (или ГПМ), объединенных автоматизированными системами управления, транспорта и накопления изделий. Причем оборудование расположено в заданной последовательности операций (линии)..

2. Гибкий автоматизированный участок (ГАУ) — совокупность нескольких единиц оборудования, обладающих теми же свойствами, что и в ГАЛ, но обеспечивающих процесс обработки изделия по технологическому маршруту, в котором возможно изменение последовательности использования упомянутого оборудования.

3. Гибкий автоматизированный цех (ГЦ) — комплекс ГАЛ, ГАУ, РТК, ГПМ и других типов оборудования, предназначенный для последовательного выполнения технологического процесса и переналаживаемый на изготовление изделий заданной номенклатуры.

4. Гибкий автоматизированный завод (ГАЗ) — комплекс ГЦ, ГАЛ, ГАУ, РТК, ГПМ (литейных, кузнечно-прессовых, металлорежущих, термических, мочечных, сушильных, контрольных, сборочных, консервационных, упаковочных и т.д.) и других типов оборудования, переналаживаемый на выполнение технологических процессов изготовления готовых изделий.

Как видно, ГПС — это организационно-техническая производственная система. Она позволяет в условиях мелкосерийного, серийного, а иногда и крупносерийного многономенклатурного производства с минимальными затратами времени и средств перейти к выпуску новой продукции.

В наиболее общем случае в систему обеспечения успешного функционирования ГПС должны включаться автоматизированные системы: транспортно-складская (АТСС), инструментального обеспечения (АСИО), контроля (АСК), удаления отходов (АСУО), управления технологическими процессами (АСУ ТП), научных исследований (АСНИ), проектирования (САПР), технологической подготовки производства (АСТПП).

Из изложенного вытекает, что структура типовой ГПС содержит три основных компонента:

а) технологический — совокупность оборудования и реализованного на нем технологического процесса, а также процедур комплектации, складирования, транспортирования и накопления (исходного материала, заготовок, полуфабрикатов и технологической оснастки), обработки и сборки объектов производства, контроля параметров техпроцесса и состояния инструмента, уборки отходов, подачи вспомогательных материалов (смазка, охлаждающая жидкость и др.);

б) управленческий, который представляет собой многофункциональную иерархически организованную систему. Она осуществляет функции управления техпроцессом и оборудованием, оперативного и долгосрочного планирования, учета хода производства и его обеспечения, диагностирования технического состояния ГПС, подготовки и передачи информации в смежные управляющие системы и службы;

в) подготовки производства, который реализуется в виде САПР и АС ТПП.

Подводя краткий итог вопросу о сущности ГПС, добавим, что ориентация ГАП на безлюдную технологию выдвигает ряд научно-технических проблем обеспечения: а) высокой надежности; б) автоматизации технической диагностики и восстановления; в) адаптации оборудования к изменяющимся условиям его функционирования.

## 5.6. Упрощенная структура гибкой производственной системы

Данная структура представлена на рис.3а. После изложенного в предшествующем параграфе она пояснений не требует. Здесь обозна-

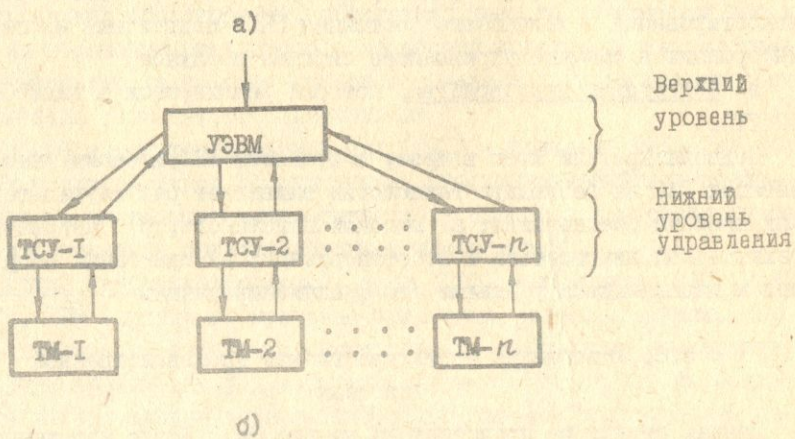
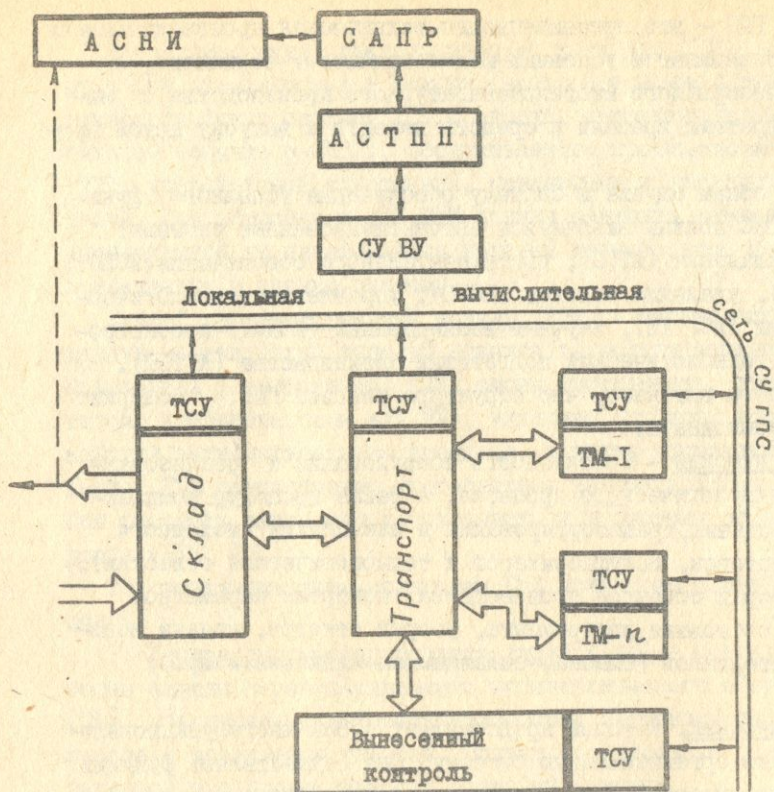


Рис.3

чены: СУ ВУ – система управления верхнего уровня; ТМ – технологический модуль; ТСУ – терминальная система управления (конечная, нижнего уровня).

Основа ПС – ТМ-1...ТМ-*n* со встроенными ТСУ. Технология изготовления различных изделий отличается порядком их прохождения через технологические модули и характером процесса в каждом из них. Транспортная система ПС вследствие действия управления обеспечивает требуемый поток заготовок, инструмента, изделий, отходов как между складом, модулями, так и системой вынесенного контроля.

Часть изделий со склада поступает в АСНИ для изучения свойств и комплексных испытаний. По их результатам определяются пути совершенствования изделий. Эта информация поступает в САПР, где рождается скорректированная улучшенная конструкция (процесс). В рамках АСПП вносятся изменения в существующие либо создаются новые программы для станков с ЧПУ. Они загружаются в память СУВУ (УЭВМ – управляющей ЭВМ верхнего уровня), откуда перегружаются в память соответствующих ТСУ. После этого ТМ приступают к изготовлению деталей и сборке усовершенствованного изделия. Готовые изделия прибывают на склад, и процесс улучшения их качества повторяется.

Структура собственно системы управления технологическим процессом в ППС иллюстрируется рис.3 б. Обозначения на нем ясны из предыдущего. Здесь каждый модуль ТМ имеет ТСУ нижнего уровня (СЧПУ). В комплексе они образуют ГАУ...ГАЦ с общей УЭВМ верхнего уровня. Функциями последнего являются: а) формирование управляющих программ и передача их в микроЭВМ СЧПУ нижнего уровня; б) диспетчеризация и оптимизация общесистемного технологического процесса; контроль процесса, диагностика оборудования и т.д.

Важнейшим преимуществом такой организации является полное исключение перфоленты для ввода программ. Это способствует повышению надежности и производительности. Как показал опыт эксплуатации СЧПУ, около 70% их отказов связано с устройством перфоввода программы.

Представленная структура наиболее перспективна. Она отличается высокой помехоустойчивостью и живучестью. Помехам в наибольшей степени подвержены длинные УЭВМ-ТСУ. Однако они в процессе работы технологического оборудования ТМ1...ТМ-*n* не задействованы.

Как отмечалось, ресурс памяти современных СЧПУ позволяет разместить в ней всю программу обработки, а сбои, возникающие при ее загрузке (вводе), не приводят к браку. Таким образом, отделенная

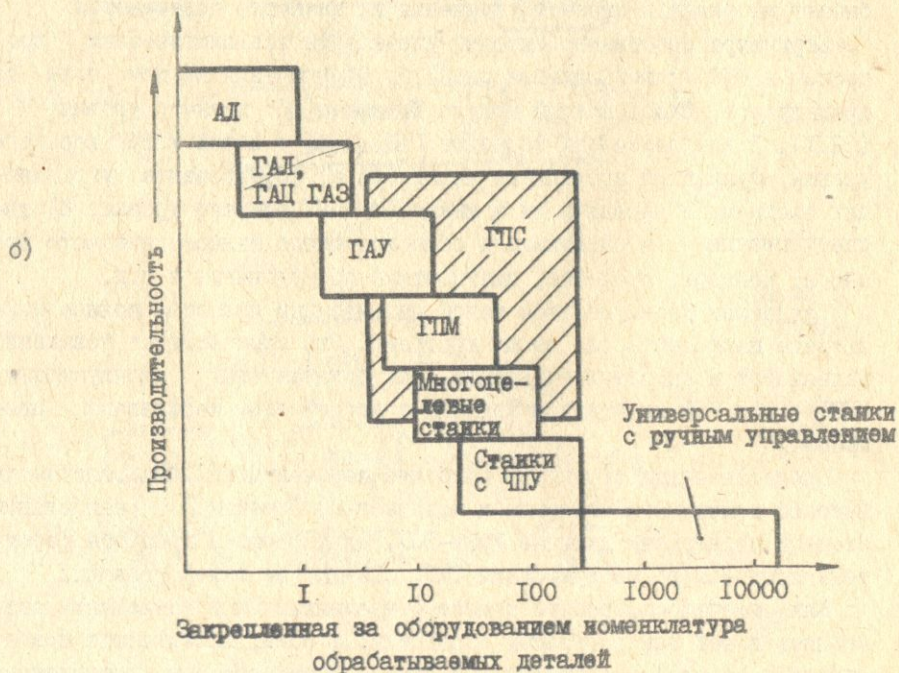
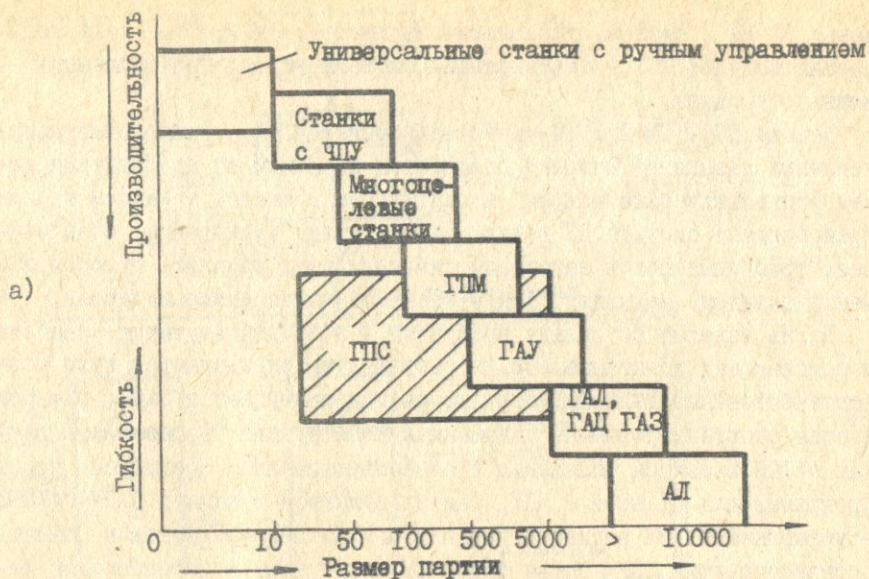


Рис.4

фаза загрузки программы от фазы изготовления деталей позволяет вести процесс обработки без воздействия существенных помех.

Повышение живучести таких систем определяется тем, что при отказе УЭВМ верхнего уровня СЧПУ-ТСУ в течение времени многократной отработки загруженной ранее программы может функционировать автономно. Заметим, что указанное обстоятельство позволяет вводить в строй систему управления и саму ГПС постепенно, поэтапно, начиная с нижнего уровня.

В заключение отметим, что при всем совершенстве ГПС они не являются панацеей от всех проблем производства и имеют свою достаточно ограниченную сферу использования. Здесь обилие своих проблем.

#### 5.7. Каждому свое, или области рационального применения различных типов оборудования

Высокая гибкость оборудования, налаженного на определенную, как правило ограниченную номенклатуру деталей, требует предварительной подготовки производства. В частности, необходимы изготовление всего оснащения, отработка всех технологических процессов, наладка систем их управления и диагностики, загрузочных устройств и т.п. Все это занимает много времени и средств. Поэтому такая производственная система является гибкой, но только в пределах той номенклатуры изделий, на которую она налажена. Переналадка на другие виды продукции может потребовать весьма существенных затрат.

Примерные границы рационального использования различных типов оборудования и уровня автоматизации от размера партии деталей приведены на рис.5а, а в зависимости от числа наименований закрепленных изделий -- на рис.3 б. Следует иметь в виду, что увеличение уровня автоматизации применяемого оборудования тесно связано с резким уменьшением организации всего производства на данном предприятии. Изолированный ГПМ или даже станок с ЧПУ оказывается неэффективным при одиночном использовании, так как стоимость его обслуживания очень высока.



## 5.8. Системы управления и диагностирования.

### Общие понятия и определения

Как видно из рассмотренных ранее структур, в ГПС, как и в любой другой автоматической системе есть устройство, вырабатывающее управляющие воздействия и их воспринимающее, а также некоторые информационные связи между ними. Поэтому для дальнейшего более детального рассмотрения систем автоматического управления и в частности ГПС целесообразно ввести некоторые понятия и определения.

Предельно укрупненно система автоматического управления (САУ) может быть представлена двумя взаимосвязанными узлами: объектом управления и регулятором (рис. 5 а).

Объект управления (регулирования) – это комплекс, в котором протекает управляемый процесс и к которому приложены управляющие воздействия (ГПМ, ГПС, робот, электропривод станка и т.д.).

Регулятор – устройство (например, СЧПУ) для автоматического поддержания заданного (постоянного либо изменяющегося по определенному закону) значения регулируемых величин – выходных координат (например, перемещения инструмента) объекта путем приложения к нему управляющих воздействий.

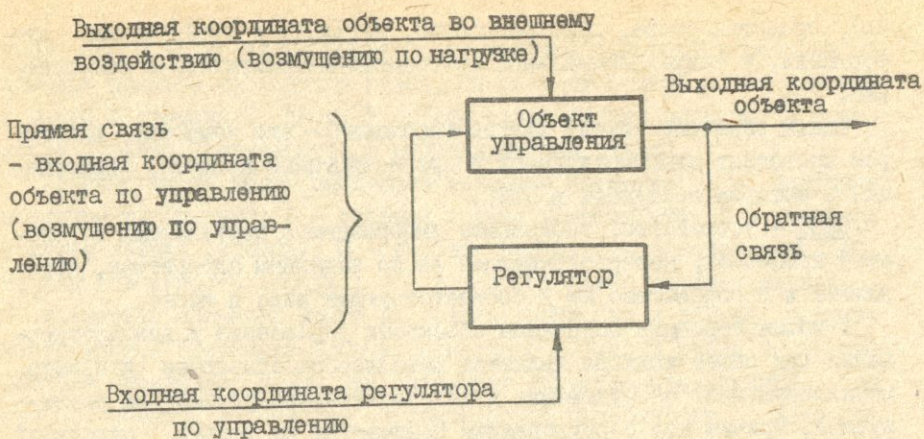
Важнейшими в САУ являются принципы прямой и обратной связи, которые обеспечивают качество регулирования.

Прямая связь – поток информации от регулятора к объекту в виде управляющих воздействий (напряжение, ток на входе электродвигателя), обеспечивающий поддержание в нем заданного состояния (например, скорости вращения).

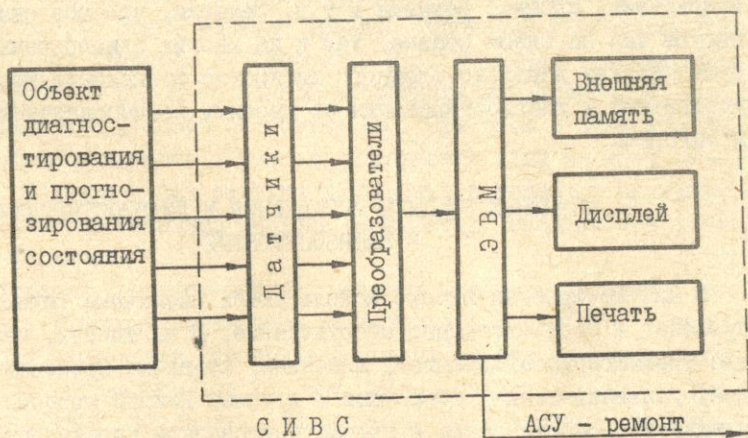
Обратная связь – поток информации от объекта (датчика обратной связи) к регулятору, побуждающий последний к выработке соответствующих управляющих воздействий на объект.

Как видно из рис. 5а, на объект действуют возмущения со стороны внешней среды (по нагрузке) и со стороны регулятора (по управлению). Для создания высококачественной САУ необходимо знать, как поведет себя объект управления под действием указанных возмущений. Это требует тщательного изучения объекта, построения его модели и математического описания.

Систему автоматической диагностики и прогнозирования состояния крупным планом можно представить в виде двух звеньев: объекта диагностирования и специализированной информационно-вычислительной системы (СИБС). Последняя включает в себя ЭВМ (одну или несколько



а)



б)

Рис. 5

ко), средства сбора, преобразования, передачи и отображения информации, а также специальное программно-математическое обеспечение.

Таким образом, объект диагностирования — это комплекс, в котором протекает диагностируемый и прогнозируемый процесс, информация о котором поступает в СИВС.

СИВС — устройство, собирающее информацию о протекающих в объекте процессах, перерабатывающее ее по заданным алгоритмам, передающее и отображающее ее в соответствующем виде и месте.

В машиностроении основными объектами управления и диагностирования при общем подходе являются металлообрабатывающее (например, металлорежущее) оборудование и технологический процесс, им реализуемый. Причем под оборудованием понимается не только отдельный станок; но и ГПМ, РТК или ГПС.

Очевидно, что реально рассматриваемыми объектами являются отдельные подсистемы станков и технологических процессов. Так, например, электромеханические, электрогидромеханические и другие подсистемы, процесс резания и т.д. Заметим, что все они функционируют как на одном станке, так и на многих одновременно. Это требует анализа довольно сложного дискретно функционирующего объекта управления и диагностирования со многими взаимосвязанными входами и выходами.

## 6. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В машиностроении широко используются различные технологические процессы и соответственно оборудование. В частности, металлорежущие (механообрабатывающие), линейные, кузнечно-прессовые, сварочные, гальванические, сборочные и другие. Каждый процесс и реализующее его оборудование в автоматизированном производстве являются объектами управления. Такое разнообразие и обилие делает невозможным рассмотрение их всех. Поэтому остановимся на одном из наиболее распространенных — обработке материалов резанием.

### 6.1. Процесс резания как метод обработки

Формирование поверхности резанием осуществляется с помощью режущих инструментов. В зависимости от вида обработки используются резцы, сверла, абразивные круги и др. Сущность процесса резания

наиболее доступно иллюстрируется на примере токарной обработки с помощью прямого проходного резца. Он состоит (рис.6 а) из рабочей Р части и стержня С. Часть Р осуществляет работу резания, а с помощью С резец закрепляется в резцедержателе станка.

Рабочая часть имеет следующие основные элементы: 1 - передняя поверхность (грань); 2 - главная задняя поверхность; 3 - главное режущее лезвие (кромка); 4 - вершина резца; 5 - вспомогательная задняя поверхность (грань); 6 - вспомогательное режущее лезвие.

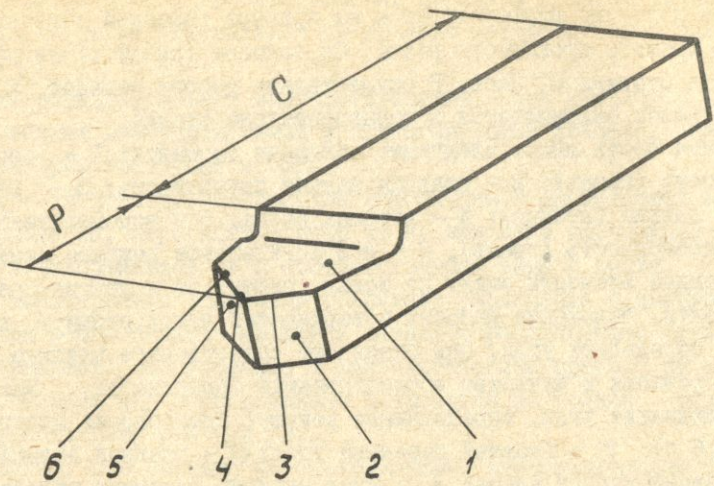
Указанные элементы имеют не только резцы, но и другие режущие инструменты. Положение рабочих поверхностей части резца в пространстве определяют углы. Они оказывают существенное влияние на процесс резания и качество обрабатываемой поверхности. Наиболее важны следующие углы, определяющие режущую способность инструмента (рис.6 б):  $\gamma$  - главный передний угол;  $\alpha$  - главный задний угол;  $\varphi$  - главный угол в плане;  $\lambda$  - угол наклона главного режущего лезвия.

Процесс резания металла и образования стружки иллюстрируется схемой рис.7 а, б, в. Здесь показан процесс строгания (заготовка неподвижна, а резец движется со скоростью  $V$ ). В случае точения (показано пунктиром) - резец по данной координате неподвижен, а заготовка вращается с угловой скоростью  $\omega$ . При этом в зависимости от свойств обрабатываемого материала образуется один из трех видов стружки. Сливная - при резании пластичных металлов, скалывания - при обработке металлов средней твердости, надлома - в случае хрупких металлов.

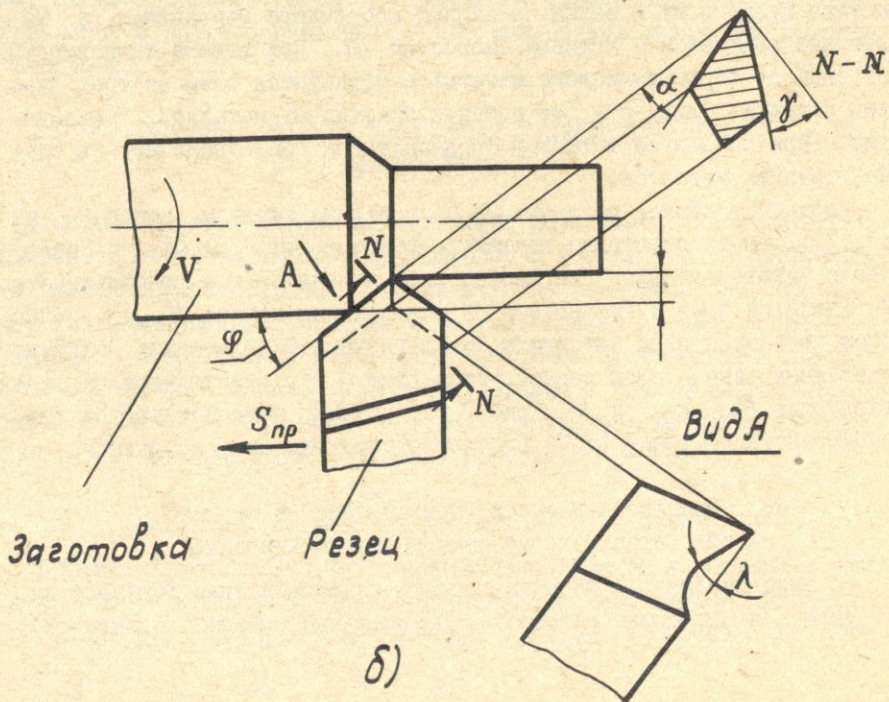
Процесс точения, реализуемый на токарных станках, показан на рис.7 г. Здесь заготовка вращается относительно оси ОХ. Резец, после некоторого врезания (поперечной подачи) в нее по координате У, движется поступательно оси ОХ (продольная подача  $S_{пр}$ ). При этом срезается слой материала. Сила резания Р, благодаря наличию описанных ранее углов граней резца (рис.6 б), разлагается на составляющие  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  (рис.7 г), которые воздействуют на упругую систему станка (УСС) по соответствующим осям координат.

## 6.2. Процесс резания и упругая система станка как объекты управления и диагностирования

Резание металлов - сложный процесс взаимодействия режущего инструмента и материала заготовки. В начальный момент движущийся



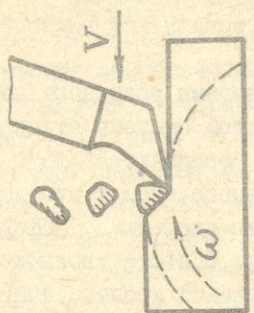
а)



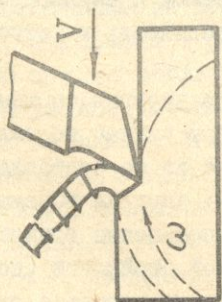
б)

Рис. 6

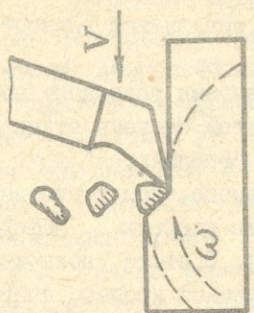
Виды стружки



а) сливная



б) скалывания



в) надлома

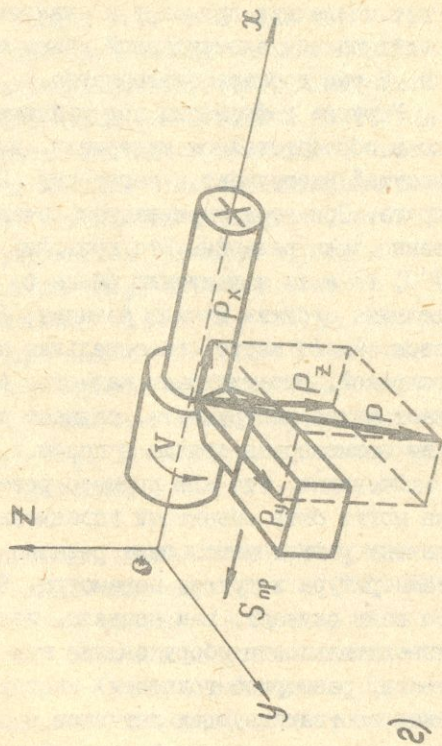


Рис.7

резец вдавливаются в металл. В срезаемом слое возникают упругие деформации. Далее они накапливаются и переходят в пластичные. Рост последних приводит к сдвиговым деформациям. Таким образом складывается элементарный объем металла и образуется элемент стружки. Затем процесс повторяется.

Упругие деформации под действием сил резания возникают не только в обрабатываемом материале, но и в упругой системе станка (УСС), несущей инструмент и заготовку. Последние "отжимаются" друг от друга. При этом уменьшается сечение срезаемого слоя и соответственно сила резания. Это приводит к снижению упругих деформаций УСС, то есть к движению резца на заготовку. В итоге увеличивается толщина стружки и сила резания. Далее описанный процесс повторяется. Имеют место относительные колебания между инструментом и заготовкой. Это ухудшает качество обрабатываемой поверхности, повышает износ инструмента, снижает производительность и технологические возможности станка в целом.

Очевидно, что как процесс резания, так и упругая система станка могут быть объектами управления. В первом случае по заданному закону регулируются сила резания (либо одна из ее составляющих), температура и другие параметры. Во втором — упругие перемещения. Во всех случаях, как правило, цель одна — повышение точности, производительности оборудования при оптимальной стойкости (долговечности, размерной точности) инструмента. Это достигается размещением соответствующих датчиков в определенных местах оборудования, переработке выдаваемой ими информации по заданным алгоритмам и выработке необходимых управляющих воздействий. Подобные системы (подсистемы) принято называть адаптивными. Они могут быть как локальными (автономными, сепаратными), не связанными с ТСУ и УЭМ, так и функционировать в их составе.

### 6.3. Исполнительный орган станка и его электропривод как объекты управления

Процесс резания и соответственно формообразование материала невозможно реализовать без относительного движения инструмента и заготовки. Между тем они закрепляются на соответствующих исполнительных органах ИО (суппортах стола, шпинделях, ползунах и т.д.) станка. Они перемещаются относительно друг друга с помощью электродвигателя ЭД (либо гидроприводом). Место ЭД и ИО в системе уп-

равления иллюстрируется ее функциональной схемой (рис.8).

Задающий (управляющий) сигнал  $U_3$  поступает, например, от программы в устройство сравнения УС. Пройдя его, он в виде параметра  $\Delta U$  рассогласования поступает в преобразователь сигнала ПС. Соответственно преобразованное управляющее воздействие в виде силы тока  $I$  подается на определенную обмотку ЭД. Он изменяет частоту  $\omega$  вращения вала либо угол его поворота. Указанное движение через механическую передачу МП передается ИО. При этом его выходная координата  $S$  (например, перемещение) изменяется и осуществляется технологический процесс. Это воспринимается датчиком обратной связи ДОС, который вырабатывает сигнал  $U_g$ , пропорциональный  $S$ . В УС выполняется алгебраическое сложение  $\Delta U = U_3 - U_g$ . Когда заданное программой значение  $S$  будет выполнено  $\Delta U = 0$  и управляющее воздействие на все элементы рассматриваемой системы прекратится. Она придет в равновесие. Новое отклонение  $U_3$  вызывает описанный процесс согласования  $U_3$  с  $U_g$ . Таким образом, процедура отработки упомянутого воздействия протекает непрерывно, согласно изменению во времени  $U_3$ .

Из изложенного видно, что управляющее воздействие, преобразуясь, практически, безинерционно в различных электронных блоках (УС, ПС) в итоге приложено к электромеханической системе (к ЭД и далее через МП к ИО). Последняя обладает значительной инерционностью, что сказывается на динамических свойствах системы управления и соответственно на качестве обработки изделия. Конечно, можно рассматривать каждый отдельный элемент системы как объект управления, обладающий определенными динамическими характеристиками. Однако, как показала практика, целесообразно осуществить приведение параметров к одному, обычно к электродвигателю, к его валу. Таким образом, электромеханическая система, включающая в себя ЭД, МП и ИО и учитывающая их динамические характеристики, может рассматриваться как единый объект управления.

Заметим, что в станке любой модели имеется несколько электроприводов, обеспечивающих перемещение соответствующих ИО. Отсюда следует, что станок в целом является специфическим многопараметрическим, обычно многосвязным объектом управления.



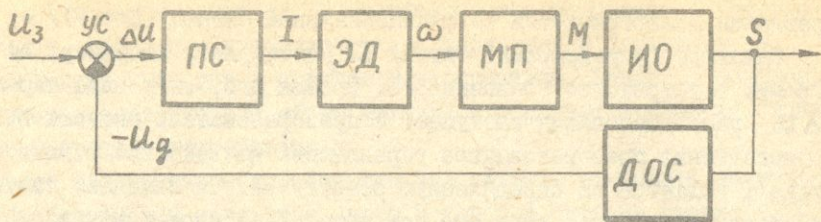


Рис.8

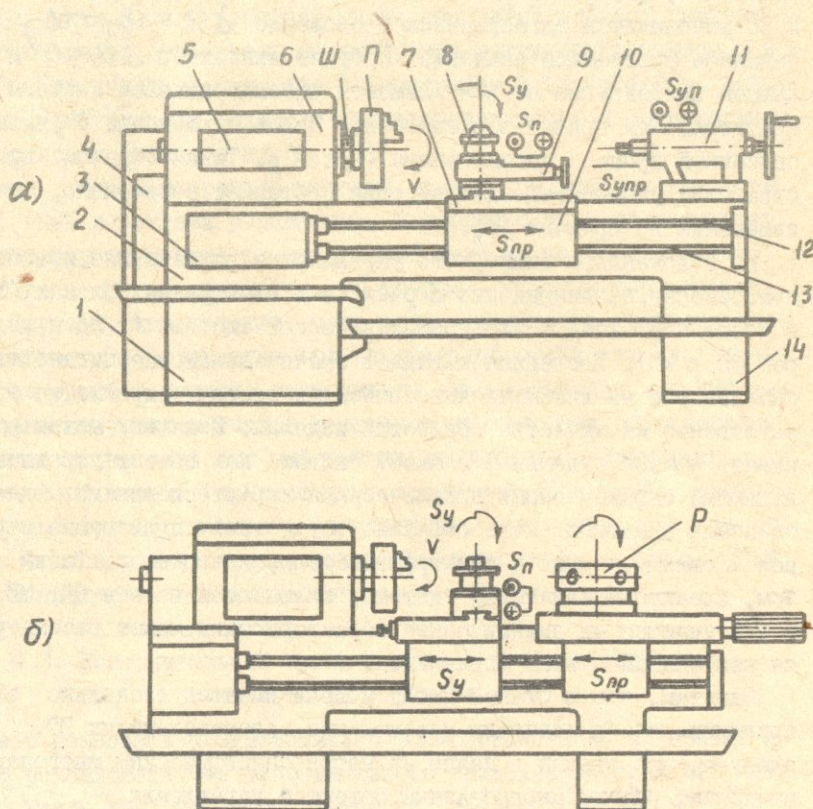


Рис.9

#### 6.4. Основные виды металлорежущего оборудования, его комплексы и системы

В зависимости от характера выполняемых технологических операций станки делят на группы и типы. В частности станки разделяют на следующие основные группы: токарные; сверлильные и расточные; шлифовальные, доводочные; комбинированные; зубо- и резьбообрабатывающие; фрезерные; строгальные, долбежные и протяжные; разрезные; разные.

По уровню универсальности станки разделяют на такие типы: а) универсальные (предназначены для обработки деталей сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры (например, тела вращения, зубчатые колеса, резьбы на винтах); б) специальные, на которых обрабатывают детали только одного типоразмера.

В зависимости от уровня автоматизации станки разделяют: а) с ручным управлением; б) полуавтоматы, в которых часть движений выполняется человеком (обычно установка и снятие заготовок); в) автоматы, в которых все вспомогательные и рабочие движения механизированы.

При этом характер автоматизации может быть жестким (по упорам, посредством кулачковых механизмов) и гибким (управление от ЭВМ, СЧПУ). Об уровнях автоматизации сказано в [5].

По степени точности различают пять классов станков: Н - нормальный, П - повышенный; В - высокий; А - особо высокий; С - особо точные (сверхвысокий, мастер-станки).

По весу и габаритам станки делят на следующие категории: 1) легкие - вес  $< 10$  кН; 2) средние - от 10 кН до 100 кН; 3) тяжелые - более 100 кН; последние подразделяют на: а) крупные от 100 до 300 кН; б) собственно тяжелые от 300 кН до 1 МН; в) особо тяжелые (уникальные)  $> 1$  МН.

В зависимости от условий производства (число типов обрабатываемых деталей, годовой выпуск) в настоящее время перспективны следующие станочные комплексы и системы: 1. Набор отдельных станков с ЧПУ, в том числе многооперационных (типа обрабатывающий центр). 2. РТК. 3. Гибкие станочные системы в виде: ГПМ, ГАУ, ГАЛ, ГПС в целом. 4. Переналаживаемые станочные системы, которые в отличие от гибких при переналадке требуют значительных средств и времени. Это вызвано необходимостью модернизации зажимных устройств, замены инструмента, средств измерения, подготовки новых управляющих

программ для станков, измерительных и вспомогательных станций. Для управления такими системами используют свободно программируемые устройства, память которых приспособлена для записи значительного числа программ обработки деталей. Эти системы эффективны в крупносерийном производстве. 5. Тактовые автоматические линии. Здесь все приспособления обеспечивают технологический процесс для детали одного типоразмера. Используются, главным образом, в массовом производстве.

#### 6.5. Принцип функционирования объектов управления класса "токарный станок"

Различают много типов токарных станков: токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные и другие. Их основное назначение — обработка резанием изделий в виде тел вращения (цилиндрические, конические, фасонные с наружными и внутренними поверхностями). Обычно вращается заготовка, закрепленная в шпинделе или на планшайбе, а формообразование осуществляется поступательно (по двум координатам) перемещающимся резцом.

Схема современного универсального токарно-винторезного станка с ручным управлением показана на рис.9. Здесь обозначены I, I4 — тумбы передняя и задняя; 2 — станина; 3, 4 — коробки подач и сменных зубчатых колес; 5 — панель управления механизмами коробки скоростей; 6 — коробка скоростей (передняя бабка); 7 — продольный суппорт; 8 — четырехпозиционный поворотный резцедержатель; 9 — верхний суппорт; 10 — фартук; II — задняя бабка с пинолью, несущей задний центр; I2, I3 — ходовые винт и валик; III — шпиндель; II — патрон; V — вращательное движение шпинделя;  $S_n, S_{np}$  — поперечная и продольная подачи резцедержателя за счет перемещений верхнего и продольного суппортов, а также каретки верхнего;  $S_{yn}, S_{ynp}$  — поперечная и продольные смещения задней бабки и ее пиноли;  $S_g$  — поворот каретки верхнего суппорта.

Главное движение V осуществляется шпинделем III, несущим патрон II, в котором закрепляется обрабатываемая заготовка. Последняя может "подкрепляться" задним центром задней бабки II. Грубо-перемещением самой бабки II и точно-маховиком пиноли заднего центра.

Инструмент, например токарные резцы, устанавливается в резцедержателе 8 (обрабатывающий резец направлен перпендикулярно плоскости чертежа) и взаимодействует с вращающейся заготовкой. При этом резец (либо иной инструмент) перемещается поступательно обыч-

но по двум координатным осям: вдоль оси заготовки и перпендикулярно к ней. Указанные движения обеспечиваются либо вручную, либо посредством электропривода.

В случае нарезания резьбы фартук 10, продольный суппорт 7 и соответственно резец получают движение от ходового винта 12. Последний кинематически жестко через коробки подач 3 и смены шестерни 4 связан с вращением шпинделя III и далее заготовки.

При операции продольного либо поперечного точения те же элементы получают движение через тот же фартук 10 от ходового валика 13. Взаимодействие заготовки и инструмента обеспечивает заданное формообразование детали.

Определенным развитием токарного оборудования являются токарно-револьверные станки (рис.9б). Как видно, здесь по сравнению с токарным станком задняя бабка заменена револьверной головкой Р и отсутствует ходовой винт. Направления движения исполнительных органов показаны стрелками. Револьверная головка как и резцедержатель могут двигаться поступательно и поворачиваться относительно своей оси (в данном случае вертикальной), вводя при этом в работу различные инструменты. Станки такого типа сравнительно легко автоматизируются, а значительное количество инструментов, устанавливаемых в револьверной головке, позволяет при обработке детали осуществить очень много переходов, операций. В частности, возможно с одной установки заготовки провести наружное и торцевое точение, сверление, растачивание, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и т.д.

#### 6.6. Принцип функционирования объектов управления класса "сверлильный станок"

Назначение станков этого класса сверление (рис.10а) - образование отверстий в сплошном материале посредством сверл, последние в рабочей части имеют две режущие кромки, а в направляющей две винтовые канавки; рассверливание (рис.10б) - увеличение сверлом имеющихся отверстий; зенкерование (рис.10в) - придание указанным отверстиям правильной геометрической формы с помощью зенкера; растачивание (рис.10г, д) - осуществляется резцами на достаточно точных сверлильных станках, называемых координатно-расточными и обеспечивающих точное расположение обрабатываемых отверстий; развертывание (рис.10е) - "калибрование" развертками формы отверстий и

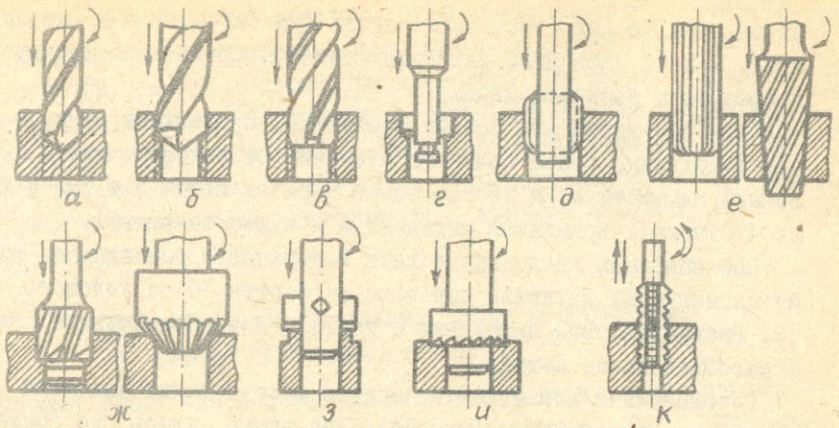


Рис.10

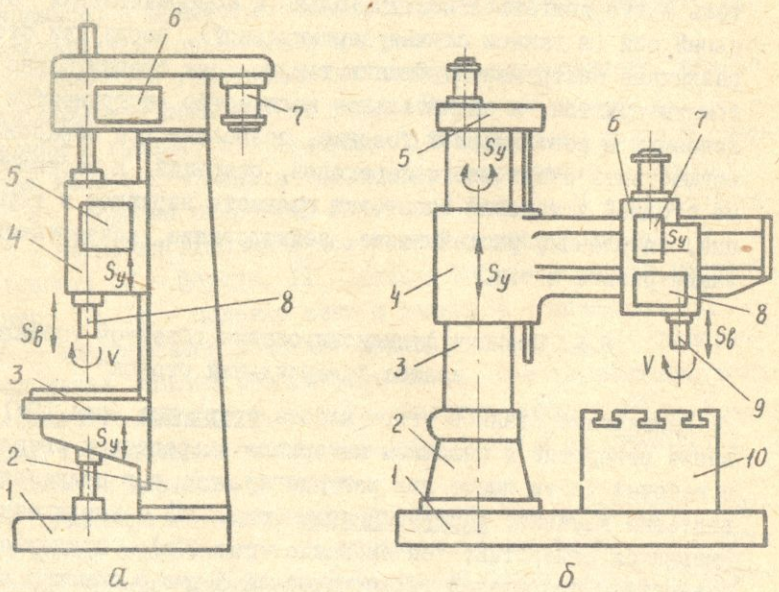


Рис.11

создание малой шероховатости их поверхностей; зенкование (рис. IОж) — образование зенкерами углублений под головки болтов и винтов; цекование (IОз, и) — обработка торцовых поверхностей, окружающих отверстия (под гайки, шайбы, головки болтов) специальными ножами или торцовыми зенкерами; нарезание резьбы (рис. IОк). Форма инструментов и осуществляемые ими движения ясны из рисунка и пояснений не требуют.

Основные типы станков данного класса следующие: вертикально-сверлильные, радиально-сверлильные, многошпиндельные и горизонтально-сверлильные. Общий вид простейшего вертикально-сверлильного станка приведен на рис. IIа. Фундаментная плита I несет колонну 2. В ее верхней части размещена коробка скоростей 6. Через нее от электродвигателя 7 передается главное вращательное движение V шпинделю 8. Последний несет режущий инструмент (например, сверло; на рис. I2 не показан). Поступательное вертикальное движение подачи  $S_z$  инструмент получает через коробку подач 5, размещенную в кронштейне 4. Обрабатываемую заготовку устанавливают на столе 3. Стол и кронштейн могут установочно перемещаться в направлении  $S_y$  по направляющим колонны. Совмещение осей вращения инструмента с заданной отверстия достигается перемещением заготовки.

Сверление и другие технологические операции осуществляются вертикальным и одновременно вращательным движениями шпинделя с соответствующим инструментом (сверлом, зенкером, разверткой, метчиком и т.д.).

Схема радиально-сверлильного станка показана на рис. IIб. Как и ранее на плите I установлена колонна 2. На ней может вращаться поворотная гильза 3 с установленной здесь и способной перемещаться вертикально траверсой 4, которая вращается приводом 5. На траверсе имеются направляющие, по которым перемещается шпиндельная головка 6 совместно с коробками скоростей 7, подач 8 и шпинделем 9. Заготовка устанавливается и закрепляется на столе IO либо (при очень больших габаритах) на плите I. При обработке заданная координата получается в полярной системе координат (углом поворота траверсы 4 и радиальным движением головки 6 по ней).

В заключение отметим, что расточные станки в большинстве случаев конструктивно аналогичны сверлильным. Они отличаются более высокой точностью (особенно координатно-расточные) и ведут обработку главным образом резцами.

## 6.7. Принцип функционирования объектов управления класса "фрезерный станок"

Фрезерование один из высокопроизводительных методов обработки поверхностей заготовок многолезвийным режущим инструментом — фрезой. При этом как правило главным вращательным движением обладает инструмент. Движение подачи обычно осуществляется заготовкой (реже инструментом) в двух и более координатных плоскостях.

Фреза — это инструмент в виде тела вращения, на поверхности которого имеют место режущие зубья (рис. 13). В зависимости от формы и назначения фрезы разделяют на цилиндрические (рис. 12а, б, в) — имеют зубья на цилиндрической поверхности; торцовые (рис. 12г, д) — имеют зубья на торце и боковой стороне [эти пять типов фрез (рис. 12а, б, в, г, д) применяют для обработки плоскостей]; концевые (рис. 12е) — используют для обработки криволинейных пазов, фасонных поверхностей; дисковые (рис. 12ж) — для фрезерования прямолинейных пазов, канавок; отрезные и шлицевые (рис. 12и) — для разрезания материалов и прорезания узких канавок (шлицов); угловые (рис. 12к) — для прорезания канавок углового профиля; фасонные (рис. 12л) — обрабатывают детали сложного профиля, причем контур режущей кромки зуба должен иметь профиль заданной к изготовлению поверхности; пальцевые (рис. 12м) — для нарезания зубьев больших шестерен (колес). Схемы обработки плоскостей цилиндрической (а) и торцовой (б) фрезами показаны на рис. 13.

Основные типы фрезерных станков — консольно-фрезерные, которые подразделяются на горизонтальные, универсально- и вертикально-фрезерные; продольно-фрезерные; шпоночно-фрезерные; резьбофрезерные; копировально-фрезерные и другие.

Схема горизонтально-фрезерного станка дана на рис. 14а. Он состоит из станины I с фундаментной плитой, консоли 7, поперечных салазок 6, несущих стол 4, хобота 3, подвесок (одной или двух) 5. Внутри станины установлена коробка скоростей 2, а в консоли 7 — коробка подач 8. Главное движение  $V$  — вращение шпинделя. По вертикальным направляющим станины I передвигается консоль, реализует тем самым вертикальную подачу  $S_B$ . По направляющим консоли перемещаются салазки 6, осуществляя поперечную подачу  $S_n$ . Стол 4, совместно с установленной на нем заготовкой, перемещается перпендикулярно плоскости чертежа, производя продольную подачу  $S_{np}$ . Подвеска с подшипником необходима для создания опоры оправки, укрепленной в шпинделе станка и несущей обычно цилиндрическую фрезу.

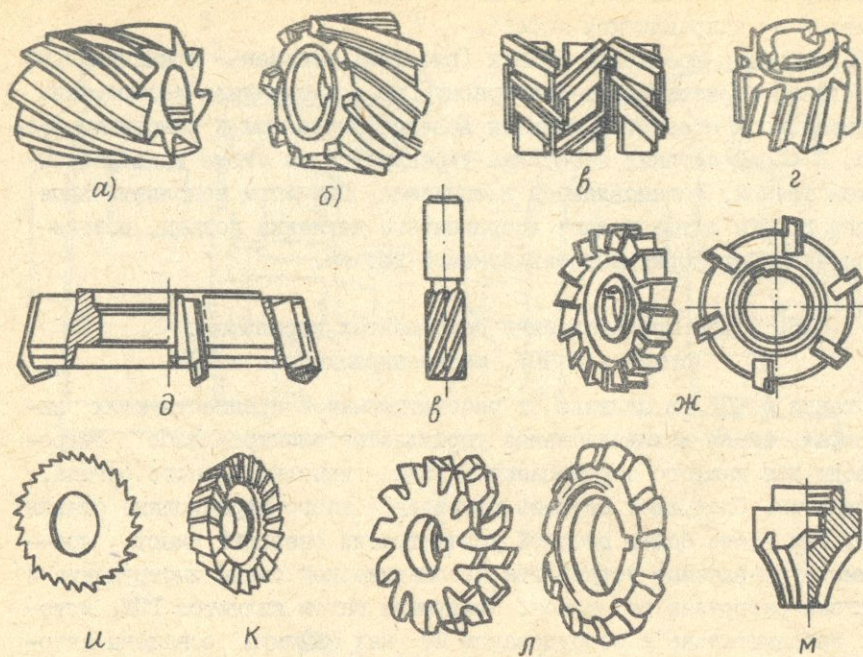


Рис. 12

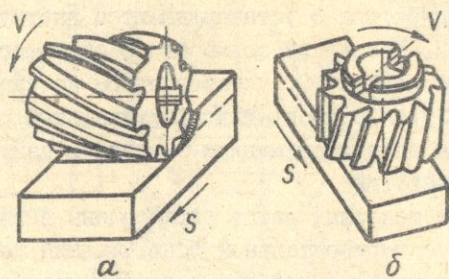


Рис. 13



Заметим, что в зависимости от длины оправки подвеска может перемещаться по направляющим хобота.

Вертикально-фрезерный станок (рис.146) устроен принципиально аналогично горизонтально-фрезерному, но ось шпинделя расположена вертикально и обработка изделия ведется торцовыми и концевыми фрезами. В обоих случаях заготовка укрепляется на столе и обрабатывается фрезой, установленной в шпинделе. При этом исполнительные органы станка осуществляют координатные движения подачи, обеспечивая заданную форму изготавливаемой детали.

#### 6.8. Общие представления об объектах управления - станках с ЧПУ, многооперационных и ГПМ

Станки с ЧПУ, в отличие от рассмотренных в предшествующих параграфах, имеют индивидуальные управляемые электро- либо гидроприводы для каждого перемещаемого узла - исполнительного органа, координаты. Следующая ступень развития - многооперационные станки (МС). Они кроме более высокой концентрации операций имеют программно-управляемые устройства автоматической смены инструмента и загрузки-разгрузки заготовок. Следующим шагом являются ГПМ, которые дополнительно к оборудованию МС как минимум оснащены автоматизированным транспортным устройством.

Многооперационный токарный станок с ЧПУ показан на рис.15а. Здесь шпиндельная бабка I способна передвигаться в вертикальном направлении. Соответственно заготовка при необходимости изменяет свое положение относительно инструментального шпинделя 4. В него посредством автооператора 3 устанавливаются инструменты, заимствуемые из магазина 2. Последний совместно с оператором 3 и шпинделем 4 укреплены на корпусе 9, установленном на суппорте 8. Корпус 9 может поворачиваться относительно вертикальной оси. Это необходимо для сверления инструментальным шпинделем центрального и параллельных ему отверстий.

Инструменты для токарных работ установлены в гнездах револьверной головки 10 с горизонтальной осью. Задний центр 5 выполняет традиционные функции. Для уборки стружки предусмотрен скребковый транспортер 7 и тележка 6.

На рис.15б представлен простейший токарный ГПМ, который содержит: 1 - робот порталного типа с ЧПУ; 2 - порта робота; 3 - мно-

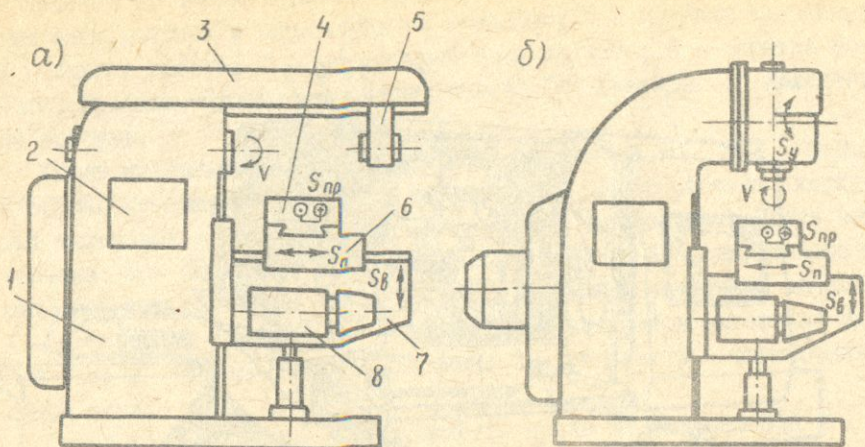


Рис. 14

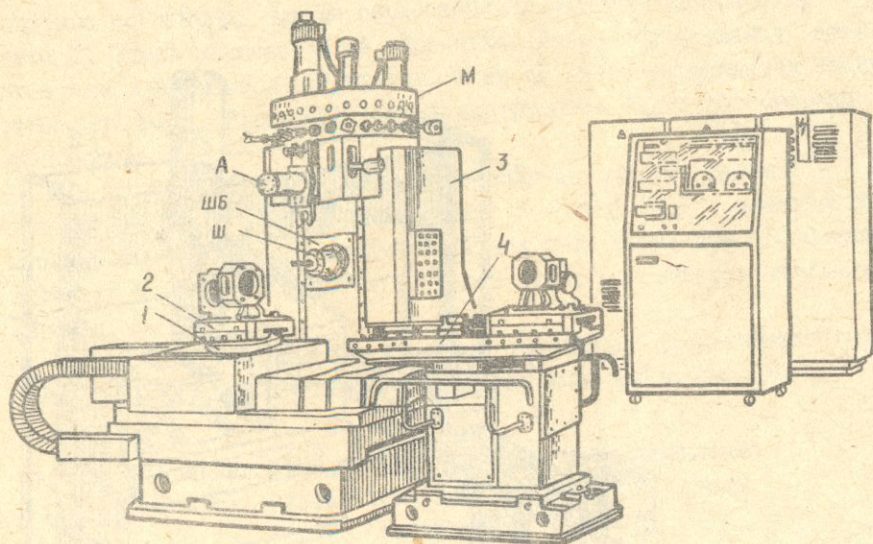


Рис. 16

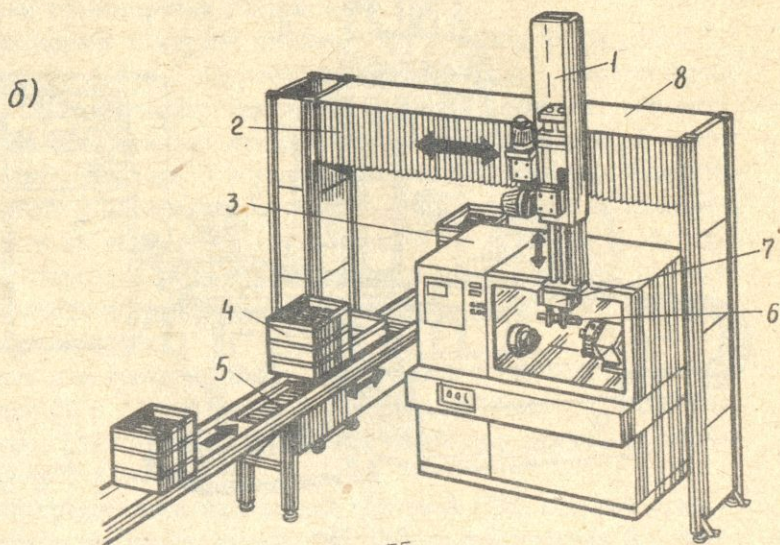
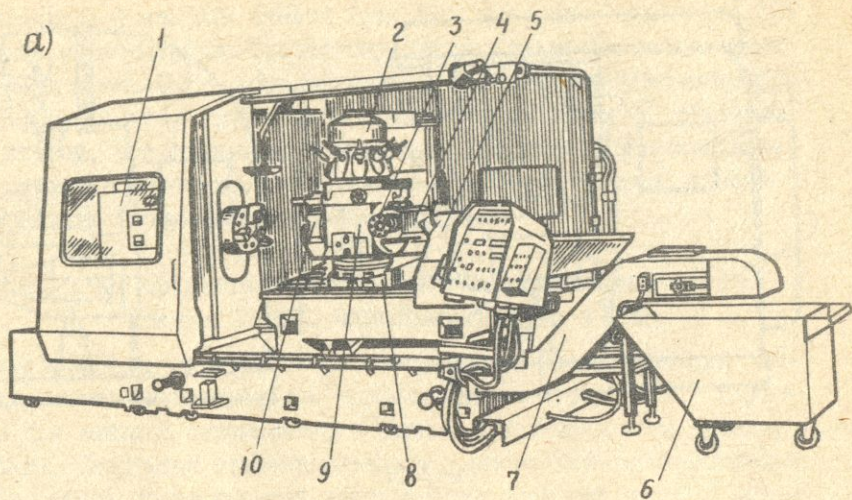


Рис. 15

гоцелевой токарный станок с ЧПУ; 4 - поддоны с заготовками, режущим инструментом и обработанными деталями; 5 - шаговый конвейер; 6 - захват робота; 7 - ротационный блок захвата; 8 - каретка робота. Принципы функционирования данного ГПМ очевидны и пояснений не требуют.

Горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточной МС с ЧПУ модели ИР500МФ4 показан на рис.16. Он предназначен для обработки корпусных заготовок средних размеров в серийном производстве. Здесь обозначены: Ш - шпиндель; ШБ - шпиндельная бабка; А - двухзахватный автооператор для смены инструмента; М - инструментальный магазин; I - поворотный стол МС, на который устанавливается заготовка массой 7 т; 2 - приспособление-спутник; 3 - стойка; 4 - двухпозиционный стол.

Обработка заготовок осуществляется после их закрепления в спутниках 2. При этом один из них находится на основном поворотном столе I МС в зоне обработки. В то же время на другом спутнике на столе 4 устанавливается следующая заготовка. После завершения обработки первой заготовки она автоматически передвигается со спутником 2 вправо на стол 4. Последний поворачивается на  $180^{\circ}$  и спутник со второй, еще не обработанной, заготовкой подается на стол I. Здесь начинается ее обработка. Ранее обработанная деталь на столе 4 снимается со спутника и на ее место укрепляется следующая заготовка. Процедура замены инструмента будет рассмотрена в дальнейшем.

ГПМ на базе МС той же модели показан на рис.17. Здесь I - МС типа ИР500МФ4; 2 - пульт управления; 3 - шкаф СЧП и электроавтоматики; 4 - поворотный стол-накопитель заготовок; приспособление-спутник; 6 - заготовка; 7 - тактовый стол; 8 - инструментальный магазин.

На рис.18 изображен вертикальный сверлильно-фрезерно-расточной станок МС модели 2254ВМФ4. Обозначения аналогичны рис.16.

### 6.9. Принцип функционирования объектов управления класса "Устройства автоматической смены инструмента"

6.9.1. УПСИ без автооператора могут быть с соосным расположением шпинделя Ш и инструмента в магазине М (рис.19а,б), а также с параллельным их размещением (рис.19в). В первом случае при смене

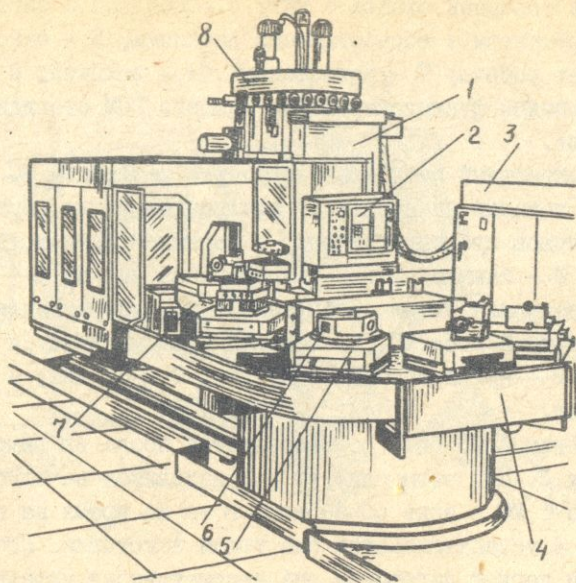


Рис. I7

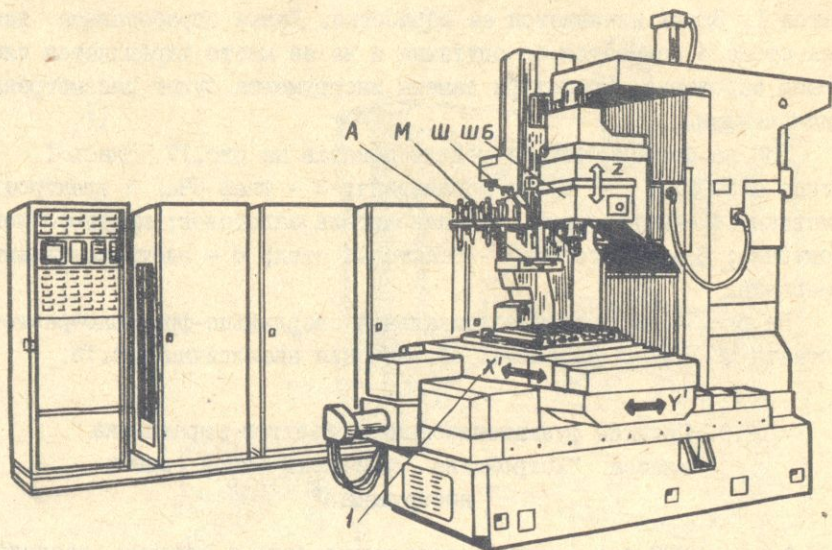


Рис. I8

инструмента достаточно повернуть магазин до совмещения его инструментального гнезда с осью шпинделя и, перемещая последний вдоль оси, вывести инструмент из М и закрепить его в Ш. Такое конструктивное решение достаточно просто. Оно не требует специальных транспортирующих инструмент устройств. Однако оно обладает определенными недостатками.

Так, на рис.19а показано УАСИ станка вертикальной компоновки. В нем М реализован в виде массивного барабана с наклонной осью поворота. Ось инструментального гнезда при смене инструмента находится в нижнем положении и совмещается с осью шпинделя. Последний при движении вниз захватывает инструмент за оправку, автоматически ее зажимает и перемещает к заготовке для обработки. По ее окончании при ходе Ш в верхнее положение оправка с инструментом автоматически раскрепляется, отсоединяется от Ш и остается в соответствующем гнезде М. При крайнем верхнем положении Ш магазин поворачивается на угол, необходимый для захвата следующего программно-заданного инструмента. Затем цикл повторяется — заготовка обрабатывается новым инструментом и т.д.

На рис.19б представлено УАСИ данного типа для станка горизонтальной компоновки. Здесь ось магазина расположена горизонтально, а выдача из него инструмента осуществляется при ходе вперед пиноли шпинделя.

Один из вариантов УАСИ с параллельным размещением осей шпинделя и инструмента приведен на рис.19в. Здесь дисковый магазин установлен на вертикальных направляющих стойки шпиндельной бабки ШБ. Он опускается и свободным гнездом захватывает оправку сменяемого инструмента, который автоматически раскрепляется шпинделем. Затем М движется вдоль оси шпинделя и инструмент остается в гнезде магазина. Последний по программе поворачивается, выводя на ось шпинделя следующий вид инструмента. Обратным движением М вставляет инструмент в шпиндель, где он автоматически фиксируется. Далее М поднимается, выходя из рабочей зоны, а инструмент шпинделем подводится к заготовке, подлежащей обработке.

Основные недостатки подобных УАСИ сводятся к следующему: а) Ш совершает длительные вспомогательные движения; б) емкость М ограничена габаритами станка; в) при поиске инструмента М должен отводиться от зоны обработки на большое расстояние; г) М находится в непосредственной близости к зоне обработки и соответственно интенсивно засоряется.

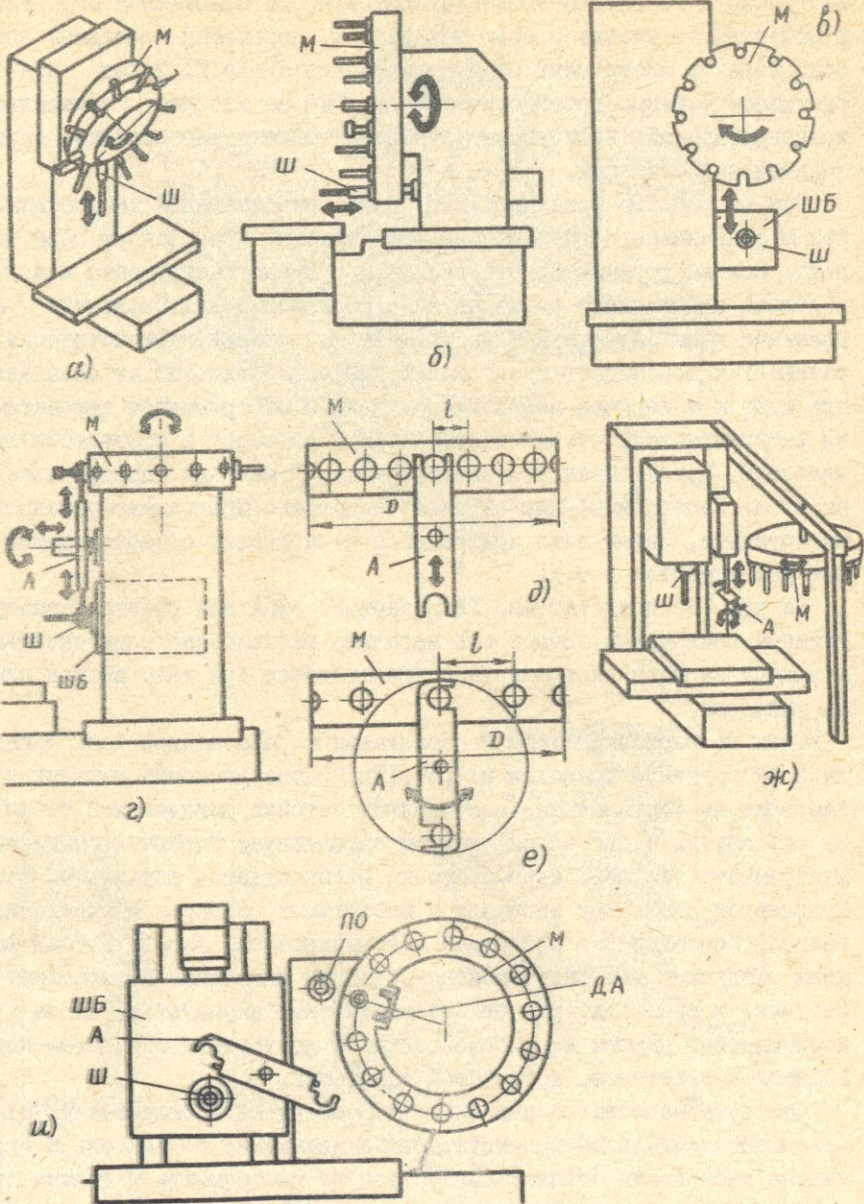


Рис. 19

6.9.2. УАСИ с автооператором А и параллельным размещением осей шпинделя Ш и инструмента иллюстрируются рис.19г...ж. Часто на станках с горизонтальным Ш устанавливают М на стойку станка (рис.19г). Связь М и Ш реализуют посредством двухзахватного автооператора А.

Возможны две схемы работы последнего. Первая (рис.19д) – при смене инструментов А совершает ход снизу вверх, захватывает оправку инструмента в гнезде и извлекает ее движением на себя. Далее А перемещается вниз и вперед на шпиндель. Захватывает в нем автоматически освобождаемый и отработавший инструмент. Извлекает его движением вдоль оси шпинделя. Поворачивается вокруг своей оси на  $180^\circ$  и движением в сторону стойки вставляет новый инструмент в шпиндель, где он автоматически фиксируется. Затем А передвигается вверх и переносит отработавший инструмент в М.

В схеме согласно рис.19е А не имеет вертикального перемещения – он поворачивается вокруг своей оси. При этом одновременно захватывает инструменты из М и Ш. Ходом вдоль оси вытаскивает их и поворотом на  $180^\circ$  меняет местами. Затем А одновременно вставляет их в М и Ш и занимает исходное горизонтальное положение.

Один из возможных УАСИ рассматриваемого типа применительно к станкам вертикальной компоновки показан на рис.19ж. Здесь магазин размещен на портале и связан со шпинделем Ш автооператором А. Последний ходом вниз, захватив в инструменты М и Ш, извлекает их (отработавший из Ш и сменяющий из гнезда М). Поворачиваясь на  $180^\circ$ , А меняет их местами и поднимает вверх в Ш и М, где они закрепляются. Затем А занимает среднее, не мешающее вертикальным движениям Ш, положение.

Заметим, что для увеличения емкости магазина при сохранении габаритов используют многодисковые, а также цепные М. В УАСИ подобного типа, благодаря А, устраняются некоторые недостатки ранее рассмотренных устройств, но имеет место их некоторое усложнение. Кроме того нерационально затрачивается время на программный поиск следующего инструмента (при этом обработка изделия не ведется).

6.9.3. УАСИ с позицией оживания. Здесь следующий инструмент программно выбирается во время обработки заготовки и устанавливается в специальной позиции. Аналогично осуществляется перемещение отработавшего инструмента в заданное гнездо М. Таким образом, уменьшаются простои оборудования в период выбора инструмента и его возвращения в М. Наряду с указанным преимуществом имеет место



и недостаток — необходимость установки дополнительного А (ДА) для передачи инструмента в позицию ожидания (ПО).

Подобное техническое решение поясняется схемой, показанной на рис. 19и. Оператор ДА, размещенный внутри М, обладает одним захватом. Перемещаясь радиально, ДА захватывает инструмент, находящийся в М, и извлекает его из гнезда. Дальнейшим движением он устанавливает инструмент в ПО и возвращает в исходное положение. Тем временем продолжается обработка заготовки. После ее окончания ШБ, а с ней и А поднимаются в позицию смены инструмента. Здесь основной автооператор А поворачивается относительно своей оси. Захватывает одновременно отработавший инструмент из Ш и новый из ПО. Затем меняет их местами. ШБ переходит в рабочую позицию, где начинается новый переход обработки. Далее ДА в обратном порядке из ПО устанавливает отработавший инструмент в соответствующее гнездо магазина. Затем осуществляется поиск следующего программно-заданного инструмента и вывод последнего в ПО. Процесс повторяется.

#### 6.10. Принцип функционирования объектов управления класса "транспортно-загрузочные устройства"

Известно много типов транспортно-загрузочных устройств (ТЗУ): а) питания станков заготовками из пруткового материала; б) питания штучными заготовками; в) вибрационные; г) конвейерные; д) промышленные роботы; е) другие. Рассмотрим некоторые из них.

6.10.1. Механизм питания прутковым материалом. Их широко используют в одно- и многшпindleльных токарных и токарно-револьверных автоматах. При этом подача материала — в зону обработки осуществляется силами собственного веса, груза, пневматики, либо так называемым механизмом подачи и зажима прутка.

Его функционирование иллюстрируется рис. 20а. Он состоит из цанг: зажимной I3 и подающей II. Последняя ввернута в трубу 5, перемещающуюся возвратно-поступательно на салазках 2. Через нее насквозь проходит подаваемый в зону обработки пруток (не показан). Его направляет кольцо I. Ход цанги I3 вправо ограничен гайкой I4. Подающая цанга закалена в сжатом, а зажимная — в разжатом состоянии.

Механизм работает следующим образом. В заданный момент времени от распределительного вала I9 получают вращения барабанные кулачки I8 и 20, управляющие зажимной и подающей цангами. Вначале от

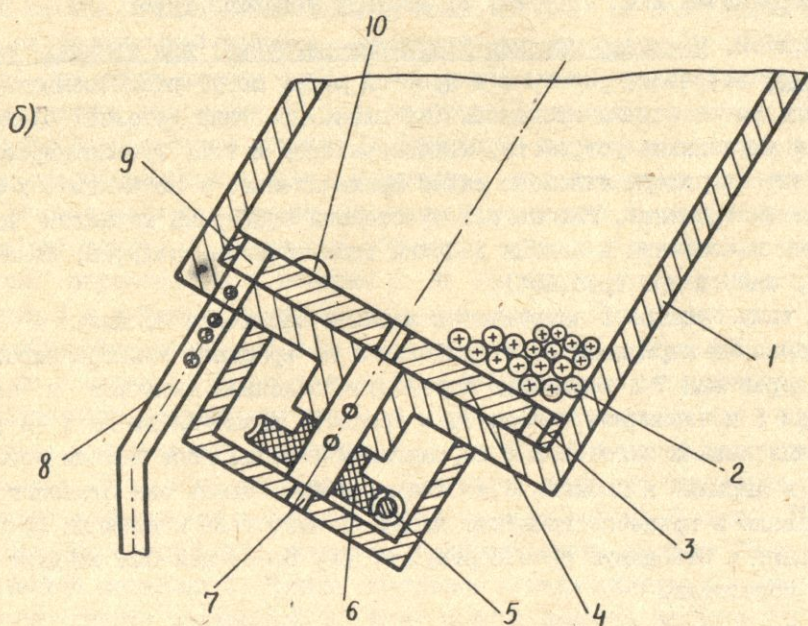
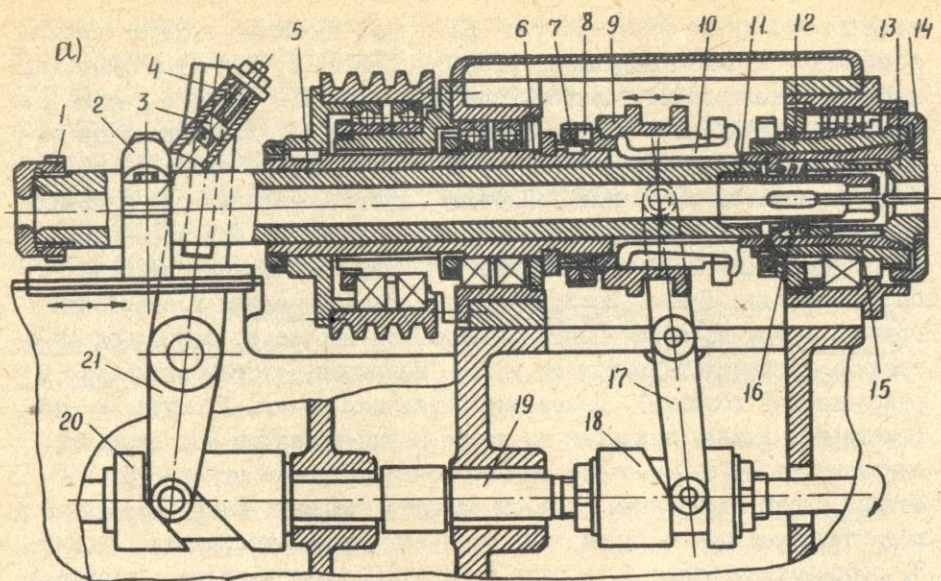


Рис. 20

кулачка 20, через рычаг 21 на расчетную величину подачи прутка перемещаются влево подающая труба 5 и цанга II. При этом лепестки цанги II скользят по зажатому цангой I3 прутку. (Усилие зажима регулируется гайками 7 и 8). Затем от кулачка I8 движение через рычаг I7 передается муфте 9. Во время подачи прутка цанга I3 должна быть в расжатом состоянии. Поэтому муфте 9 придается движение вправо. Она освобождает левые концы рычажков I0. При этом промежуточное кольцо вместе со втулкой I5 под действием пружины I6 быстро отходят влево. Зажимная цанга I3 разжимается и освобождает прутки. Затем подающая цанга II движется вправо и, благодаря силе трения, перемещает прутки до упора (например, установленного в револьверной головке). Далее под действием рычага I7 муфта 9 перемещается влево, нажимает на левые концы рычажков I0, которые, опираясь на шайбу, смещают вправо кольцо и далее втулку I5. Последняя своим внутренним конусом сжимает зажимную цангу I3. Длина хода подающей цанги II регулируется изменением положения камня 3, посредством винта 4, в пазу рычага 21. Вращательное (главное) движение шпинделю I2 и далее к прутку-заготовке передается через клиноременный шкив и втулку 6, несущую подающую трубу.

6.10.2. Механизм питания (загрузки-выгрузки) для штучных заготовок небольших размеров и простой формы могут реализовываться в виде узкоспециализированных (на один, два типа деталей) бункерных и магазинных устройств, автооператоров и т.д. Функционирование автооператора изложено ранее применительно к автоматической смене инструмента. Рассмотрим простейший бункерный механизм для приема накопления и выдачи изделий типа шариков, пальцев, кошачков, шайб и пр. (рис. 206).

В чашу бункера I загружаются навалом заготовки 2. Диск 4 с радиальными карманами 3, 9 приводится во вращение электродвигателем через вал 7 и червячную передачу. Последняя включает в себя червяк 5 и червячное колесо 6. В процессе вращения диска 4 и ворошения навала заготовок 2 ворошителем I0 отдельные детали попадают в карманы в позиции 3 и близких к ним. Здесь они отделяются от навала в процессе вращения диска 4, выносятся в позицию 9, где попадают в отводящую транспортную трубку 8. По ней они следуют в зону обработки.

6.10.3. Вибрационные загрузочные и транспортные устройства. Простейшим транспортным устройством подобного типа являются виб-

ротранспортеры (вибрлотки). С их помощью обычно перемещают мелкие изделия типа шайб колец, колпачков и др. Подобное устройство включает в себя основание, опирающееся на резиновые амортизаторы, наклонный лоток, связанный с основанием специальными пружинами и с электромагнитным вибратором. Создаваемые вибратором колебания в определенные мгновения времени резко снижают силу трения между поверхностями заготовок и лотка. Это в сочетании с некоторым наклоном транспортера обуславливает перемещение по нему заготовок.

6.10.4. Автоматизация загрузки оборудования с применением приспособлений-спутников, а также конвейерных транспортно-загрузочных систем широко распространена в производстве среднегабаритных изделий. Они часто используются в ГПС.

Развитие автоматизации загрузки многоцелевых станков и ГПМ пошло в направлении применения приспособлений-спутников. Такой подход иллюстрируется устройством, показанным на рис. 21 (а - общий вид, б - схема функционирования). МС и ГПМ имеет один точный поворотный стол 10, который установлен на весьма жесткой станине 11 и способен только вращаться. Все координатные движения осуществляет стойка станка и шпиндельная бабка на ней. На поворотном столе и на загрузочной позиции А размещены спутники 4 и 5 соответственно. Они имеют планки 2 и 3, позволяющие точно ориентировать устанавливаемую заготовку. Справа от стола 10 находится вторая загрузочно-разгрузочная позиция Б. Обработка заготовки со всех четырех сторон ведется только на спутнике, установленном на столе 10. Одновременно на спутник 4, стоящий в позиции А, закрепляется новая заготовка. По окончании обработки спутник 5 с обработанной деталью перемещается в позицию Б. На его место устанавливается спутник 4 и начинается обработка новой детали. Одновременно осуществляется разгрузка и последующая загрузка спутника 5, стоящего на позиции Б. Далее процесс транспортировки повторяется в обратном направлении: спутник 4 с обработанной деталью для пере загрузки возвращается в позицию А, а спутник 5 с новой заготовкой - на стол 10 (в зону обработки). Челночное движение спутников многократно повторяется в течение всего времени работы МС или ГПМ. Перемещения спутников проходят на поддерживающих роликах 13 и направляются роликами 1. Привод спутников - гидроцилиндр 6, шток 12 которого связан с кареткой 9. На ее концах имеются захваты 7 и 14. Они при повороте 9 входят в зацепление с замками 8 и 15 спутников.

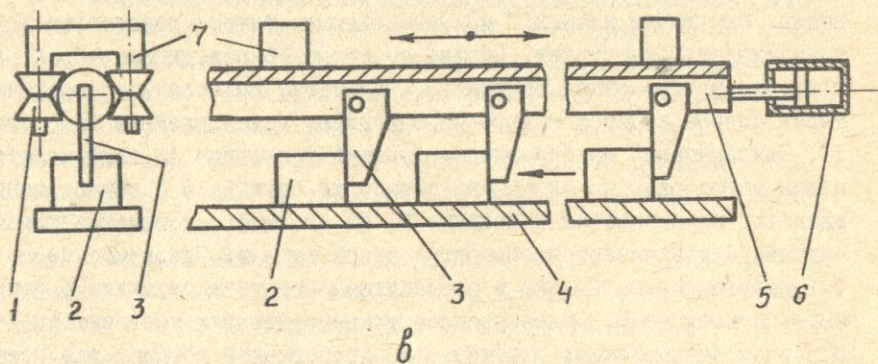
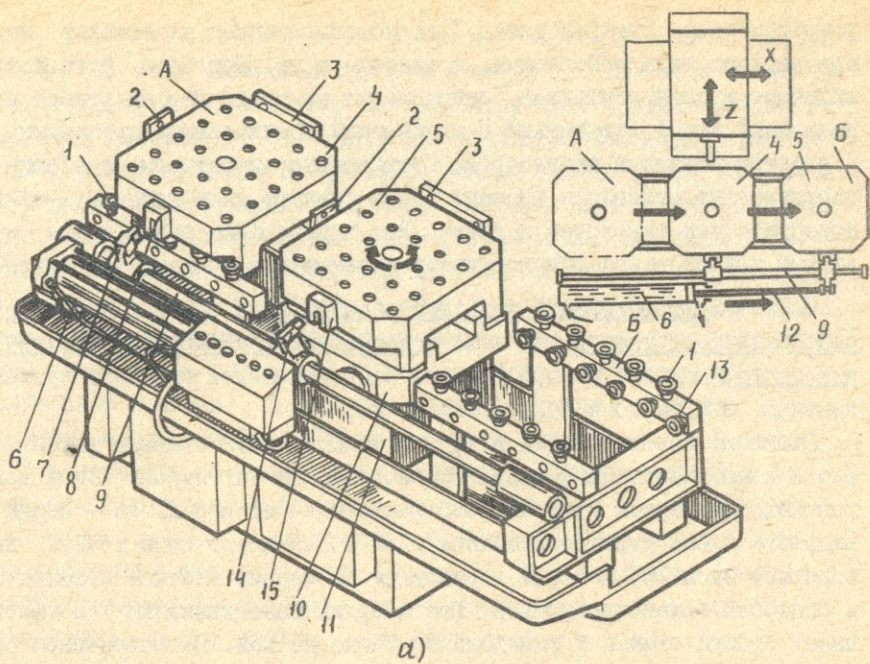


Рис. 21

Отвод 7 и I4 необходим для реализации поворотов спутника, находящегося в рабочей позиции при обработке заготовки.

Конвейерные транспортные системы обеспечивают перемещение обрабатываемых заготовок с позиции на позицию. Известно много типов конвейеров, применяемых в машиностроении. Наиболее распространены шаговые конвейеры. Они подразделяются на транспортеры: а) с собачками; б) с флажками; в) цепные; г) толкающие. Рассмотрим штанговый конвейер с убирающимися собачками. Его упрощенная схема дана на рис.21в. Здесь перемещение заготовок 2 осуществляется гидроцилиндром 6, связанным со штангой 5, несущей собачки 3. Штанга 5, захватив собачками 3 заготовки 2 и медленно перемещаясь влево, передвигает их по направляющей 4 на следующую позицию обработки. Затем изделия 2 фиксируются, а штанга 5 быстро отводится цилиндром 6 вправо. При этом, обходя "прежние" заготовки 2, собачки утопливаются и вновь захватывают следующие изделия. Затем процесс повторяется. Штанга 5 совершает возвратно-поступательные движения в направляющих роликах I, установленных на опорах 7.

В шаговых конвейерах с флажками штанга имеет возможность поворачиваться относительно своей оси. Установленные на ней упоры-флажки в одном положении убираются, а после поворота выдвигаются и могут захватывать заготовки, установленные на направляющей. Таким образом, после завершения обработки на всех позициях, заготовки раскрепляются. Штанга поворачивается, выводя флажки. Они захватывают изделие, а штанга движется поступательно, передвигая заготовки на последующую позицию. Затем следует поворот штанги в обратном направлении. Флажки убираются, заготовки фиксируются и обрабатываются, а штанга поступательным движением быстро отводится назад в исходное положение. Далее процесс повторяется.

Цепной конвейер обеспечивает перемещение деталей с позиции на позицию с помощью цепи. Причем обычно каждое ее звено несет одну заготовку.

Конвейеры толкающего типа часто реализуют на так называемых рольгангах. Одно звено подобного конвейера для транспортировки деталей массой более 500 кг показано на рис.22. Здесь операции транспортировки, загрузки-выгрузки выполняются гидравлическими или пневматическими толкателями. Данный рольганг представляет собой опорную металлоконструкцию I с вертикальными направляющими 2. По ним перемещается каретка 4, на которой установлены опорные ролики

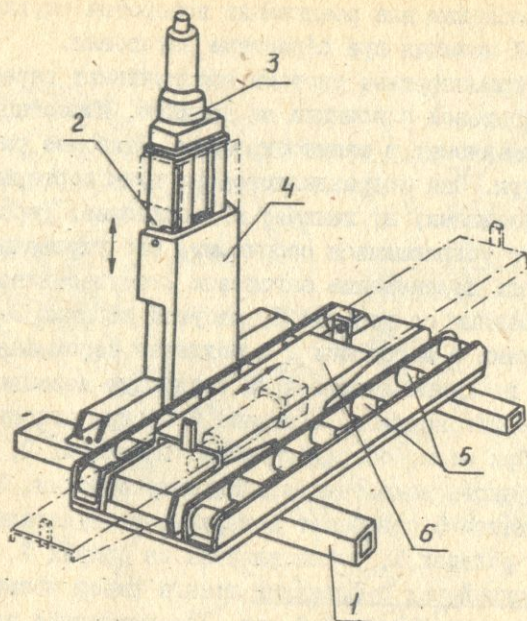


Рис.22

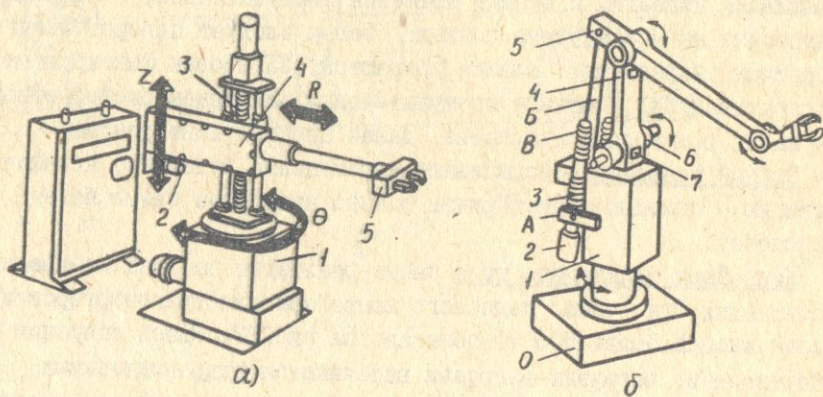


Рис.23

5 и толкатель 6. В данном случае приводы каретки и толкателя электромеханические. В частности, передача движения от электродвигателя привода каретки осуществляется через планетарный редуктор 3. Стрелками обозначены направления движения каретки и толкателя, из чего ясен смысл функционирования роляганга.

6.10.5. Промышленные роботы (ПР) являются в значительной мере универсальными транспортно-загрузочно-разгрузочными устройствами. Их можно условно разделить на следующие виды: напольные, подвесные, робокары.

Один из типов напольных роботов с выдвижной рукой, установленной на подъемной каретке, показан на рис.23а. Основание I робота представляет собой жесткую отливку. В нем смонтирован электродвигатель, датчик обратной связи и червячный редуктор поворота системы на угол  $\theta$ . Электропривод 2 горизонтального радиального перемещения руки робота по координате  $K$  наряду с электродвигателем со встроенными датчиками обратной связи содержит передачу винт-гайка качения. Электропривод вертикального перемещения по координате  $Z$  включает в себя: электродвигатель со встроенным датчиком обратной связи и шариковинтовую передачу 3. Приводом 5 перемещений по координате  $\alpha$  служит нешлюпоповоротный пневмодвигатель с двухпозиционным управлением. Основное достоинство ПР этого типа - простота конструкции.

Общий вид напольного ПР с многозвенной рукой представлен на рис.23б. Он оснащен электродвигателями 2, 6 и другими (на схеме не видны) со встроенными редукторами. Рука поворачивается вокруг вертикальной оси благодаря двигателю, смонтированному в основании 0. Электродвигатель 2 через шариковинтовую пару 3 поворачивает тягу А. Последняя со звеньями 4, 5 и 6 образует шарнирный параллелограмм. Он обеспечивает поворот звена 5 вокруг оси. Наклон звена 4 осуществляется специальным электродвигателем через винтовую пару качения В. Основные достоинства многозвенной руки - компактность и расширенная зона обслуживания при малых габаритах ПР.

Подвесные ПР различных исполнений приведены на рис.24. Их устройства и принципы функционирования ясны из рисунка и пояснений не требуют. Как видно, их общим конструктивным узлом является подвижная каретка. Она перемещается по направляющим монорельса, установленного на опорах. С кареткой связаны одна либо две руки.



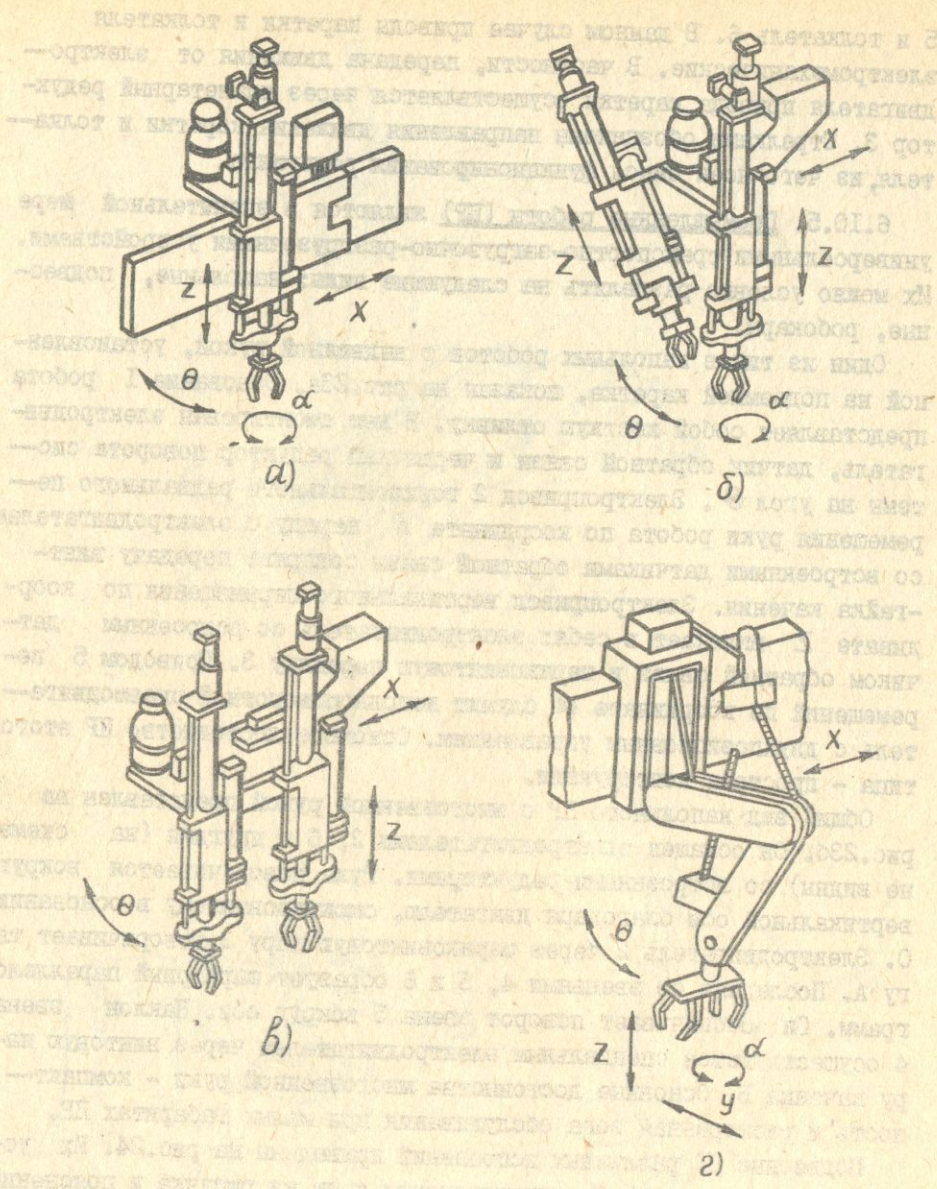


Рис. 24

Конструкция последних и их установка зависят от назначения ПР и обслуживаемого им оборудования. Основное преимущество подвесных ПР — они практически не занимают производственной площади.

Автоматические транспортные тележки — робокары в последнее время получают достаточно широкое применение особенно в ГПС. Они служат универсальным средством для реализации межучастковых и межоперационных транспортных операций, имеют большой диапазон скоростей движения с автоматизацией адресации — направления перемещений, автономность управления и другие достоинства. В зависимости от типа устройства маршрутослежения робокары можно разделить на опто-электронные (на полу светоотражающая полоса, а на тележке фотоизлучатель и приемник) и кабельно-индуктивные (под полом электрический кабель, по которому проходит переменный ток, и приемники-передатчики обмена информацией, а на тележке приемные индуктивные катушки и упомянутые устройства обмена).

Робокара, использующая последний принцип функционирования, показана на рис. 25а. Она имеет корпус 1, платформу 2 для установки поддона с заготовками, электронное оборудование, обеспечивающее заданный ЭВМ и оптимизируемый ею маршрут следования. Трасса — электрический кабель 5, проложенный в полу на глубине 2 см. Возбуждаемое проходящим по нему током электромагнитное поле воспринимается катушками индуктивности на тележке и далее следящей системой управления. Обмен информацией между микроЭВМ робокары и ЭВМ верхнего уровня обеспечивается специальными приемо-передатчиками, устанавливаемыми как на самой тележке, так и под полом. Электропривод кары питается от аккумуляторов, размещенных в контейнерах 3. Для предотвращения наезда тележки на препятствия предусмотрен тактильный буфер 4. Легкое прикосновение к нему останавливает движение робокары.

Робокара, использующая первый принцип функционирования, изображена на рис. 25б. Она реализована на основе типовых блоков с трехколесным шасси 7. Электроприводы главного движения 8 — электродвигатель с планетарным редуктором, а поворота 4 — волновой мотор-редуктор. Питание обоих электродвигателей осуществляется от аккумуляторов 6. Грузовая платформа 5 по существу является поворотным столом с двумя фиксированными положениями. Система управления трехуровневая: первый уровень общесистемный для всей ГПС, размещен вне робокары (СМ I420). Второй — микроЭВМ 9 (например, "Электроника-60") на тележке и третий там же в виде системы сле-

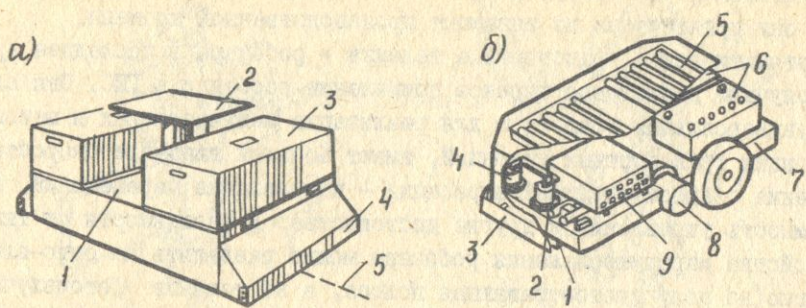


Рис.25

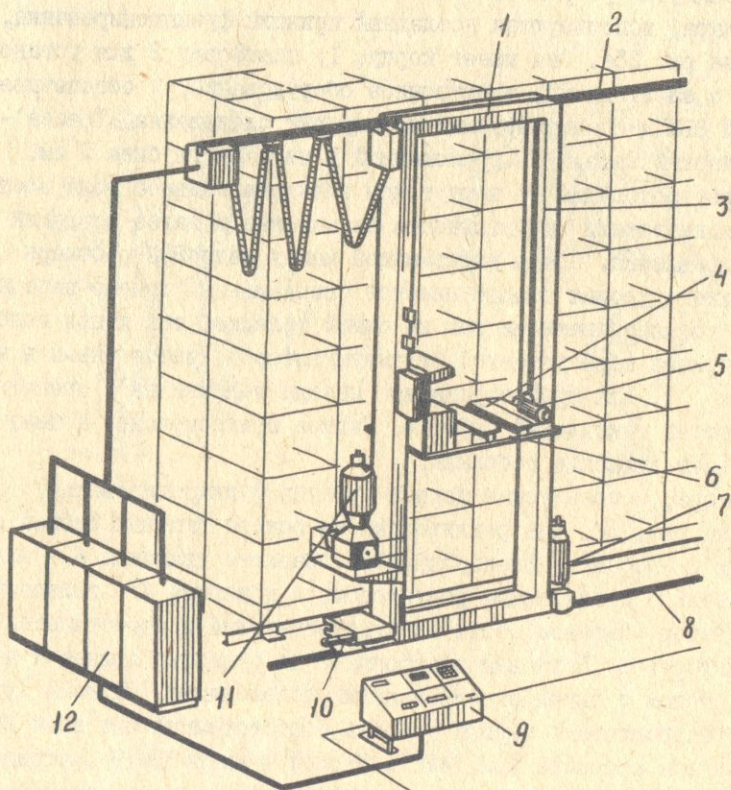


Рис.26

жения I за маршрутом (оптоэлектронного типа). Безопасность движения, как и в предыдущем случае, обеспечивается тактильной системой блокировки 3. Локационная система 2 стыковки определяет место соединения тележки с технологическим оборудованием.

6.10.Б. Как видно из рассмотренной структуры ППС, в ней значительное место отводится автоматизированным складам. Их оборудование также является объектом управления. При этом широко используют программно-управляемые от ЭВМ штабелеры.

Автоматизированный кран-штабелер для обслуживания высотных складов представлен на рис.26. Корпус I крана имеет рамную конструкцию. Платформа 6, на которой смонтирован сдвоенный телескопический захват 4, передвигается по вертикальным направляющим 3 электроприводом II. Вдоль стеллажа штабелер перемещается по рельсовому пути 8 и направляющему рельсу 2 посредством привода 7. Взаимодействием этих двух электроприводов обеспечивается программный выход платформы 6 на заданную ячейку стеллажа. Выдвижение захвата 4 при загрузке-выгрузке ячеек поддонами с изделиями производится приводом 5. В крайних положениях движение штабелера ограничивается буферами 10. Управление его работой осуществляет ЭВМ I2 с пультом 9.

После выхода на заданную ячейку захват 4 входит внутрь, останавливаясь под поддоном. Затем платформа 6 немного передвигается вверх и поднимает поддон. Захват 4 с поддоном выходит из ячейки и устанавливает его на платформу 6. Далее штабелер перемещается к столу загрузки-выгрузки и устанавливает на него поддон с изделиями. При их загрузке в заданную программой ячейку кран выполняет описанные действия в обратном порядке. В случае, когда кран-штабелер обслуживает несколько проходов между стеллажами, то для его передвижки из коридора в коридор используют специальную тележку, управляемую ЭВМ автоматизированного склада.

## 6.II. Сущность технологического процесса как объекта управления

6.II.I. Некоторые понятия и определения. Технология машиностроения - отрасль науки, изучающая закономерности процесса изготовления объектов с целью достижения их высокого качества и минимальной стоимости. Технология - слово, имеющее греческие

корни (*techné* – искусство, мастерство; *logos* – учение, наука) и может быть переведено как наука о мастерстве или учение о ремесленном искусстве. В современном, несколько более узком понятии технология – это совокупность процессов обработки или переработки того или иного материала.

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления либо ремонта выпускаемых изделий. Причем изделие – это предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на этом предприятии. Заметим, что часто используемое нами понятие деталь является лишь элементом изделия, изготовленным из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Отметим понятие технологической операции. Это часть техпроцесса, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми или собираемыми предметами. Установ – часть операции, выполняемой при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы. И, наконец, позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой (или собираемой сборочной единицей) совместно с приспособлением относительно инструмента (либо неподвижной части оборудования) для реализации определенной части. Кроме того, в техпроцессе следует различать понятия переход и проход. Переход – это часть операции, осуществляемая одним и тем же инструментом (или несколькими одновременно) без изменения режима обработки. Проход – часть перехода, при котором снимается один слой материала.

В случае отсутствия АСТП и других видов САПР (например, программ обработки на станках с ЧПУ) техпроцесс иллюстрируется чертежами обработки. На них указывается обрабатываемая поверхность, положение заготовки на станке или в приспособлении, положение инструмента в конце обработки и поверхности закрепления. Такое графическое изображение операции или перехода называют технологической наладкой.

6.11.2. Схема технологического процесса обработки корпусной детали многооперационным станком дана на рис.27. Обрабатывается (рис.27а) плоскость фланца, паз шириной 15 мм, отверстия диаметрами 20 и 100 мм, четыре резьбовых отверстия М6. Заготовка базируется на три плоскости. В первом переходе в шпиндель устанавливается торцовая фреза и обрабатывается плоскость фланца (рис.27б). На втором - осуществляется замена торцовой фрезы на концевую (рис.27в). Ею фрезеруется поверхность отверстия диаметром 100 мм. На третьем - вновь следует замена инструмента - концевой фрезы на сверло и производится сверление отверстия диаметром 20 мм (рис.27г). На четвертом переходе после замены сверла на концевую фрезу (рис.27д) фрезеруется паз. На пятом - замена концевой фрезы на сверло (рис.27е) и сверление четырех отверстий. На следующем переходе - замена сверла на зенкер (рис.27ж) и зенкование фасок четырех просверленных отверстий. Седьмой переход - как и ранее, замена инструмента (зенкера на метчик) и нарезание резьбы в четырех отверстиях (рис.27з).

Таково краткое описание схемы технологического процесса. Однако его программная реализация значительно сложнее. Программа реализации изложенных процедур содержит свыше 170 кадров.

#### 6.12. Некоторые особенности технологии гибкого автоматизированного производства

Одной из важных проблем реализации ГАС следует считать обеспечение гибкости - оперативной автоматической перенастройки оборудования на изготовление нового типа изделия. Это требует существенного изменения идеологии технологии машиностроения.

Характерным примером, иллюстрирующим отличие технологии роботизированного производства от обычной, является этап точной начальной ориентации - базирования заготовки относительно режущей кромки инструмента. Традиционное решение в подобных случаях - изготовление специальных приспособлений. Очевидно, что изготовить множество спецприспособлений, равно как и хранить их, невозможно.

В условиях ГАС перспективен следующий путь. Переход от точного базирования к грубой ориентации с помощью робота либо иного транспортного средства и закрепление заготовки с помощью универсального зажимного устройства. Далее осуществляется автоматический контроль размеров и положения заготовки, например, с помощью измери-

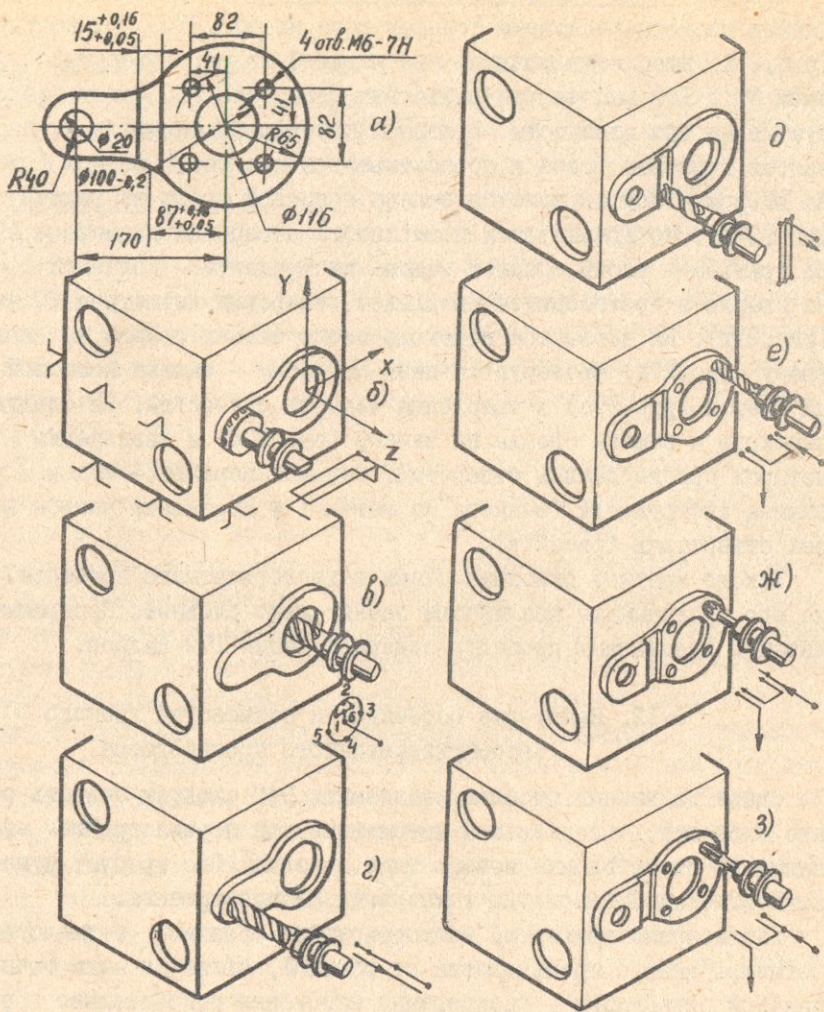


Рис. 27

тельного шупа. Полученную информацию используют для автоматической коррекции управляющей программы путем параллельного переноса и поворота осей координат.

Наличие в ГАС встроенного автоматического контроля формообразования непосредственно в зоне обработки позволяет полностью автоматизировать процесс определения реальных размеров инструмента и соответственно коррекции управляющей программы. При затруднениях контроля в зоне обработки размеры инструмента определяют его периодическим касанием к строго базированным плоскостям, оснащенным специальными датчиками. Последние оценивают реальное положение режущих кромок и обеспечивают необходимую программную коррекцию.

## 7. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

### 7.1. Системы управления и диагностирования. Некоторые виды, особенности

Как показывает анализ современного машиностроительного производства, его автоматизация идет, главным образом, на основе программируемых микропроцессорных систем. Они могут в себя включать САУ: а) стабилизации заданного параметра, в которых при отклонении последнего от определенного значения автоматически восстанавливается его величина (структура подобной подсистемы дана на рис.7); б) следящие, в которых задающее воздействие в каждый данный момент изменяется (например, по программе), а система обеспечивает соответствующее отслеживание выходного параметра; в) адаптивные (самоприспосабливающиеся), в которых автоматически изменяется алгоритм функционирования управляющей части для осуществления оптимального (по тому или иному критерию) управления.

Адаптивные САУ можно в свою очередь разделить на следующие виды систем: I) функционального регулирования, в которых управляющее воздействие является функцией какого-либо параметра техноло-



гической системы (например, подача инструмента — функция одной из составляющих силы резания); причем оптимальное значение этого параметра заранее определено (по существу имеем систему стабилизации оптимального значения); 2) предельного (экстремального) регулирования, которая обеспечивает поддержание предельного значения одного или нескольких параметров в объекте управления; 3) оптимального регулирования, в которых учитывается совокупность многих факторов и с помощью комплексного критерия оптимальности проводится изменение регулируемых параметров (например, обеспечение в станке режимов обработки, дающих максимальную производительность при наименьшей себестоимости).

Ранее отмечалось, что системы управления современного автоматизированного производства являются как правило многоуровневыми. На верхнем уровне обычно используются управляюще-вычислительные комплексы на базе мини- и микроЭВМ (например, на базе СМ ЭВМ типа СМ 1420.22, СМ 1600.22, СМ 1810, а также ПЭВМ ЕС 1840, МС 0585 — "Электроника-85" и др.). На нижнем — системы программного управления (СПУ). Последние по принципу функционирования можно условно разделить (по аналогии с системами для роботов) на позиционные цикловые, позиционные числовые и контурные.

В цикловых СПУ программируются рабочие циклы станка, промышленного робота (ПР), режимы обработки и вспомогательные функции. Размерная информация (программа) задается с помощью расставляемых оператором кулачков, упоров или флажков, воздействующих на контактные либо бесконтактные путевые переключатели. Сигналы последних свидетельствуют о достижении заданной координаты, завершении текущего цикла и обуславливают переход к считыванию в памяти следующей порции информации (команды, кадра, слова), которая обрабатывается.

В числовых позициях СЧПУ все движения исполнительных органов станка (ПР), их скорости, режимы обработки и т.д. осуществляются автоматически на основе задаваемых программой цифровых, буквенных и других символов. Они однозначно определяют алгоритм управления. При этом программируются координаты точек (позиции), которые должен занять исполнительный орган в конце каждого перемещения. Траектория его движения на позицию не контролируется. В отличие от предыдущих СПУ здесь сигнал о достижении искомой координаты поступает от специального датчика обратной связи, который непрерывно в

процессе движения узла регистрирует занимаемое им положение. При совпадении достигнутых координат с заданными программой СЧПУ обеспечивает остановку исполнительного органа, а при необходимости и его фиксацию.

СЧПУ с контурным управлением как правило в своем составе имеет одну и более микроЭВМ. Здесь исполнительные органы выполняют сложные (по существу любые) пространственные движения по заданной программой траектории. Причем контроль точности ее обработки ведется СЧПУ непрерывно путем постоянного сравнения сигналов датчика обратной связи и задающего. Программа представляется в виде координат некоторого количества точек, через которые должен пройти исполнительный орган. Вычисление промежуточных координат движения (интерполяция) производит сама СЧПУ.

Системами подобного класса оснащаются ГТМ, являющиеся основой ГАС. Их отличительная особенность — обеспечение непрерывной автоматической работы оборудования без постоянного присутствия оператора. В них предусмотрена система защиты, исключающая аварийную ситуацию на станке, ПР. Разностороннее диагностирование неисправностей, комплекс устройств адаптации как оборудования, так и реализуемого им процесса. Число управляемых формообразующих осей координат, обычно 4...16, имеется линейная и круговая интерполяции, общий объем памяти — до 2048 Кбайт, количество входов — выходов для связи с объектом управления до 1024, а каналов для общения с ЭВМ верхнего уровня до 8. Системы автоматической диагностики и прогнозирования состояния (САДПС) оборудования обычно контролируют длительность технологического цикла и его элементов, мощность, потребляемую электродвигателями, уровень вибраций, температуру подшипниковых и других узлов, а также давление в различных точках гидросистем. Иногда изучается информация и о других параметрах. Системы строятся по модульному принципу как в отношении технических средств, так и методико-программных. Получаемая от датчиков информация перерабатывается по определенным алгоритмам и представляется в соответствующие службы.

Система включает в себя набор первичных преобразователей — датчиков, преобразующих диагностируемый параметр в электрический сигнал; входные модули, содержащие нормирующие преобразователи и осуществляющие первичную обработку информации; программируемые контроллеры и далее микроЭВМ (ПЭВМ) цехового уровня.

Модульный принцип построения таких систем позволяет компоновать различные виды САДПС: передвижные и стационарные. Первые возможны в двух вариантах. Один — когда датчики установлены в диагностируемом оборудовании постоянно, а информация с них снимается периодически, а затем обрабатывается на ЭВМ. Второй — когда периодически устанавливаются датчики и ведется запись их сигналов с последующей упомянутой обработкой. Стационарные САДПС предполагают постоянное функционирование всей системы и ее полнокомплектное размещение на объекте диагностирования.

Развитые САДПС также могут быть многоуровневыми и выполнять функции: определения технического состояния оборудования, прогнозирования его остаточного ресурса либо ведение нормативной базы ремонта и обслуживания.

## 7.2. Нижний уровень управления и диагностики

На нижнем уровне управления сложность терминальных систем зависит от алгоритмов функционирования обслуживаемых ими объектов управления. Если они не требуют вычислительных процедур, а представляют собой только логическую последовательность двоичных команд типа "включено-выключено" и при этом отсутствует обратная связь, то управление на нижнем уровне может быть реализовано с помощью простейшего микропроцессорного устройства — программатора. В его относительно ограниченную память загружается последовательность и адреса команд. При этом предполагается, что объект их выполнений абсолютно точен и обратная (от объекта) информация об исполнении приказов не нужна.

Когда наряду с логической и временной последовательностью команд необходимо осуществлять простейшие математические действия, вести контроль, например, за достижением определенного уровня какого либо параметра объекта управления, осуществляя при этом с ним обратную связь, тогда на нижнем уровне используют простейшую микропроцессорную систему (МПС), называемую контроллером.

В более сложных случаях управления, когда, обрабатывая заданную программу, необходимо в каждый данный момент получать информацию о состоянии объекта, решать большие логические задачи, проводить определенные вычисления, выдавать соответствующие сигналы различным исполнительным органам станка и т.д., на нижнем уровне используют системы, содержащие одну или несколько

микроЭВМ. К ним относятся современные СЧПУ. Достаточно полно состав аппаратных средств простейшей типовой системы управления представлен на рис.28. Здесь сокращения имеют следующий смысл: ПРВИ - пульты ручного ввода информации; ПОИ - пульты отображения информации; ВУОН - внешние устройства общего назначения; УСО - устройство сопряжения с объектом. МикроЭВМ получает от датчиков через входные преобразователи информацию о возмущениях со стороны нагрузки на объект управления и о состоянии его выходных параметров. Она составляет последние заданными программой и организует через выходной преобразователь и исполнительные устройства необходимые управляющие воздействия. Процесс протекает непрерывно. Так реализуется управление объектом и обеспечивается его требуемое в данный момент состояние.

Состав технических средств простейшей системы автоматической диагностики (исследования) объекта можно проиллюстрировать на примере использования в ней УСО КАМАК. Оно содержит отдельный корпус (крейт-корзину) со сменными преобразователями, собственным внутренним интерфейсом и контроллером крейта. Последний имеет выход через специальный кабель на внутреннюю магистраль используемой ЭВМ.

### 7.3. ЭВМ - микропроцессорный мозг системы управления и диагностики

МикроЭВМ с широкими функциональными возможностями можно использовать в режиме программатора и контроллера. Поэтому ее рассмотрение представляет универсальный интерес, поскольку позволяет уяснить работу МПС в любом режиме (управления, диагностики).

В рассматриваемом случае под процедурой управления будем понимать обмен информацией между объектом управления и регулятором. При этом от объекта идут данные о его состоянии. Они анализируются в регуляторе с учетом заданной программой стратегии системы. После чего к объекту направляется поток управляющих воздействий. Он обеспечивает его требуемое состояние. Таким образом, для успешной работы ЭВМ в режиме управления необходимо рассмотреть основные процедуры обмена информацией.

Блок-схема простейшей микроЭВМ с трехшинной структурой иллюстрируется рис.29. Здесь МПС имеет три магистрали (шины), исходящие из процессорного модуля (ПМ) и входящие в него: адреса (МА), уп-

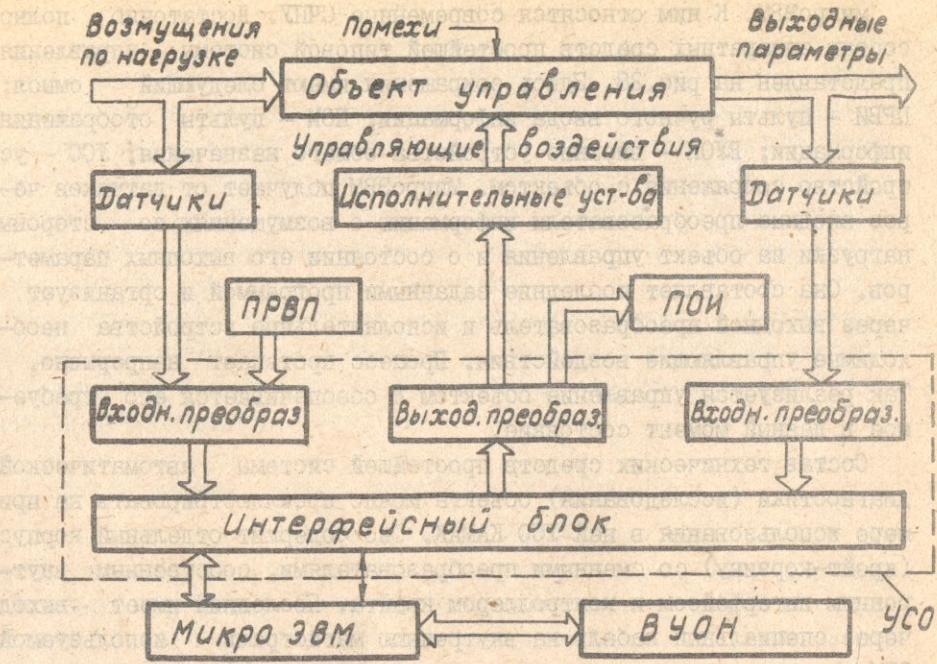


Рис. 28

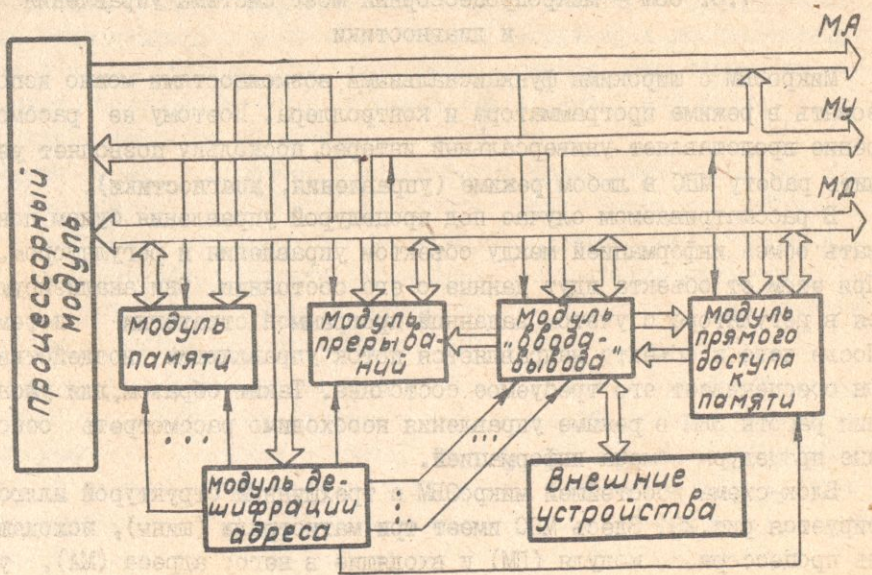


Рис. 29

вления (МУ) и данных (МД). Кроме того рассматриваемая микроЭВМ содержит модули: памяти (П), ввода-вывода (ВВ), прерывания (ПР), дешифрации адреса (ДА) и прямого доступа к памяти (ПДП).

### 7.3.1. Процессорный модуль - ядро системы управления

Данный модуль, иногда называемый центральным процессорным элементом, осуществляет обработку информации и координацию действий системы по выполнению программы. Обычно ПМ включает в себя как минимум микропроцессор (МП), генератор тактовых импульсов (ГТИ), системный контроллер (СК), шинные формирователи (ШФ) и адресные регистры (АР).

МП - микросхема (МС) или совокупность небольшого числа МС, выполняющая над данными логические и арифметические операции и осуществляющая программное управление процессом вычислений и логики. ГТИ предназначен для синхронизации работы МП и микропроцессорной системы управления (МПС) в целом посредством выдачи тактовых сигналов.

СК состоит из двунаправленной буферной схемы и дешифратора управляющих сигналов. Соответственно СК формирует их, сопрягая микропроцессор (МП) с МУ. Одновременно согласуются выходы данных МП с МД. Иногда сопряжение МП с МД осуществляется с помощью ШФ. Последние представляют собой усилители, способные передавать сигналы в обоих направлениях (МП  $\rightleftharpoons$  МД). При этом их выходы-входы тристабильны - способны принимать три состояния: логических 1 и 0, а также высокоомное (высокоимпедансное, отключенное) состояние. ШФ существенно повышают нагрузочную способность соответствующих выходов МП.

АР предназначены для связи МП с МА. Аналогично ШФ это усилители, но в отличие от них они однонаправленные. Также обладают повышенной нагрузочной способностью и имеют тристабильные выходы. Наличие последних в АР и ШФ позволяет ПМ отключаться от МА и МД.

### 7.3.2. Модуль памяти

Рассматриваемый модуль обычно состоит из постоянного (ПЗУ), оперативного (ОЗУ) и постоянного, но перепрограммируемого (ППЗУ) запоминающих устройств. ПЗУ хранит программы и константы, необходимые для их выполнения в любых случаях. В ОЗУ хранятся текущие программы, данные и промежуточные результаты действий (вычисле-

ний). ПЗУ выполняет функции аналогичные ПЗУ, но специфические для данного объекта управления или выполняемых системой конкретных задач.

В ПЗУ и ППЗУ размещается постоянная часть программы управления технологическим процессом. Это обеспечивает ее сохранность при отключении питания. ПЗУ программируются в процессе изготовления. В них обычно входят дешифраторы адреса (строк и столбцов), программируемая логическая матрица (ПЛМ) (например, диодная), в которой хранится информация, и выходные буфера.

ППЗУ допускают программирование и перепрограммирование после изготовления БИС. Многие типы БИС ППЗУ позволяют стереть содержимое памяти путем ультрафиолетового (УФ) облучения. Следует заметить, что когда разрабатывается новая МПС, первый вариант программного обеспечения целесообразно записать в ППЗУ. Затем включить ППЗУ в систему управления и проверить соответствие программы заданным функциям. Если выявляется необходимость изменений, то ППЗУ вынимается (оно на специальных панельках) из блока и перепрограммируется.

Различают динамические и статические ОЗУ. В первых запоминающим элементом является транзисторная схема с конденсатором. Заряд-разряд последнего определяет записанную в памяти логическую 1 или 0. Схемы динамической логики позволяют организовать более плотную упаковку элементов. Это экономит площадь кристалла и в итоге снижает себестоимость. Основной недостаток таких ОЗУ — необходимость периодической перезаписи информации (подзарядка конденсаторов) — регенерации памяти. Поэтому в составе МПС необходимо иметь специальный блок, автоматически выполняющий указанную функцию. В небольших МПС наличие такого блока нейтрализует преимущества схем динамической памяти.

В статических ОЗУ каждый элемент памяти представляет собой симметричный триггер, составленный из двух логических схем с перекрестными связями и хранящий один бит информации.

### 7.3.3. Модуль дешифрации адреса

Эти устройства (по существу схемы селекции) позволяют в соответствии с программой активизировать (включить в работу, выбрать) необходимую МС. Обычно это БИС памяти, ввода-вывода информации ШФ и АР. Соответственно устройства дешифрации иногда называют контроллерами памяти и ввода-вывода. Они подключаются к нескольким

линиям МА, сигналы которых дешифруются. В результате на одном из выходов схемы селекции, связанном с определенным кристаллом, появляется его активизирующий кристалл.

Схема селекции кристалла может быть реализована на отдельных логических элементах. Однако предпочтительнее их реализовывать на серийно выпускаемых дешифраторах МС среднего уровня интеграции.

#### 7.3.4. Модуль ввода-вывода

МПСУ технологическими процессами (МПСУ ТП) имеет значительно больше внешних устройств (ВУ), чем вычислительная система (ВС). В дополнение к традиционным для вычислительных систем (внешняя память, пульта ручного ввода, устройства загрузки, отладки программ, отображения и индикации и др.) добавляется обилие датчиков различных параметров и всевозможных, часто сложно управляемых, исполнительных механизмов. Отсюда следует, что в МПСУ ТП средства обмена информацией с ВУ имеют большее значение, чем вычислительные возможности.

Общую схему сопряжения МП с каналами ввода-вывода и ВУ называют стандартным интерфейсом. Она предполагает стандартизацию электрических методов подключения, общность входного-выходного алфавита, команд управления и организации (алгоритмов-протоколов обмена) каналов связи. При этом можно выделить некоторые общие принципы, приемлемые для большинства МПСУ:

при подключении к МПС нескольких ВУ МП должен выдавать специальный сигнал выбора (селекции), активизирующий (включающий) только заданное ВУ; это обеспечивается модулем дешифрации адреса;

обмен данными может вестись путем одновременного выставления всех битов слова на соответствующих линиях МД (параллельный интерфейс) либо посредством последовательной передачи указанных битов по одной линии (последовательный интерфейс);

все процедуры обмена информацией синхронизируются генератором (ГТИ), о котором говорилось выше.

Организация ввода-вывода возможна на различной элементной базе. Однако в современных микропроцессорных комплектах для реализации этих функций имеются специальные БИС. В частности, программируемый периферийный адаптер - ППА (параллельный интерфейс) и программируемый связной адаптер (последовательный интерфейс - ПСА).



Последний в соответствии с выполняемыми функциями часто называют универсальным синхронно-асинхронным приемопередатчиком (УСАП). Каждый ППА имеет несколько (например, три) каналов обмена. Он расшифровывает адрес, полученный из ПМ, и выделяет только то ВУ, код которого совпадает с упомянутым адресом. Декодирует код команды и организует ее выполнение. Посылает ПМ информацию о состоянии ВУ и, в частности, о его готовности к обмену данными. Обменом данными управляет ПМ. Однако он лишь инициирует работу ППА в требуемых точках программы, а фактическое выполнение идет под управлением самого адаптера.

Если объект управления либо диагностирования удален от МПС на расстояние более 15 метров, для передачи используются ПСА (проценты тянуть 2 провода вместо 8, 16, 32). При этом обычно используются обычные телефонные линии связи. Передача может осуществляться последовательностями 5, 7 или 8 бит для каждого слова. Причем подобная посылка сигналов обрамляется в начале слова стартовым, а в конце стоповым битами. Кроме того, оно может дополняться битами контроля четности или нечетности единиц в слове. Добавим, что ПСА при передаче преобразует параллельный код в последовательный, а при приеме наоборот.

#### 7.3.5. Модуль прерываний в системе ввода-вывода

В МПСУ ТП обычно имеется много ВУ. Для взаимодействия с ними возможны следующие основные режимы ввода-вывода: а) программно-управляемый; б) с формированием сигнала готовности ВУ к обмену информацией (режим асинхронный, квитирования); в) передачи управления обменом ВУ; г) по прерываниям со стороны ВУ.

В случае программно-управляемого ввода-вывода МД всегда находится под контролем ПМ, управляющего по программе направлением передачи и временем обмена. Ее основной недостаток — жестко фиксированное программой время передачи данных. Соответственно использование в МПС высокоскоростных ВУ не вызывает повышения пропускной способности всей системы.

В режиме ввода-вывода с подтверждением ВУ его готовности МД не совершает никаких действий до получения соответствующего сигнала, т.е. простаивает. При относительно медленно работающих ВУ, а таких в машиностроении большинство, это нерационально. Режим ввода-вывода с передачей управления более подробно будет рассмотрен

в следующем подпараграфе. Здесь только отметим его сущность. Он характеризуется тем, что МП передает магистрали в распоряжение ВУ, а сам на время прямой передачи (ВУ  $\rightleftharpoons$  ОЗУ) данных отключается от магистралей.

Ввод-вывод по прерываниям часто называют форсированным. При этом действия по обмену информацией инициируются (возбуждаются) самими ВУ, генерирующими сигналы запросов на обслуживание. При поступлении запроса МП завершает выполнение текущей команды фоновой (основной) программы (проверяет ряд дополнительных условий) и прерывает ее исполнение. Одновременно МП "прячет" в специальный отдел ОЗУ — стек номер ЯП, в которой хранится следующий шаг основной программы, и выдает сигнал, разрешающий прерывание. Затем идентифицирует (определяет) ВУ, запросившее прерывание, и переходит к выполнению вспомогательной программы, затребованной внешним устройством. Последнее указывает адрес начала программы обслуживания. Обычно это программы обмена данными. После его завершения путем извлечения из стека "спрятанной" в нем информации восстанавливается состояние прерванной программы и возобновляется ее выполнение.

В рассматриваемом режиме на процедуру ввода-вывода затрачивается существенно меньше времени, чем в программно-управляемом. Кроме того, он позволяет гибко изменять ход программы по сигналам, поступающим в ПМ от ВУ. Все это повышает эффективность системы.

Описанным образом протекает процесс обслуживания запросов одного ВУ. Однако в МПСУ ТП возможна ситуация, когда запросы на прерывание текущей программы поступают одновременно от нескольких ВУ. В этом случае модуль прерываний устанавливает очередность обслуживания ВУ, их приоритеты. Они могут "назначаться" аппаратно или программно.

В первом случае каждый вход запроса модуля прерывания схематически и алгоритмически обеспечивается определенным приоритетом обслуживания. Соответственно при создании МПСУ каждое ВУ подключается к тому или иному входу, обретая конкретный приоритет. Затем сигнал разрешения прерывания ПМ направляется модулем прерываний последовательно ко всем его входам запросов, начиная с наиболее приоритетного. Обнаружив таким образом запрос, а он будет самым приоритетным, модуль организует через ПМ выполнение про-

граммы обслуживания. После ее завершения процесс отыскания входа запроса со следующим высшим приоритетом повторяется. Если запросов нет, то МП возвращается к фоновой программе. Недостаток такой системы в том, что однажды установленные для ВУ приоритеты жестко фиксируются. Их изменение требует "перепайки", переключения входов запросов на другие ВУ. Преимущество подобного подхода — высокое быстродействие при обработке прерываний.

При программной установке приоритетов они находятся во власти программистов и могут быть изменены применительно к задачам конкретной МПСУ ТП. Гибкость программных методов и большое быстродействие аппаратурной реализации удачно сочетаются в комбинированной программно-аппаратурной системе управления приоритетами. В МПСУ режим приоритетных прерываний обычно реализуется специальными БИС — программируемыми контроллерами приоритетных прерываний.

#### 7.3.6. Модуль прямого доступа к памяти в системе ввода-вывода

При программно-управляемом обмене информацией ВУ заимствует данные, например из ОЗУ, исключительно через ПМ. То есть оно обращается к ПМ, выставляя на МД адрес ЯП, в который записана необходимая для ВУ информация. ПМ принимает упомянутый адрес и выставляет его на МА, обращаясь к ОЗУ. Последнее выдает содержимое ЯП на МД, откуда его заимствует ВУ. Затем ПМ обращается к ВУ, устанавливая на МА его адрес, а после этого выдает на МД искомые данные. Последние прочитываются ВУ. Если ВУ необходимо загрузить какие-либо данные в ОЗУ, то описанная весьма сложная процедура проходит в обратном порядке.

Нерациональность описанных действий при обмене данными очевидна. Она похожа на езду из Тольятти в Москву через Владивосток со многими пересадками. Поэтому разработан режим с передачей управления вводом-выводом ВУ. В вычислительных системах такой режим называют прямым доступом к памяти (ПДП). При этом ВУ через модуль ПДП выставляет на МУ сигнал запроса на "захват" шин. ПМ, завершив обработку очередного шага программы и обнаружив упомянутый запрос, отключается от МА и МД (его входы-выходы приходят в высокоомное состояние). Одновременно он выдает на МУ ответный сигнал, разрешающий ВУ взять на себя управление МА и МД, — захватить и использовать по своему усмотрению шины. После этого ВУ непосредственно об-

ращается к ОЗУ и проводит с ним необходимый обмен данными. То есть выставляет на МА адреса определенных ЯП, которые выдают свое содержимое на МД. Оно прочитывается ВУ. Аналогично протекает обратный процесс — занесение ВУ данных в ЯП ОЗУ.

Рассматриваемый режим ввода-вывода информации обычно технически реализуется с помощью специальных БИС- программируемых контроллеров ПЦП.

### 7.3.7. Модуль функций времени

Часто в МПСУ ТП необходимо формирование временных интервалов между импульсами — сигналами. Причем их длительность и форма должны задаваться программно. Кроме того, иногда приходится реализовывать временные задержки, функции счетчика событий, часов реального времени и т.п. Такие задачи решаются модулем временных функций. На рис.29 он не показан. Его использование существенно разгружает ПМ от выполнения прямо не свойственной ему рутинной работы.

Нередко для реализации рассматриваемого модуля применяют специальные БИС — программируемые интервальные таймеры. Они имеют несколько режимов функционирования, используя которые можно организовать различные функции. Например, режимы: программируемой задержки, выработки единичного сигнала высокого уровня (запуска, прерывания и т.д.) после поступления заданного числа программой тактовых импульсов (т.е. через запрограммированный интервал времени); формирование временного интервала сигнала низкого уровня, равного запрограммированному числу периодов тактовой частоты; деление последней на запрограммированное число; генерация прямоугольных сигналов программно-изменяемой частоты; запуск одиночного строба-сигнала низкого уровня по окончании счета программно — заданного числа периодов тактовой частоты и другие.

В заключение отметим, что для связи со специфическими ВУ (клавиатурой, дисплеем, внешними устройствами памяти, печати и т.п.) в состав микроЭВМ входят соответствующие модули, которые на рис.29 не показаны.

### 7.4. Обмен данными в управляющей микроЭВМ

Как видно, процесс управления различными объектами машиностроения (и многих других отраслей) в значительной мере сводится к

процедурам обмена данными между ПМ (микроЭВМ) памятью и ВУ. Разрозненно и частично они рассматривались выше. Здесь, учитывая важность их понимания, остановимся на этом, хотя и упрощенно, но несколько подробнее и системнее.

Программа, подлежащая выполнению, загружена в ОЗУ. Для реализации очередной команды либо изготовления определенной информации ПМ выставляет на МА адрес соответствующей ЯП. Одновременно несколько линий той же магистрали используются модулем ДА для активизации заданной БИС в модуле памяти. Последний под действием сигнала с МУ выдает на МД содержимое упомянутой ЯП. Оно считается ПМ, который организует исполнение данной команды либо дальнейшую передачу полученных данных.

Обратная задача — получение ПМ данных из ВУ и загрузка в память решается аналогично. При этом передача информации из ВУ в ПМ осуществляется по программе через модуль ВВ. ПМ описанным выше способом выбирает из памяти команду ввода, затем адрес МС модуля ВВ и выставляет его на МА. Он расшифровывается модулем ДА и на указанную МС подается сигнал активизации. После этого модуль ВВ выдает на МД вводимую информацию. Она по сигналу с МУ заносится в ПМ. После принятия данных ПМ выставляет на МА адрес ЯП, в которую необходимо занести информацию. Также активизируется соответствующая микросхема. ПМ выдает загружаемые данные на МД. Оттуда по сигналу, передаваемому ПМ по МУ, информация записывается в заданную ЯП.

В случае, если содержимое ЯП необходимо передать в ВУ, то ПМ, приняв из ЯП данные, согласно программе выставляет на МА адрес кристалла модуля ВВ, связанного с данным ВУ. Указанный адрес дешифруется модулем ДА, который выдает сигнал, активизирующий упомянутый кристалл. Затем ПМ выставляет на МД принятую из ЯП информацию, которую по сигналу с МУ прочитывает модуль ВВ и передает в ВУ.

Иногда ВУ необходимо приостановить выполнение текущей программы и попросить ПМ перейти на другую подпрограмму, необходимую в данной ситуации. В этом случае ВУ через модуль ВВ обращается в модуль ПР, который генерирует на ПМ через МУ, соответствующий сигнал запроса на прерывание. ПМ по завершении выполнения текущей команды, обнаружив упомянутый запрос, загружает (прячет) в специальный отдел памяти (стек) всю информацию, необходимую для

успешного продолжения основной, фоновой (прерываемой) программы (адрес ЯЦ со следующей командой и т.п.), и выдает сигнал, разрешающий прерывание. В ответ на него устройство, запросившее прерывание, выдает на МЦ команду и адрес начала подпрограммы обслуживания, к которой следует перейти. Завершив ее, ПМ вновь возвращается к основной программе.

Если ВУ необходимо обратиться к памяти (например, извлечь или загрузить в нее информацию), то оно должно действовать как описано выше, т.е. через ПМ. Такой алгоритм работы МПС крайне сложен и малопроизводителен. Поэтому для такого обмена ВУ используется режим прямого (минуя ПМ) доступа к памяти. Он реализуется с помощью модуля ЦДП. Соответственно ВУ через модуль ВВ обращается к модулю ЦДП, который генерирует на ПМ сигнал, требующий захвата магистралей. В ответ ПМ отключается (переводит входы-выходы в состояние высокого сопротивления) от МА и МЦ, заканчивает выполнение внутренних операций текущего цикла, вырабатывает сигнал разрешения захвата и переходит в состояние ожидания. Указанный сигнал модуль ЦДП передает через модуль ВВ на ВУ. Далее модуль ЦДП приступает к организации обмена. При этом формирует последовательность адресов в модуле П, а также сигналы управления обменом (чтение или запись и т.п.). Выход ПМ из рассматриваемого режима происходит в обратном порядке.

#### 7.5. Система числового программного управления оборудованием

Остановимся на достаточно сложной, терминальной системе управления, способной обеспечить функционирование многооперационных станков типа ГПМ, обрабатывающий центр и др. Она является много-машинной (содержит 3 микроЭВМ, МПС). Ее структура представлена на рис.30. Система содержит три микроЭВМ, каждая из которых имеет свой персональный модуль ПМ, блоки ОЗУ и ПЗУ для хранения программ, сосредоточенные в запоминающем устройстве ЗУ, а также модули ввода-вывода. Последние реализованы в виде интерфейсных плат, последовательного ПСА и параллельного ППА интерфейсов.

ЭВМ 1 управляет работой всей системы, реализует связь с оператором и ввод и хранение управляющих программ. ЭВМ 2 обеспечивает обработку заданных перемещений рабочими органами станка.

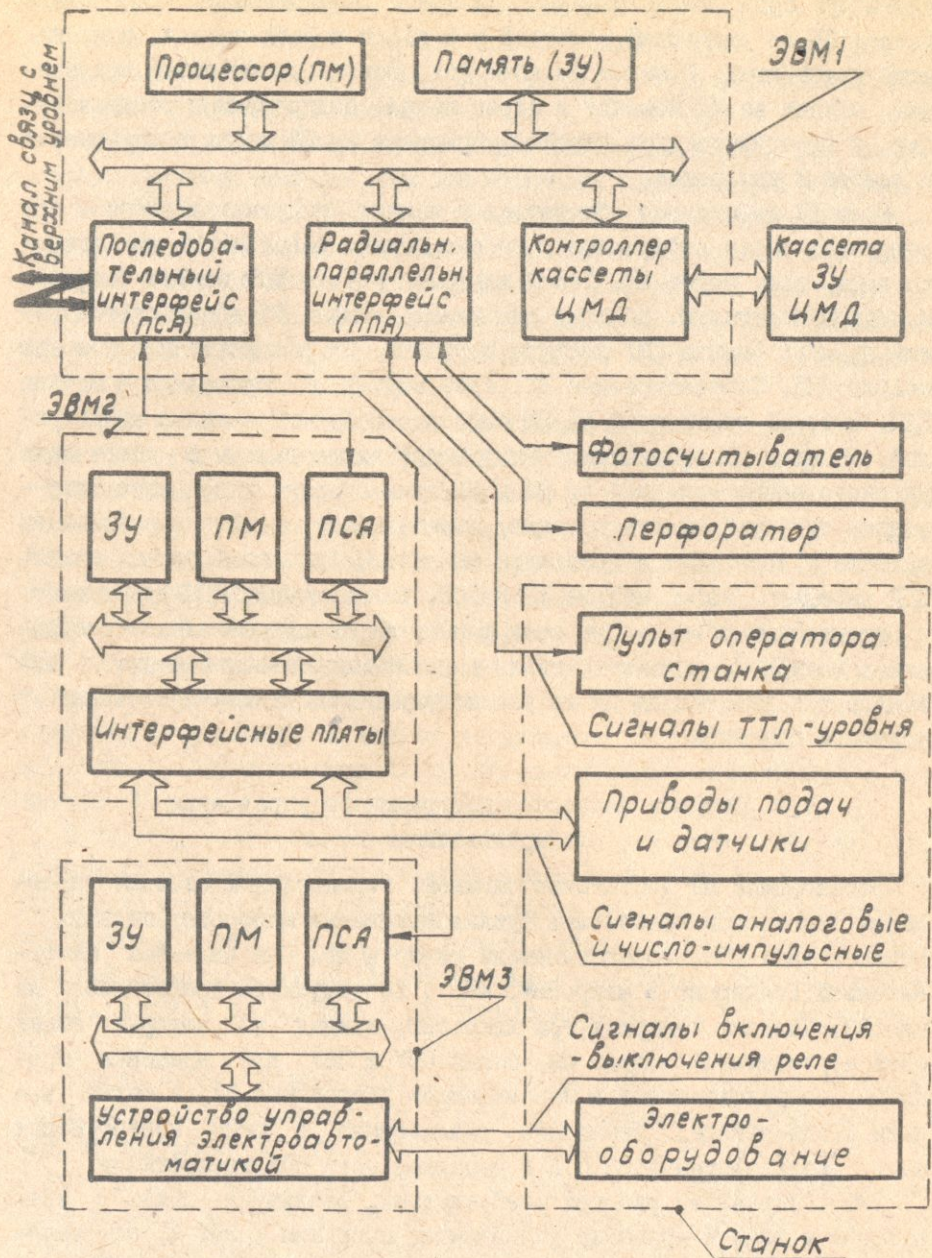


Рис.30

ЭВМ 3 управляет функционированием электрооборудования станка. Связь ЭВМ 1 с ЭВМ 2 и ЭВМ 3 осуществляется через последовательный интерфейс, а с фотосчитывателем — перфатором и пультом оператора через параллельный.

Внешнее ЗУ выполнено на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД). Оно содержит библиотеку управляющих программ. В ней закодирована последовательность действий по обработке заготовки. Упомянутые программы могут создаваться или корректироваться оператором посредством пульта либо вводятся с перфоленты через фотосчитыватель. Проверенные в процессе изготовления детали программы можно перенести (отперфорировать) с помощью перфатора на ленту либо записать в библиотеку для последующего использования.

Как и всякая магнитная память ЗУ ЦМД сохраняет информацию после отключения питания (является энергонезависимым). При этом данный тип ЗУ обладает высокой удельной емкостью памяти. Оно изготавливается по технологии близкой к полупроводниковой и оформляется в виде БИС. Последние могут устанавливаться на печатные платы, которые могут переноситься аналогично магнитным дискам. От механических повреждений платы защищены кожухом. При этом ЗУ ЦМД имеет вид кассеты со штепсельным разъемом. Преимуществом ЗУ ЦМД являются упомянутые энергонезависимость, высокая плотность записи и отсутствие механически движущихся частей. Недостаток — низкое, по сравнению с полупроводниковыми ЗУ, быстродействие.

## 8. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

### 8.1. Общая структура программного обеспечения

Как известно, МПСУ является совокупностью аппаратурных и программных средств. Причем стоимость программного обеспечения (ПО) существенно больше чем технического. ПО, используемое в МПСУ на этапах ее разработки и эксплуатации, имеет тот же состав, что и для вычислительных систем. Оно разделяется на прикладное и системное ПО.

Первое состоит из прикладных программ, создаваемых разработчиком МПСУ. Оно предназначено для решения таких основных задач, как прием информации от датчиков, расчет управляющих воздействий и передача их испытательным элементам, отображение определенной информации на дисплее, прием и обработка команд оператора,



прием и передача информации от других МПСУ ЭВМ, в т.ч. верхнего и других уровней. Завершенную прикладную программу, полностью готовую к выполнению, обычно называют задачей. Для ее реализации необходимы определенные ресурсы (время работы центрального процессора, объем ОЗУ, УВВ и ВУ).

Системное ПО содержит комплекс системных программ, которые упрощают и соответственно ускоряют разработку прикладного ПО. Системное ПО имеет три основные ветви – операционные системы (ОС), системы автоматизации программирования (САП) и программы диагностирования (тестирования) аппаратных средств. ОС в свою очередь разделяют на исполнительные и инструментальные.

Исполнительные ОС для своего функционирования обычно требуют небольших ресурсов, успешно размещаются в ОЗУ и настроены на конкретный состав аппаратных средств МПСУ. Инструментальные ОС являются инструментом, благодаря которому пользователь может вести разработку, отладку, а также выполнение прикладных и других программ. Они обладают более значительными возможностями чем исполнительные ОС. В частности, они используют не только ОЗУ, но и память на внешних ЗУ (гибкие диски, магнитные ленты и т.п.), содержащих программные модули.

САП представляют собой трансляторы с различных языков программирования. Кроме того, они содержат программы, способствующие разработке и отладке прикладных программ. Заметим, что в данном случае транслятор – это программа, преобразующая программу, записанную на одном языке (например, Паскале), в программу на другом (например, машинном) и в определенном смысле равносильную первой. САП условно разделяют на кросс-системы и резидентные системы.

Кросс-системы программирования – это комплект программ для разработки и отладки ПО МПСУ, используемый на достаточно мощной ЭВМ. Причем архитектура и другие характеристики последней существенно отличаются от систем потребителя данного ПО. Отметим, что для отладки программ в кросс-системе нужны специальные программы, имитирующие работу МПСУ.

Резидентная система программирования – это набор программ для создания и отладки ПО, который используется ЭВМ для изготовления собственного ПО (для себя).

Программа диагностирования аппаратурных средств - это комплекс автономных программ, используемых при профилактических работах либо перед началом работы МПСУ. Иногда такие программы называются ОС в процессе функционирования системы и сохраняют свою работоспособность даже при возникших в аппаратной части неполадках. Их цель отыскание и локализация возникших неисправностей.

В ЭВМ общего назначения обычно используют диалоговые ОС. В них основные управляющие функции реализуются в программе, именуемой монитором. В МПСУ (управляющих ЭВМ-УВВМ) обычно применяются ОС реального времени (ОС РВ). В них задачи управления разделены между отдельными программами. В частности, программы ОС могут быть разделены на две группы: организации вычислительного процесса и служебные.

Первая группа обычно содержит следующие основные программы: диспетчер, обработчик прерываний, драйверы внешних устройств, управления данными, задачами связи с оператором, начальный загрузчик. Диспетчер распределяет аппаратурные ресурсы МПСУ между задачами и обеспечивает синхронизацию и связь между ними. Программы обработчика прерываний организуют обслуживание ВУ по приему и передаче данных в необходимые для внешних устройств моменты времени. В ответ на запрос прерывания обработчик прекращает текущую фоновую программу. Идентифицирует ВУ, требующее обслуживания, и запускает специальную программу - драйвер ВУ. Последний организует прием или передачу данных между ВУ и определенными зонами ОЗУ. При этом программа управления данными распределяет упомянутые области ОЗУ между различными программами.

Когда МПСУ решает одновременно несколько задач (мультипрограммный режим), программа управления задачами определяет, какая из них должна загружаться в ОЗУ и выполняться. Программа связи с оператором обеспечивает взаимодействие МПСУ с пультом. Принимает команды с него, расшифровывает их и сообщает программе-диспетчеру как организовать логику и вычислительный процесс дабы успешно выполнить полученную команду. Рассмотренные программы составляют основу исполнительной ОС. В состав инструментальных ОС обычно входят программы для подготовки и отладки программ.

К служебным в первую очередь можно отнести программы: редактор текста, обслуживания файловой структуры, библиотекарь, компоновщик и загрузчик. Редактор текста обеспечивает ввод новых

программ с клавиатуры в ОЗУ, их сохранение во внешних ЗУ, а также исправление (редактирование уже загруженных программ. Программы управления файловой структурой (файл - это комплект семантически связанных между собой данных, имеющий условное имя; он размещается обычно во внешнем ЗУ и воспринимается в процессе пересылки и обработки как единое целое) позволяет манипулировать с текстами программ и данными путем их копирования, удаления, просмотра, переименования и т.д. Как правило программные модули, ориентированные на решение тех или иных задач, объединяются в библиотеку. Программа библиотекарь обеспечивает доступ к указанным модулям, а программа компоновщик формирует из них программу, готовую к выполнению. Программа загрузчик переносит готовую программу в виде прикладной задачи пользователя с внешнего ЗУ в ОЗУ и передает ее программе управления задачами.

Особо отметим значимость программ-отладчиков. Они позволяют выявлять и исправлять ошибки, организовать пошаговое выполнение программ, проверять содержимое ячеек памяти, регистров процессора и т.д.

## 8.2. Языки программирования

Программирование МПС возможно непосредственно в машинных кодах (МК). Однако они трудно запоминаемы и читаемы, а само программирование крайне утомительно и малопродуктивно. Эти коды представляют собой последовательность из единиц и нулей (в двоичной системе счисления). Отмеченное сопровождается программированием ошибками, описками. Однако программирование в МК обладает некоторыми достоинствами. В частности, оно делает доступными для программиста все регистры МП и порты устройств ввода-вывода. Это обеспечивает создание весьма компактных по исполнению программ.

С самого начала развития вычислительной техники специалисты приступили к созданию простых, удобно изучаемых и независимых от типа ЭВМ (МПСУ) языков программирования. В результате их рождено множество. Однако создать единый универсальный язык, удовлетворяющий всем требованиям, не удалось. Соответственно языки программирования условно можно разделить на языки ассемблера (АЯ) и высокого уровня (ЯВУ проблемно-ориентированные). Разработанные для каждого типа ЭВМ (МПСУ) ЯА тесно привязаны к их машинным языкам, а ЯВУ от типа ЭВМ не зависят.

При программировании на ЯА команды, представленные в виде сочетаний букв (аббревиатур названий на английском языке), более осмыслены, легче и безошибочнее запоминаются. Преимуществами ЯА являются: а) сохранение возможностей, присущих машинным командам — доступ программиста к регистрам, портам, адресному пространству и т.д.; б) повышение производительности программирования по сравнению с использованием МК; в) другие. Недостаток — необходимость транслятора с ЯА в МК. Однако данная задача решается достаточно просто. Соответственно в настоящее время значительное число программ для МПСУ создается на ЯА.

Существенное сокращение трудоемкости программирования обеспечивают ЯВУ. К ним относятся Фортран, Бейсик, Паскаль, ПЛ/М, Ада, СИ и другие. Здесь одному оператору ЯВУ соответствует 5-10 команд ЯА. Во столько же раз повышается производительность программиста. Однако имеют место и отрицательные моменты. Так например, программист теряет доступ к тем аппаратурным средствам МПС, к которым он имел, работая на ЯА.

Специальный анализ показал, что на ЯВУ экономически целесообразно программировать МПСУ, выпускаемые малыми партиями, а на ЯА — большими. Однако объемные программы на ЯА, содержащие одну тысячу и более операторов, плохо обозримы и сложны в отладке.

### 8.3. Алгоритм управления. Простейшие понятия.

#### Машинный уровень

Рассмотрим существенно упрощенную схему токарной обработки заготовки из прутка. При этом полагаем, что все управление осуществляется путем включения ступенчатого переключения на другую скорость и отключения электроприводов главного движения (ДП), поперечной (ДПХ) и продольной (ДПZ) подач (по координатным осям X и Z соответственно). Величина координатных перемещений оценивается датчиками (ДХ и ДZ) обратной связи. Они выдают двоичный код перемещения, пройденного исполнительным органом станка (ИОС), т.е. от одного нуля. Поскольку программирование в машинных кодах зависит от используемого МП, постольку предположим, что наша МПСУ имеет 8-разрядный МП и оперирует 8-разрядными словами-данными.

Схема упомянутой обработки представлена на рис.31. Здесь движениями резца I по АВВ СДА осуществляется подрезание торца, а резцом 2 по EFF'GHE — протачивание диаметра. При этом после

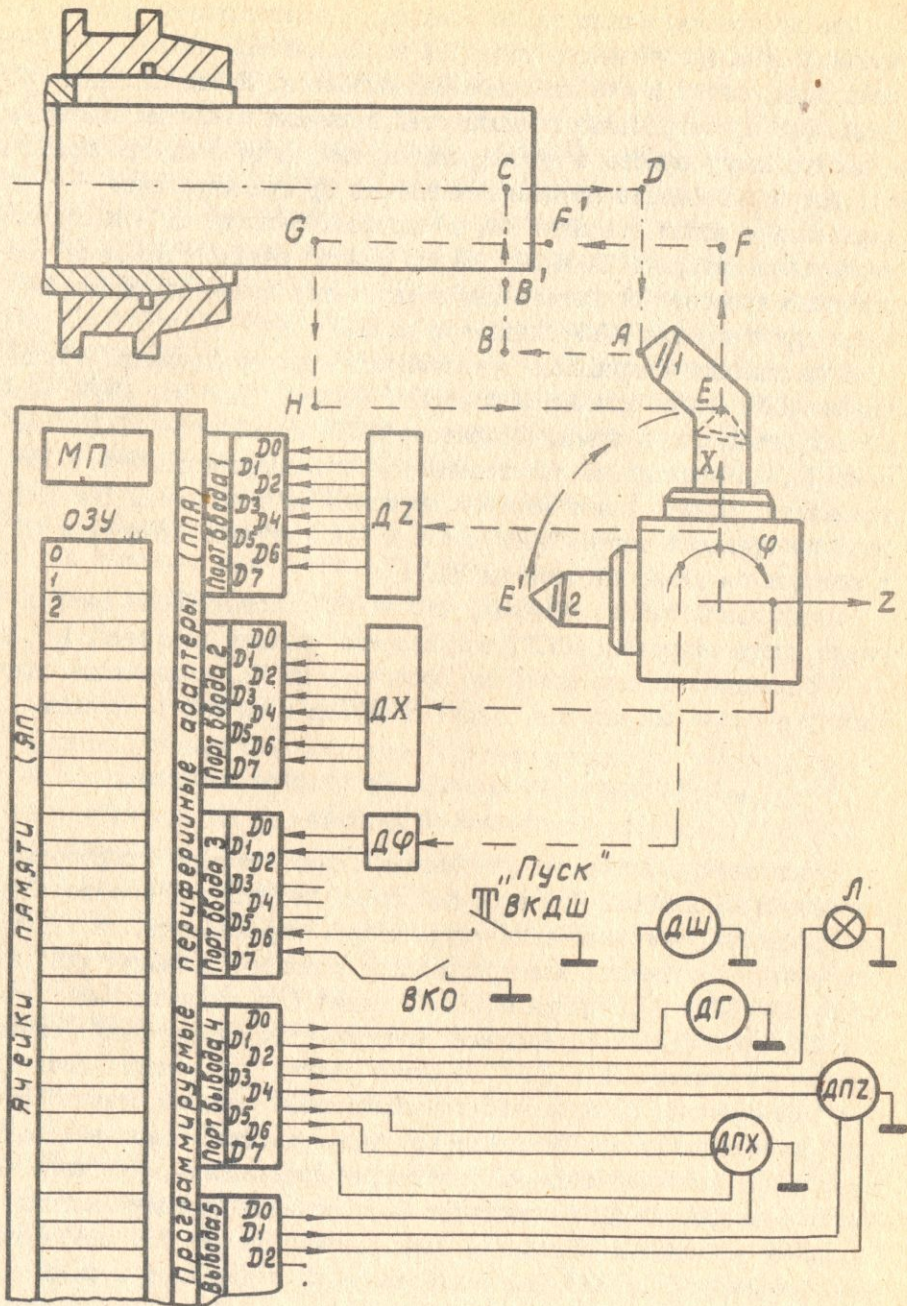


Рис.31

первой операции происходит смена инструмента путем поворота четырехпозиционной инструментальной (револьверной) головки (резцедержателя) на  $90^{\circ}$ . Соответственно вершина резца 2 переносится из точки Е в Е.

На том же рисунке представлена упрощенная схема аппаратурной части МПСУ. Она содержит датчики положения ИОС резцедержателя по координатам Z и X (ДZ и ДX) и револьверной головки (позиции инструмента) ДФ, двигатели главного движения (ДШ) поворота головки (ДГ), приводов подач ИДС по координатным осям Z (ДПZ) и X (ДПX). Причем два последних двигателя обеспечивают движения ИОС вправо Z, влево Z, вперед X и назад X. Кроме того, каждое из них может быть ускоренным либо замедленным (рабочая подача). Включение станка обеспечивается кнопкой "Пуск", которая замыкает переключатель ВКДШ. Однако запуск ДШ осуществляется только при замкнутом состоянии конечного выключателя ограждения ВКО зоны обработки.

МПСУ в данном сугубо упрощенном виде представлена микропроцессором МП, памятью в виде ОЗУ и системой ввода-вывода, представленной программируемыми периферийными адаптерами ПША. Последние имеют 8-разрядные порты, часть которых настроена на "ввод" (1, 2, 3), а другие "на вывод" (4, 5). Порты ввода 1 и 2 принимают информацию от датчиков ДZ и ДX соответственно, а вход Д0, Д1 порта 3 — от ДФ. Состояние выключателей ("0", "1") ВКДШ и ВКО отображается на входах Д6 и Д7 того же порта. Выходы Д0, Д1 порта 4 выдают сигналы ("0" или "1") запуска двигателей ДШ и ДГ, Д3, Д4 — "вправо по Z" и "влево по Z". При этом скорость движения определяется сигналами на входах порта 5: Д1 — "рабочая подача по Z" и Д2 — "ускоренно по Z". Управление ДПХ осуществляется аналогично по выходам Д5 — "вперед по X", Д6 — "назад по X" и Д7 — "рабочая подача по X". Команда "ускоренно по X" выдается выходом Д0 порта 5.

Остальные выходы порта 5 могут быть использованы для выставления сигналов ("0" или "1") на запуск (останов) других элементов объекта управления (например, патрона, несущего заготовку, автооператора, робота, переключение частоты вращения шпинделя и т.п.). Аналогично можно поступить со свободными входами, привязав их к датчикам иных элементов систем. При необходимости увеличить число портов ввода-вывода в схему вводят дополнительное количество ПША.

Опишем кратко взаимодействие всех элементов системы. Это позволит разработать комплекс алгоритмов и далее программ, обеспечивающих на машинном уровне реализацию управления описанными простейшими токарными операциями. После нажатия кнопки "Пуск" - ВКДШ проверяется состояние ВКО ( $D_6_3 = D_7_3 = I_9$ ). Если он замкнут ( $D_7_3 = I$ ), то включается двигатель главного движения ДШ привода шпинделя ( $D_0_4 = I$ ). Построчный индекс указывает номер порта. В случае  $D_7_3=0$  загорается сигнальная лампа ограждения Л и ДШ не запускается. Одновременно с запуском ДШ начинается отсчет времени задержки (например, на 1 с) (дабы обеспечить разгон двигателя). Одновременно МП читает следующий шаг программы, а описанный комплекс действий можно назвать алгоритмом запуска ДШ, а программу, составленную по нему, соответствующей подпрограммой.

Упомянутый шаг - проверка соответствия кода (положения резцедержателя), выдаваемого ДФ, запрограммированному. При этом МП заимствует из памяти соответствующий код и сравнивает с выставленным ДФ на входах  $D_0_3, D_1_3$ . Все сравнения осуществляются в специальном регистре МП - аккумуляторе. Если упомянутые коды не совпадают, то вырабатывается сигнал  $D_1_4=I$ , включающий ДГ. Последний поворачивает резцедержатель до искомого совпадения. Его достижение обуславливает появление  $D_1_4=0$ , что отключает двигатель поворота ДГ. Этот комплекс действий можно назвать алгоритмом установки инструмента.

По истечении временной задержки МП выполняет очередной шаг программы - считывает показания Д Z ( $D_7_1 \dots D_0_1$ ) и сравнивает коды фактического положения ИОС (точки А) с заданным программой (точки В). (Условно примем, что команды скорости перемещения по координате Z определяются: ускоренное движение -  $D_2_{ПЗ}=0$ , а на рабочей подаче -  $D_2_{ПЗ}=I$ . Аналогично по направлению: влево -  $D_3_{ПЗ}=0$ , а вправо  $D_3_{ПЗ}=I$ . Подстрочный индекс ПЗ указывает на то, что данный бит ( $D_2, D_3$ ) входит в соответствующий байт читаемой программы. Одновременно, анализируя биты  $D_2_{ПЗ}$  и  $D_3_{ПЗ}$ , МП определяет скорость и направление движения ИОС. В данном случае по Z влево и ускоренно, т.е. с выдачей сигналов  $D_4_4=D_2_5=I$ . Соответственно отрабатывается перемещение АВ. Когда показания Д Z ( $D_7_1 \dots D_0_1$ ) станут равными запрограммированным,  $D_4_4=D_2_5=0$ .

Описанная здесь процедура может быть определена как алгоритм отработки ИОС перемещения по  $Z$ . Однако он предполагает только однократную реализацию рассмотренных действий. Между тем достаточно часто приходится обрабатывать последовательно несколько перемещений по одной и той же координате (ускоренно, на рабочей подаче и т.д.). Очевидна нерациональность многократной записи одной и той же подпрограммы. Поэтому организуют так называемые циклы. При этом в алгоритме и соответственно в подпрограмме вначале организуют счетчик, в который заносят число циклов (последовательных перемещений по данной координате), подлежащих отработке. В конце подпрограммы — команду вычитания из него единицы и определения состояния упомянутого счетчика. Если содержимое счетчика не равно нулю, то цикл повторяется. Когда счетчик обнуляется, осуществляется переход к следующей подпрограмме. В данном случае — отработки перемещений по координате  $X$ .

Следующий программный шаг МПСУ — засылка в один из регистров общего назначения (счетчик) МП числа предстоящих циклов (в данном случае — 2). Затем, как и ранее, осуществляется проверка на соответствие кода инструмента (положения резцедержателя) и положения ИОС по координате  $X$ . Обрабатывается вышеописанный алгоритм процесса установки инструмента. Проводится считывание кода с ДХ (Д7<sub>9</sub>...Д0<sub>2</sub>) и его сопоставление с программным кодом координаты точки В. Поскольку они не совпадают, постольку МП определяет направление и скорость движения ИОС и выдает на соответствующих выходах управляющие сигналы. В данном случае Д0<sub>5</sub>=Д5<sub>4</sub>=1 (ускоренно, вперед).

Заметим, что направление и скорость движения определяются МП аналогично предыдущему. Разница лишь в том, что анализу подвергаются другие биты того же байта (Д4<sub>ПЗ</sub>=0 — ускоренно; Д4<sub>ПЗ</sub>=1 — рабочая подача; Д5<sub>ПЗ</sub>=0 — назад по  $X$ , Д5<sub>ПЗ</sub>=1 — вперед по  $X$ ). При совпадении кодов ДПХ отключается. При этом Д5<sub>4</sub>=Д6<sub>4</sub>=Д7<sub>4</sub>=Д0<sub>5</sub>=0. На следующем шаге из содержимого регистра (счетчика циклов) вычитается единица. Затем анализируется содержимое и поскольку оно не равно нулю, постольку цикл запускается снова. Обрабатывается перемещение В С. После его выполнения счетчик обнуляется. Имеет место переход к следующей подпрограмме — движения по  $Z$ . Ее алгоритм нами уже рассмотрен.



Таким образом, фрагмент алгоритма процесса данной токарной обработки может быть крупноблочно представлен в виде, показанном на рис. 32. Он дополнен блоком "Замена заготовки", который здесь не рассматривался. Он предполагает остановку-выключение ДШ, разжим цанги и подачу соответствующего сигнала в систему управления роботом. Более подробные алгоритмы запуска ДШ, временной задержки, установки инструмента и перемещения по Z и X представлены на последующих рисунках. После изложенного выше они пояснений не требуют.

#### 8.4. Программирование для станков с числовым управлением

МПСУ функционируют согласно управляющей программе (УП). Как это было показано ранее, она содержит информацию о последовательности перемещений ИОС, подготовительных, технологических и вспомогательных процедурах. УП обеспечивают обработку заготовки на станке с ЧПУ. Известны несколько языков различного уровня, используемых для написания подобных программ. Напомним, что чем выше уровень языка, тем больше действий МПСУ кодируется в одном предложении УП. Рассмотрим один из языков низкого уровня - *ISO-7bit* (международный стандарт *ISO DIN 66024* и ГОСТ 13052-74, ГОСТ 20999-75).

Здесь УП представляет собой последовательность предложений, именуемых кадрами. Причем каждый кадр содержит одну или несколько команд и может состоять из различного числа слов. Кадры отделяют друг от друга символом "*LF*". Кадр, как правило имеет следующую структуру: номер кадра, подготовительные команды, геометрические параметры, технологические параметры, вспомогательные команды - символ *LF*. Слово, входящее в кадр, содержит элементарную команду или параметр обработки. Оно состоит из адреса и десятичного числа. Адрес - имя элементарной команды или параметра, представленные прописной буквой латинского алфавита. Десятичное число записывается соответственно формату слова с десятичной точкой или без нее.

При программировании на *ISO-7bit* (частично показан на рис. 36) используют восьмидорожечную перфоленту (телеграфную). Причем

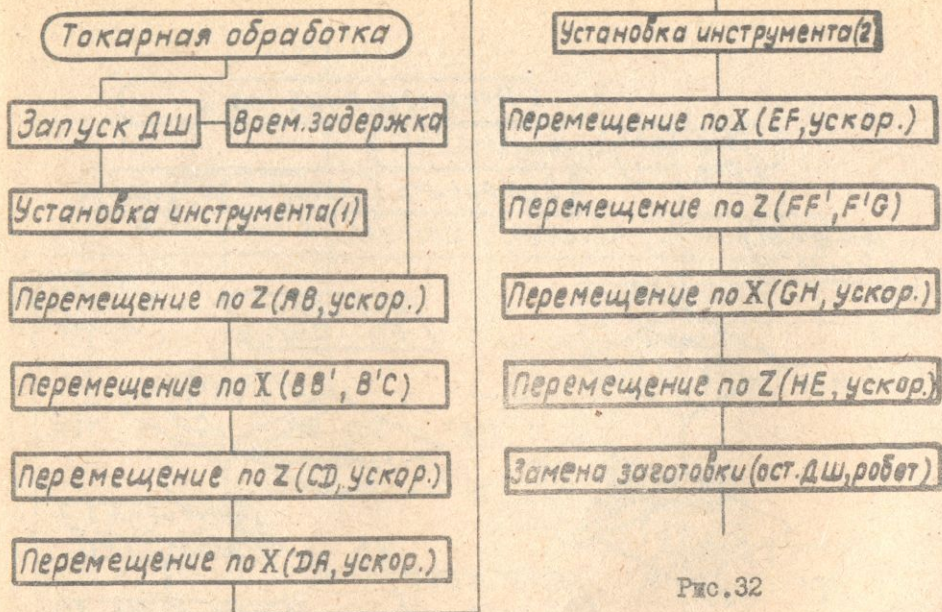


Рис.32

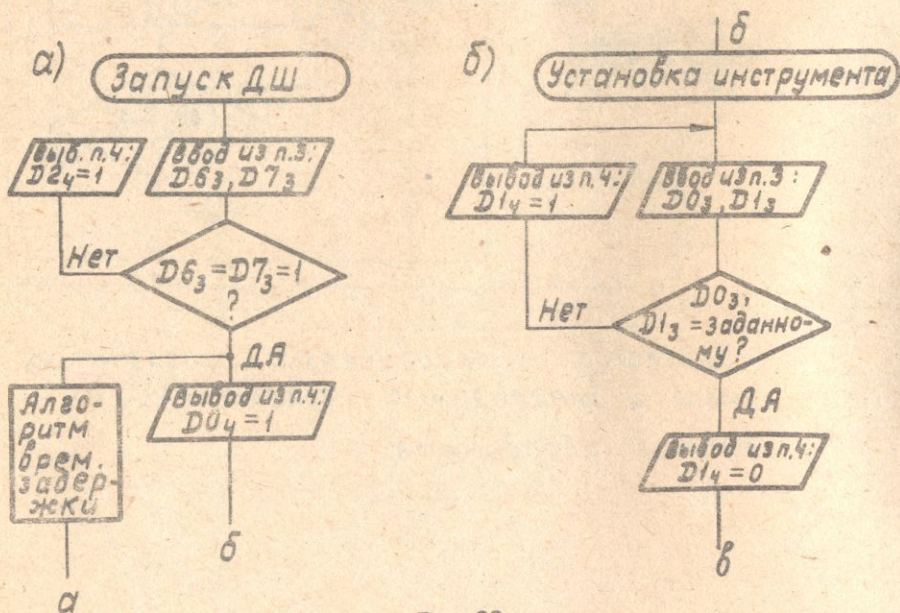
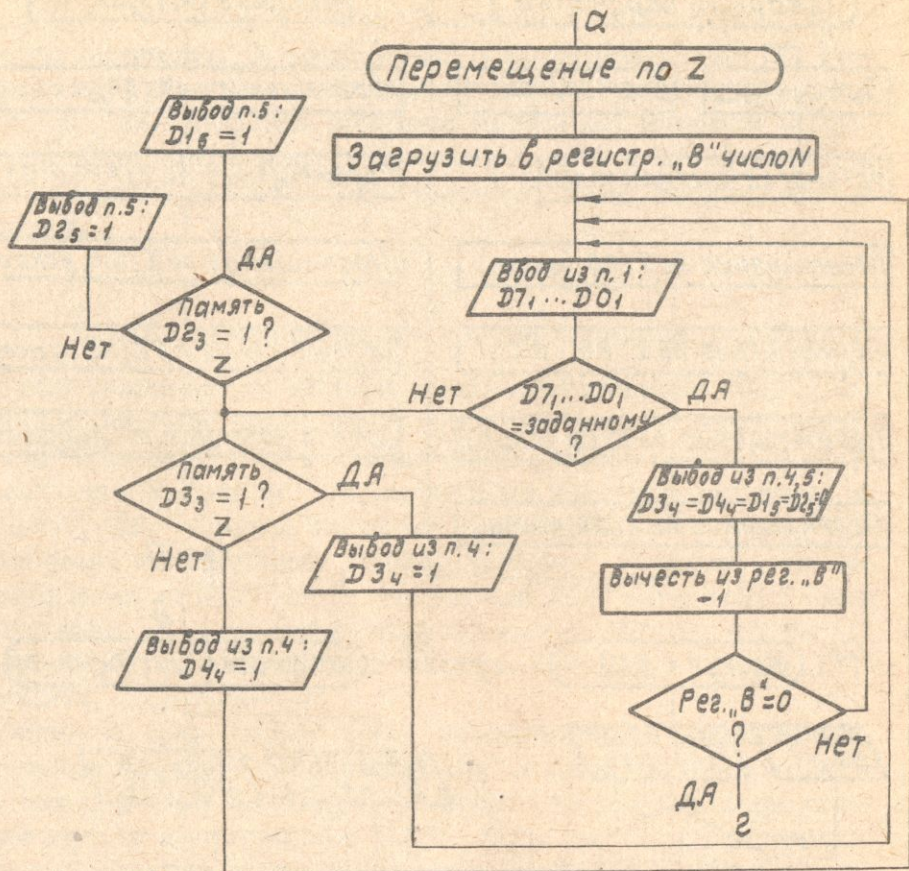


Рис.33



$N$  – количество последовательно программируемых и выполняемых перемещений по данной координате

Рис. 34

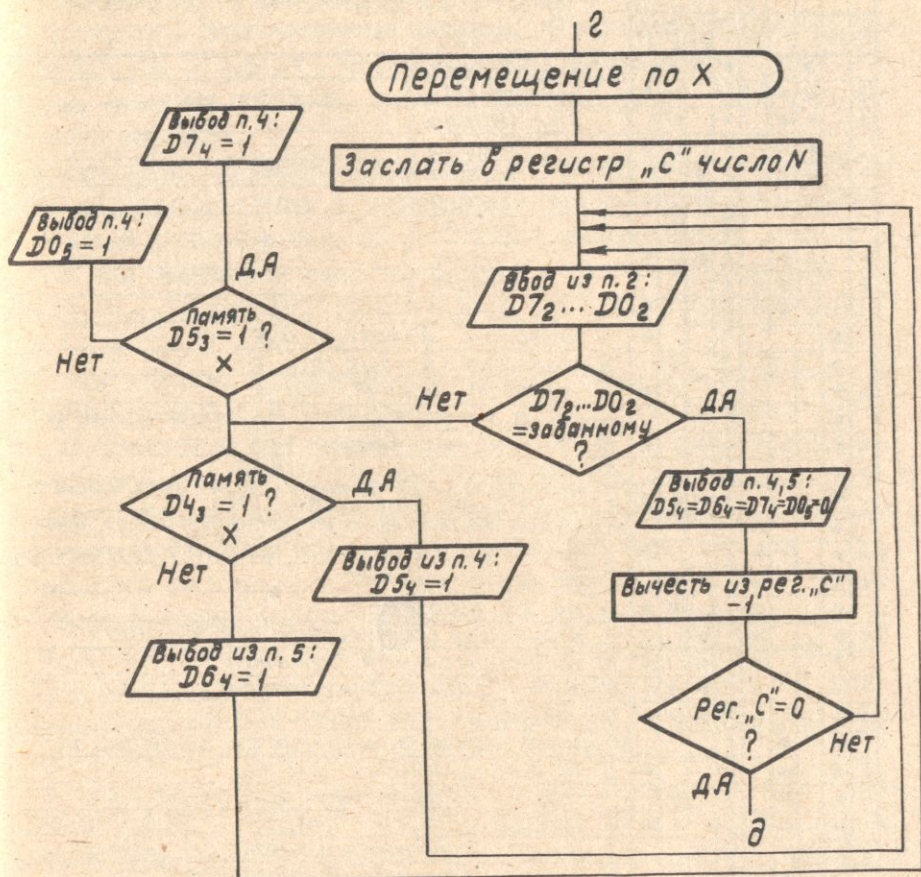


Рис. 35

Номер дорожки								
8	7	6	5	4	3	2	1	
Числа десятичной системы								
8 - 4 2 1								
Углы дорожки								
2° - 2° 2' 2"								
φ, мм								
φ, 2 мм								
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 0
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 1
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 2
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 3
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 4
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 5
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 6
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 7
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 8
•	•	•	•	•	•	•	•	Цифра 9
•	•	•	•	•	•	•	•	A поворот вокруг оси X
•	•	•	•	•	•	•	•	B поворот вокруг оси Y
•	•	•	•	•	•	•	•	C поворот вокруг оси Z
•	•	•	•	•	•	•	•	D поворот вокруг специальной оси или третья подача
•	•	•	•	•	•	•	•	E то же, или вторая подача
•	•	•	•	•	•	•	•	F подача (скорость подачи)
•	•	•	•	•	•	•	•	G подготовительная команда (задает режим работы ЧПУ, условия перемещения и т.д.)
•	•	•	•	•	•	•	•	H резервная - коррекция длины инструмента (кратность отработки)
•	•	•	•	•	•	•	•	I - координата X центра дуги при круговой интерполяции
•	•	•	•	•	•	•	•	J то же координата Y
•	•	•	•	•	•	•	•	K то же координата Z
•	•	•	•	•	•	•	•	L коррекция (адаптивная информация)
•	•	•	•	•	•	•	•	M вспомогательная команда
•	•	•	•	•	•	•	•	N номер кадра (порядковый)
•	•	•	•	•	•	•	•	O резервная (не используется)
•	•	•	•	•	•	•	•	P третичное перемещение параллельно оси X или быстрый ход
•	•	•	•	•	•	•	•	Q то же, параллельно оси Y
•	•	•	•	•	•	•	•	R то же, параллельно оси Z
•	•	•	•	•	•	•	•	S скорость главного обихения (частота вращения шпинделя)
•	•	•	•	•	•	•	•	T номер (код) инструмента и номер его коррекции
•	•	•	•	•	•	•	•	U вторичное перемещение параллельно оси X
•	•	•	•	•	•	•	•	V то же, параллельно оси Y
•	•	•	•	•	•	•	•	W то же, параллельно оси Z
•	•	•	•	•	•	•	•	X перемещение вдоль оси X
•	•	•	•	•	•	•	•	Y перемещение вдоль оси Y
•	•	•	•	•	•	•	•	Z перемещение вдоль оси Z
•	•	•	•	•	•	•	•	+ плюс (направление перемещения)
•	•	•	•	•	•	•	•	- минус (направление перемещения)
•	•	•	•	•	•	•	•	% начало программы
•	•	•	•	•	•	•	•	LF (NL) конец кадра

Рис. 36

кодирование чисел идет в двоично-десятичном коде 8421. Однако используют 7 разрядов (дорожек). Восьмая дорожка перфоленты является контрольной (на четность либо нечетность количества единиц в строке). Многочисленные команды, определяющие характер движения ИОС (по  $X, Y, Z$ , поступательное, вращательное), скорости подачи, вращения шпинделя, смена инструмента и др. — буквами латинского алфавита.

Кодирование буквенной информации на I-4 дорожках аналогично цифровой. То есть буква А записывается тем же кодом, что и цифра 1, буква В — как 2 и т.д. до I — 9. Так же буквы от P до Y. Однако они отличаются тем, что имеют дополнительные пробивки на других (5...7) дорожках (цифры — на 5 и 6 дорожках, буквы А... 0 — на 7, а P... Z — на 5 и 7).

Таким образом, упомянутый выше формат кадра записывается в виде:  $N 3; G 2; X \pm 4, 2; Y \pm 4, 2; Z \pm 4, 2; I 4, 2; J 4, 2; K 4, 2; F 2; S 2; T 2; M 2$ . Очевидно, что каждая латинская буква — символ команды, а  $N$  — номер кадра. Число, стоящее вслед за буквой, показывает, сколько цифр содержит данная команда. Так например, номер кадра трехзначный ( $N 004, N 051$ ).  $G 2$  — подготовительная команда с двузначным условным номером ( $G 00$  — позиционирование;  $G 01$  — линейная интерполяция, а  $G 02$  — круговая по часовой стрелке и  $G 03$  — то же против часовой стрелки;  $G 08$  — разгон;  $G 09$  — торможение;  $G 33$  — резьбонарезание резцом;  $G 63$  — позиционирование с остановкой шпинделя;  $G 64$  — переход с ускоренного перемещения на рабочую подачу или наоборот. Имеются и другие команды.

В одном кадре программы возможна запись нескольких подготовительных команд. Например,  $X \pm 4, 2; Y \pm 4, 2; Z \pm 4, 2$  — перемещение по соответствующим координатам в направлениях (+) или (-). Здесь 4 — число разрядов до запятой, а 2 после (перемещение +235,4 мм запишется: +023540). Так же задаются перемещения командами по другим координатам:  $I 4, 2; J 4, 2; K 4, 2$ . Команды с двузначной индикацией:  $F 2$  — подача,  $S 2$  — частота вращения шпинделя,  $T 2$  — по этой команде осуществляется поворот магазина, захват инструмента автооператором и перенос его в позицию ожидания УАСИ,  $M 2$  — вспомогательная команда (например,  $M 00$  — запрограммированный стоп;  $M 02$  — конец программы;  $M 03$  — вращение шпинделя по часовой стрелке, а  $M 04$  — против;  $M 05$  — останов шпинделя;  $M 06$  — код смены инструмента — автооператор осуществляет замену инструмента, уста-

навливая его в шпиндель по команде T2.

В зависимости от характера и объема информации длина кадра может быть различной. Программа начинается символом %, а кадры, как упоминалось, разделяются символом LF.

Процедуру подготовки УП, выполняемую вручную, можно представить следующими этапами: 1. Выбор системы координат (определяется технологом, все размеры указываются относительно нее). 2. Расчет координат точек режимов обработки и т.д., обеспечивающий возможность задания команд. 3. Запись кадров УП по отдельным операциям обработки в соответствии с данными чертежа и расчетно-технологических карт.

Многообразие и сложность задач, возникающих при создании УП, обусловили разработку систем автоматизированного программирования (САП) процессов обработки на технологическом оборудовании с ЧПУ. Указанные системы основаны на использовании совокупности программно-математического обеспечения и проблемно-ориентированного языка для записи и ввода в ЭВМ исходной информации. Сравнительно простым, доступным овладению и легко адаптируемым к изменяющимся возможностям технологии является система ТЕХТРАН. Ее используют для подготовки УП различных станков с ЧПУ при реализации САП на ЕС и СМ ЭВМ.

Входной язык этой системы позволяет: описывать геометрические объекты (точки, прямые, окружности, плоскости и вектора) и любые плоские контуры, состоящие из отрезков прямых и дуг окружностей; задавать: поточечное движение и вертикальные перемещения для управления глубиной обработки, преобразования геометрических объектов и траектории инструмента. Кроме того, в данном языке есть операторы управления так называемыми постпроцессорами (программами, реализующими некоторую дополнительную обработку результатов действий процессора). Они задают необходимые технологические команды.

Работая в системе ТЕХТРАН, ведут подготовку УП в следующем порядке: а) начало программы (записывается имя детали); б) геометрия. При этом на входном языке описываются элементы контура чертежа (точки, прямые, окружности и т.п.); в) задание станка (какой конкретный постпроцессор, соответствующий СЧПУ данного станка, необходимо вызвать); г) задание инструмента; д) исходное по-

ложение инструмента (координаты); е) назначение подачи; ж) точность обработки (например, при контурной обработке — точность аппроксимации); з) коррекция инструмента; и) начало непрерывного движения; к) непрерывное движение (направление по элементам контура); л) движение "точка-точка"; м) технологический останов и пауза (вызывает остановку движения ИОС — инструмента на заданное время); н) конец программы. Приведенные этапы реализуются с помощью соответствующих операторов входного языка.

Текст программы на языке ТЕХТРАН вводится в ЭВМ, которая выдает перфорированную в код ISO-7bit перфоленгу для оборудования с ЧПУ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Институт, инженер и как следует учиться. Методические рекомендации/ Автор-составитель Ж.С.Равва. — Тольятти: ТолПИ, 1987.
2. Коля И.А., Кувшинский В.В. Многооперационные станки. — М.: Машиностроение, 1983.
3. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, РТК: Практич.пособие. В 14 кн.: Кн.1...14/ Под ред. Б.И.Черпакова. — М.: Высш.шк., 1989.
4. Микропроцессоры. Учебное пособие. В 5 кн.: Кн.1...5/ Под ред. В.А.Шахнова. — М.: Высш.шк., 1988.
5. Линдеман Х. Путь к восстановлению здоровья. — М.: Физкультура и спорт, 1985.
6. Программное обеспечение микроЭВМ: Практич.пособие. В II кн./ Под ред. В.Ф.Шаньгина. Кн.9. МикроЭВМ в системах управления оборудованием/ П.А.Тимофеев, В.С.Дубровин, В.С.Петровский. — М.: Высш.шк., 1988.
7. Вавилов С.И. Несколько замечаний о книгах. — Сов.книга, 1947, № 1.
8. ГОСТ 7.1-84. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления. — М.: Изд-во стандартов, 1984.



# СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
1. ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
1.1. Три кита вашей специальности . . . . .	3
1.2. Четыре года 10 месяцев - три диплома . . . . .	5
1.3. Немного о производственной практике . . . . .	6
1.4. Кое-что о научно-исследовательской работе студен- тов . . . . .	6
1.5. Некоторые итоги . . . . .	7
2. НЕМНОГО ОБ ИНСТИТУТЕ И ИНЖЕНЕРЕ . . . . .	7
2.1. Структура института . . . . .	7
2.2. Роль профилирующей кафедры . . . . .	9
2.3. Советский инженер . . . . .	9
2.4. Инженер - профессия творческая . . . . .	11
3. КАК ЖЕ СЛЕДУЕТ УЧИТЬСЯ? . . . . .	12
3.1. Немного общих принципов . . . . .	12
3.2. Подводные рифы первых курсов . . . . .	13
3.3. Виды занятий . . . . .	13
3.4. Книга - основной источник знаний . . . . .	14
3.5. Зачем нужны лекции и как их конспектировать? . . . . .	15
3.6. Практические занятия. Цель и методика . . . . .	16
3.7. Типовой расчет требует серьезного отношения . . . . .	17
3.8. Лабораторные работы - первые шаги будущего инже- нера-экспериментатора . . . . .	18
3.9. Графические и расчетно-графические работы - школа пространственного мышления . . . . .	19
3.10. Курсовое и дипломное проектирование - сфера про- явления оригинальности инженерного мышления . . . . .	20
3.11. Производственная практика - фундамент быстрой адаптации молодого инженера на производстве . . . . .	21
3.12. Экзамен, защита - это трудный и ответственный этап . . . . .	23
3.13. Если вас постигла неудача... . . . .	24
4. В ОБШИРНОМ МИРЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ . . . . .	25
4.1. В библиотечных поисках нужной публикации вам по- могут каталоги и картотеки . . . . .	25

4.2.	Классификация литературы создает информационный порядок . . . . .	26
4.3.	Как не утонуть в информационном потоке. . . . .	27
4.4.	Библиографическое описание — паспорт всякой публикации . . . . .	30
4.5.	Библиографический список — неотъемлемый элемент всякой научно-технической работы. . . . .	32
5.	АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ИСТОРИЯ, ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ, ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ . . . . .	33
5.1.	История автоматизации . . . . .	33
5.2.	Современные тенденции в развитии машиностроения . . . . .	35
5.3.	Уровни автоматизации станочного оборудования. . . . .	36
5.4.	Этапы развития систем числового программного управления. . . . .	39
5.5.	Что такое гибкие автоматизированные производственные системы. . . . .	41
5.6.	Упрощенная структура гибкой производственной системы. . . . .	43
5.7.	Каждому свое, или области рационального применения различных типов оборудования. . . . .	47
5.8.	Системы управления и диагностирования. Общие понятия и определения . . . . .	48
6.	ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ . . . . .	50
6.1.	Процесс резания как метод обработки . . . . .	50
6.2.	Процесс резания и упругая система станка как объекты управления и диагностирования. . . . .	51
6.3.	Исполнительный орган станка и его электропривод как объекты управления. . . . .	54
6.4.	Основные виды металлорежущего оборудования, его комплексы и системы . . . . .	57
6.5.	Принцип функционирования объектов управления класса "токарный станок" . . . . .	58
6.6.	Принцип функционирования объектов управления класса "сверлильный станок" . . . . .	59
6.7.	Принцип функционирования объектов управления класса "фрезерный станок" . . . . .	62

6.8.	Общие представления об объектах управления — станках с ЧПУ, многооперационных и ГПМ . . . . .	64
6.9.	Принцип функционирования объектов управления класса "Устройства автоматической смены инструмента".	67
6.10.	Принцип функционирования объектов управления класса "Транспортно-загрузочные устройства" . . . . .	72
6.11.	Сущность технологического процесса как объекта управления . . . . .	83
6.12.	Некоторые особенности технологии гибкого автоматизированного производства . . . . .	85
7.	МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ . . . . .	87
7.1.	Системы управления и диагностирования. Некоторые виды, особенности . . . . .	87
7.2.	Нижний уровень управления и диагностики . . . . .	90
7.3.	ЭВМ — микропроцессорный мозг системы управления и диагностики . . . . .	91
7.3.1.	Процессорный модуль — ядро системы управления . . . . .	93
7.3.2.	Модуль памяти . . . . .	93
7.3.3.	Модуль дешифрации адреса . . . . .	94
7.3.4.	Модуль ввода-вывода . . . . .	95
7.3.5.	Модуль прерываний в системе ввода-вывода . . . . .	96
7.3.6.	Модуль прямого доступа к памяти в системе ввода-вывода . . . . .	98
7.3.7.	Модуль функций времени . . . . .	99
7.4.	Обмен данными в управляющей микроЭВМ . . . . .	99
7.5.	Система числового программного управления оборудованием . . . . .	101
8.	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ . . . . .	103
8.1.	Общая структура программного обеспечения . . . . .	103
8.2.	Языки программирования . . . . .	106
8.3.	Алгоритм управления. Простейшие понятия. Машинный уровень . . . . .	107
8.4.	Программирование для станков с числовым управлением . . . . .	112
	ЛИТЕРАТУРА . . . . .	119

План 1990 г., поз. П101

Жорес Самуилович Равва

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
(Введение в специальность 21.03)

Редактор Н.Г.Батырева  
Корректор Л.Г.Садовская

Подписано в печать 25.12.90.  
Формат 60x84/16. Бумага обертка белая.  
Печать оперативная. Усл.печ.л. 8.  
Уч.-изд.л. 7,4. Тираж 1500 экз.  
Заказ № 50. Цена 25 к.

Политехнический институт, Тольятти, Белорусская, 14.  
НПО "Союзнеруд", Тольятти, Ярославская, 8.

