

Д. М. Беркович



ПРИНЦИП АГРЕГАТИРОВАНИЯ В ТЕХНИКЕ

Издательство «ЗНАНИЕ» Москва 1969

Д. М. БЕРКОВИЧ,
кандидат технических наук

ПРИНЦИП АГРЕГАТИРОВАНИЯ В ТЕХНИКЕ

Издательство
«ЗНАНИЕ»
Москва 1969

6Φ6.5
Б48

К читателю

Одной из закономерностей развития социалистического общества является неуклонный технический прогресс как обязательное условие создания материально-технической базы коммунизма.

Какие же основные тенденции характеризуют генеральные направления технического прогресса? Это — автоматизация, электрификация, химизация, охватывающие технику в целом и определяющие развитие всего народного хозяйства. И, наконец, тенденции, присущие развитию лишь отдельных отраслей техники. Применительно к машиностроению, например, можно говорить о повышении мощностей (агрегатных и удельных).

Важнейшей «отраслевой» тенденцией является и агрегатирование, или агрегатный принцип построения технических средств, который сейчас получает все более и более широкое применение, проникая в различные отрасли промышленности. Эффективность этого принципа столь велика, что темпы его распространения должны быть всемерно форсированы. Объектами реализации могут и должны стать большинство отраслей машиностроения, приборостроения, вычислительной техники и др. В данной брошюре освещается опыт применения принципа агрегатирования, постепенно приобретающего межотраслевой характер.

Агрегатирование в машиностроении

Колыбелью агрегатирования принято считать станкостроение. Элементы агрегатного принципа можно найти и в конструкциях других машин, даже на ранних стадиях их развития. Но наиболее широкое применение этот принцип первоначально получил в станкостроении.

Классическим примером универсального металлорежущего станка на протяжении многих десятилетий был станок, обрабатывающий одно изделие одним режущим инструментом. Производительность такого станка ничтожна. В индивидуальном производстве с этим мирились. Но уже мелкосерийное производство заставило искать пути повышения производительности процесса. Появились многопозиционные станки, предназначенные для последовательной обработки нескольких заготовок, и многоинструментные станки, позволившие одновременно работать несколькими инструментами. Использование таких станков существенно снизило потери времени на холостые ходы и повысило производительность обработки. При этом, однако, сохранилась универсальность станков — широкий диапазон располагаемых скоростей и подач позволял вести обработку самых различных заготовок из самых различных материалов.

Развитие крупносерийного и массового производства в машиностроении, особенно в связи с ростом таких его отраслей, как авто- и тракторостроение, привело к созданию специальных станков, предназначенных для выполнения лишь одной какой-либо технологической операции при обработке одной определенной детали. Конструктивная схема их была упрощена. Оказались ненужными дорогостоящие коробки скоростей и подач — специальные станки стали строить односкоростными. В мелкосерийном или тем более индивидуальном производстве подобные станки, естественно, не могли быть эффективны. Преимущества же их в массовом или крупносерийном производстве велики. Они отличаются более высокой (в десятки раз!) производительностью, не требуют высокой квалификации рабочих-операторов, продукция их стандартна.

Но специализированный станок по природе своей консервативен. Он «противится» техническому прогрессу, «противится» изменениям в технологическом процессе. Возможность переналадки станка на другую операцию пропорциональна степени его универсальности: чем глубже специализация станка, тем более ограничена возможность его переналадки. Если универсальный станок можно легко приспособить к новой операции путем оснастки его новым инструментом и приспособлениями, то специальный станок не может быть приспособлен к новой операции — он подлежит замене. А это требует времени (иногда очень значительного) на проектирование и изготовление станка. Кроме того, специальный станок, будучи изделием индивидуального производства, стоит дорого. Все это, естественно, тормозило прогресс в технологии машиностроения. Надо было найти пути преодоления консервативности специальных металлорежущих станков, приспособить их к требованиям технического прогресса.

Появились агрегатные станки. Само собой разумеется, что и они имели предысторию. В 60-х годах прошлого века великий русский математик и механик П. Л. Чебышев в работах по теории механизмов высказал идею усложнения механизмов путем последовательного наращивания ряда кинематических цепей. Это было одно из первых широких теоретических обобщений в области создания машин, направленных на экономичное конструирование — на создание не нового в каждом отдельном случае механизма, а использование его предыдущей модели с добавлением новых необходимых звеньев.

Такие прогрессивные идеи в области конструирования долгое время развивались без учета требований производства. Так продолжалось до тех пор, пока производство носило индивидуальный или мелкосерийный характер. По мере развития серийного производства перед конструкторами все более настойчиво возникала необходимость пересмотра самих основ конструирования. Появились идеи унификации машин, а затем и основанный на них принцип агрегатирования.

Принцип агрегатирования состоит в создании систем машин на базе унификации узлов, изготавливаемых серийно, по возможности крупными сериями. Он в корне изменяет подход к созданию машины с точки зрения и конструирования, и производства, и эксплуатации.

В общем случае сущность принципа агрегатирования состоит в следующем:

устройство обычно представляет собой агрегат, состоящий из нескольких независимых блоков;

расчленение на блоки производится так, чтобы каждый блок выполнял определенную функцию, присущую ряду устройств;

виды сопряжений блоков выбираются так, чтобы можно было собирать в агрегат разнотипные блоки;

функциональное разнообразие устройств достигается различным сочетанием блоков;

отдельные блоки модифицируются по методу базовой конструкции.

Первенцы советского поточно-массового производства Волгоградский и Харьковский тракторные заводы были оснащены импортным оборудованием. В 1936 г. в связи с переводом этих заводов на изготовление нового трактора — гусеничного была поставлена задача существенного переоснащения их советскими станками. С этой задачей отечественное станкостроение успешно справилось лишь благодаря тому, что была и теоретически и практически решена проблема агрегатного станка.

Создание агрегатных станков в СССР было начато в 1933 г. в Экспериментальном научном институте металлорежущих станков (ЭНИМС) и на его опытной базе-заводе «Станкоконструкция». В дальнейшем производство этих станков было организовано на ряде станкостроительных заводов, в том числе на таких первоклассных гигантах, как завод им. Орджоникидзе, «Красный пролетарий» и др. Примерно в то же время начали заниматься агрегатными станками в США, с 1934 г. — в Англии, несколькими годами позже — в Германии. Вначале изготавливались довольно простые агрегатные сверлильные станки, потом появились расточные, резьбонарезные, фрезерные и другие агрегатные станки. Постепенно конструкция их усложнилась — появились станки, одновременно работающие несколькими сотнями инструментов. Агрегатный станок стал основой автоматических станочных линий.

Проектирование и первые попытки создания автоматических линий из агрегатных станков предпринимались начиная с 1938 г. Война помешала завершению работ. В послевоенные годы это направление в станкостроении получило быстрое развитие на ряде заводов.

Хорошим примером современного состояния производства агрегатных станков являются работа Минского завода автоматических линий и выпускаемая им продукция. Основную часть продукции этого завода (70%) занимают агрегатные и другие специальные станки, предназначенные для массового и крупносерийного производства различных деталей в автомобильной и тракторной промышленности. Автоматические линии, выпускаемые заводом, состоят в основном из агрегатных станков. Они, равно как и агрегатные станки этого завода, komponуются из узлов, построенных на электромеханическом принципе (автоматические линии других заводов используют гидравлический принцип). К таким узлам относятся

силовые столы, поворотные-делительные столы и др. Силовые столы выпускают взамен ранее изготавливаемых силовых головок. Такая замена расширила возможности при компоновке станков использовать номенклатуру унифицированных узлов. Удельный вес унифицированных узлов по компонентам агрегатных станков достигает 86%. Понятно, насколько это снижает трудоемкость изготовления оборудования, снижает его себестоимость и ускоряет сроки изготовления.

Агрегатные станки Минского завода предназначены в основном для операций сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы, расточки отверстий, а также и для обработки плоскостей (фрезерования). Номенклатура обрабатываемых на этих станках деталей достаточно широка: начиная с таких деталей, как коромысло клапанного двигателя, и кончая мостами автомобилей с габаритными размерами свыше 2 м; на таких станках можно обрабатывать также тяжелые детали весом до 3 т. Эти станки позволяют выполнять не только металлорежущие операции, но и сборочные, например, запрессовку втулок.

Наиболее характерны следующие компоновки агрегатных станков производства этого завода: вертикальные с многопозиционным поворотным столом; вертикальные с поворотным столом и боковыми приставками; горизонтальные со стационарным приспособлением; горизонтальные барабанные — с поворотным-двигательным барабаном; агрегатные вертикальные токарные многолезцовые полуавтоматы. Последние применяются самостоятельно, а также встраиваются в автоматические линии.

Из автоматических линий можно отметить линию, предназначенную для протягивания плоскостей блоков автомобильного двигателя (с созданием этой линии был принципиально решен вопрос чистовой обработки деталей на автоматических линиях). Она состоит из двух горизонтально-протяжных станков, объединенных транспортным устройством. В линию встроено контрольное устройство, предотвращающее появление брака, применено оригинальное отсасывающее устройство для уборки металлической стружки. Такая линия явилась базой для создания серии подобных линий.

Завод изготавливает также автоматические линии для обработки тел вращения, например, валов электродвигателей, для обработки плоскостей, для обработки отверстий, для разнообразных операций с самыми различными деталями многих отраслей машиностроения, и не только для обработки резанием, но и балансировочных, испытательных, сборочных и других работ.

Создаваемые рядом заводов автоматические линии из агрегатных станков, выпуск которых на советских заводах

поставлен очень широко, подтверждают прогрессивность принципа агрегатирования в машиностроении, дают народному хозяйству весьма ощутимый технико-экономический эффект. Еще предстоит широкое проникновение агрегатных станков в сферу серийного производства. Для этого необходимо наличие парка специализированных переналаживаемых агрегатных станков.

Опыт станкостроителей в области разработки и внедрения принципа агрегатирования позволил говорить о существовании метода конструирования машин, основанного на геометрической и функциональной взаимозаменяемости узлов, дающего возможность в десятки или даже в сотни раз сузить номенклатуру выпуска узлов и деталей и позволяющего в то же время изготовлять сколько угодно моделей из этих взаимозаменяемых узлов и деталей.

Слишком заманчивы были преимущества этого метода, чтобы его не попытались заимствовать другие отрасли машиностроения. Любопытно, что хотя в станкостроении этот опыт измеряется уже десятилетиями, в другие даже такие близлежащие отрасли, как прессостроение, он перешел далеко не сразу. Лишь после того как принцип агрегатирования из станкостроения был перенесен в приборостроение (об этом говорится в следующей главе), где получил необычайно широкое применение, после того как агрегатированные средства автоматизации стали поступать в больших количествах в различные отрасли машиностроения, лишь тогда здесь приступили к разработке агрегатных конструкций.

Одним из примеров работы в этом направлении может служить производство кузнечно-прессового оборудования. Здесь аналогично станкостроению разработаны стандартные силовые головки, допускающие использование их в компоновке прессов различного функционального назначения.

Применение силовых головок важное, но не единственное направление в агрегатировании кузнечно-прессового оборудования. Наряду с возможностью компоновки машины из стандартных узлов здесь речь идет также о создании нового агрегата, состоящего из группы машин. Интересный пример этого направления приведен на рис. 1. Вверху показана стандартная стойка А, ниже и слева — группа 1, 2 и 3 узлов разматывающего устройства для ленточного и проволоочного материала кузнечно-прессовых автоматов. В остальной части рисунка — различные компоновки устройства. Мы видим, что различные сочетания стандартной стойки с одинадцатью узлами позволяют получить 28 компоновок разматывающего устройства.

В настоящее время работы по агрегатированию ведутся во многих отраслях машиностроения, но не в тех масштабах, каких заслуживает этот принцип, хотя всюду получают поло-

жиТЕЛЬНЫЕ результаты. Так, в научно-исследовательском институте строительно-дорожных машин разработали унифицированный ряд башенных подъемных кранов, основанный на восьми унифицированных узлах. Различные компоновки на базе этих восьми узлов позволяют создавать до 250 моделей кранов грузоподъемностью от 0,5 до 25 т, которые могут полностью удовлетворить потребность в них строительства.

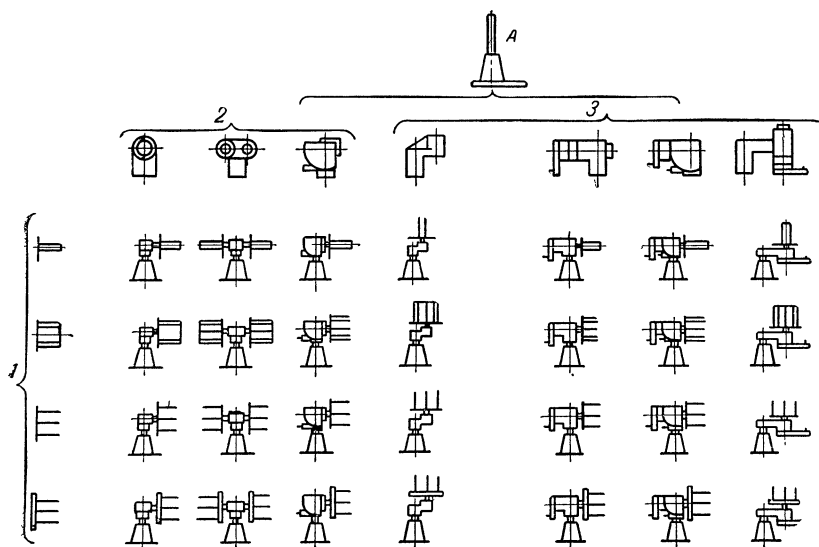


Рис. 1. Варианты компоновки агрегатного разматывающего устройства.

Универсальные агрегатированные системы автоматического управления

Послевоенный период развития народного хозяйства СССР характеризовался, как известно, быстрым восстановлением промышленности при одновременном огромном ее росте. Отсюда вытекала задача технического перевооружения промышленности. Требовалось не просто увеличение основных фондов, но и гораздо более эффективное их использование. Такая задача могла быть решена только путем существенного повышения производительности труда—главным образом улучшения его организации и внедрением новой, более совершенной техники.

Само собой разумеется, что одним из важнейших элемен-

тов этого процесса должна была явиться автоматизация. Здесь мы не будем давать определение сущности автоматизации и толкование этого термина — слишком далеко пришлось бы отойти от основной темы брошюры. Но любое из существующих определений приводит к необходимости (или исходит из нее) весьма существенного увеличения объема производства технических средств автоматизации. Планами развития народного хозяйства СССР диктовалась необходимость резкого увеличения в течение ближайших лет объема производства средств автоматизации. При этом ставилась задача одновременного расширения номенклатуры выпуска, повышения параметров выпускаемой аппаратуры и улучшения ее качества.

Отечественная промышленность, занятая производством технических средств автоматизации, в первые послевоенные годы имела уже серьезные достижения. Советское приборостроение к началу 50-х годов представляло собой мощную отрасль промышленности, отличающуюся высокой производственно-технической культурой. Успешно работали отраслевые приборостроительные организации, которые создавали образцы высокоэффективных средств автоматического контроля и регулирования и организовывали их крупносерийное и массовое производство.

Однако множественность отраслевых приборостроительных организаций, которые не были объединены ни организационно, ни единой технической политикой, одновременно ограничивала возможность дальнейшего быстрого роста приборостроения. Аппаратура, выпускаемая различными предприятиями, строилась на различных принципах зачастую даже тогда, когда создавались приборы одного и того же целевого назначения. Узлы прибора, выпускаемого предприятием одной отрасли промышленности, не могли быть использованы в аналогичном приборе, выпускаемом предприятием другой отрасли промышленности. Кроме того, при этом возникало противоречие, хорошо знакомое советским машиностроителям по опыту организации в 30-х годах крупносерийного и массового производства.

Быстрый количественный рост производства требовал предельного сокращения номенклатуры выпуска приборов. Решение же все усложняющихся задач автоматизации производства требовало существенного расширения номенклатуры выпуска приборов и аппаратов для различных технических средств автоматизации. Простое расширение производства средств автоматизации до уровня, обеспечивающего выполнение задач комплексной автоматизации производства, было в создавшихся условиях бесперспективным. Требовалось нахождение других путей развития. Каких? Надо было ввести в приборостроение принцип, позволяющий построить систему

средств автоматизации как единое целое, основанное на общих методических положениях, допускающих удовлетворение потребностей самых различных отраслей техники. Важно подчеркнуть при этом, что плановое социалистическое хозяйство как нельзя более способствует решению такой задачи. Нужна была лишь подходящая техническая идея.

Здесь специалисты в области создания средств автоматизации вспомнили об опыте машиностроителей. В Институте автоматики и телемеханики Академии наук СССР был разработан агрегатный принцип построения средств автоматизации (АППСА). Впрочем, с отмеченным выше противоречием и с поиском путей его преодоления приборостроители столкнулись несколько раньше. Еще в первой половине нашего века приборостроители искали выход из этого противоречия в методе «базовой конструкции», при котором различные модификации прибора получают путем замены отдельных узлов основной конструкции. Это были универсальные приборы больших габаритов, которые сочетали в себе функции регистрации и регулирования. В то время это давало некоторые преимущества, хотя в условиях капиталистического общества с его патентными ограничениями и фирменными секретами широкого распространения этот метод получить не мог. Но и помимо отмеченных ограничений, метод «базовой конструкции» в целом не позволял решить поставленную задачу при быстро развивающейся комплексной автоматизации, хотя эта идея была на каком-то этапе прогрессивной. Она была использована в качестве одного из элементов АППСА.

В чем же состоит агрегатный принцип в приборостроении? Общие методические основы его те же, что и в машиностроении. Но при этом принималась во внимание, естественно, специфика приборостроения. Учитывалось, что несмотря на внешнее разнообразие и конструктивные различия, многие элементы приборов выполняют в различных автоматических устройствах одинаковые функции. Элементы могут иметь некоторые разновидности, в зависимости от которых автоматические устройства приобретают свои специфические свойства. Сравнительно небольшое количество элементов позволяет получать множество различных автоматических устройств. Исходя из этих общих положений необходимо было далее, при разработке АППСА, сформулировать требования к автоматическим устройствам, вытекающие из их функционального назначения и эксплуатационных условий.

Первое требование состояло в том, что система приборов, основанная на АППСА, должна быть предельно универсальной в смысле возможности контроля и регулирования максимального количества параметров, с которыми приходится иметь дело при автоматизации производственных процессов.

Сюда относятся механические, электрические, химические, радиотехнические и другие параметры, величины которых изменяются в весьма широком диапазоне значений. Как известно, повышение параметров является одной из важных закономерностей развития техники. (Например, необходимо было осуществлять автоматический контроль и регулирование температур от тысяч и десятков тысяч градусов до значений, близких к абсолютному нулю, и т. д.)

Второе требование — точность приборов — определялось разработкой систем оптимального управления, что предполагало точное соблюдение заданных значений параметров технологических процессов, а также повышением требований к качеству технологических процессов (например, в металлургии необходимость получения «чистых сплавов»). Необходимо было обеспечить точность приборов, при которой погрешность определялась бы десятками и сотыми долями процента.

Тенденция технического прогресса, определяемая повышением параметров, выражается, в частности, в повышении скоростей протекания технических процессов (процессы горения, химические реакции, механические процессы и т. д.). Контроль и регулирование подобных процессов выдвигали третье требование — быстроедействие средств автоматизации: прибор должен был обеспечить прохождение шкалы стрелкой за доли секунды.

Четвертое требование — повышение надежности автоматических устройств. При переходе к созданию автоматических систем, автоматических комплексов, выход из строя системы управления может принести существенный экономический урон, а в отдельных случаях привести к тяжелой аварии ответственного агрегата.

Еще одно требование к средствам автоматизации вытекало из усложнения объектов автоматизации — многосвязность регулирования. Необходимо было обеспечить возможность соединения регуляторов в единую систему при различных преобразованиях регулируемых величин — математических, логических и др.

И, наконец, последнее требование, которое предъявлялось к средствам автоматизации, — возможность их дистанционного применения, что определялось увеличивающейся протяженностью автоматизируемых систем и другими эксплуатационными условиями.

Исходя из необходимости максимального удовлетворения всех этих требований, разрабатывался АППСА, решались технические задачи.

Выше указывалось, что число основных элементов агрегатной системы, существенно отличающихся друг от друга функционально, оказывается небольшим. Это число обусловлено структурой системы автоматического регулирования в

общем случае (рис. 2). Как видно из рисунка, основные элементы системы следующие: объект регулирования, блок сравнения, управляющее устройство, усилительно-преобразовательное устройство, исполнительное устройство и стабилизирующее устройство.

Под объектом регулирования понимался любой технологический агрегат или любое техническое устройство, у которого по крайней мере одна величина сохраняет постоянное или принимает заданное значение в результате воздействия автоматического регулятора.

Блок сравнения состоит из измерительного устройства, датчика и элемента сравнения. Его назначение состоит в определении и сравнении действительного и заданного значений регулируемой величины и в соответствии с разностью этих значений — в воздействии на управляющее устройство.

Управляющее устройство формирует по заданному закону сигнал, воздействующий на исполнительное устройство. Этот сигнал образуется в результате воздействия и датчика стабилизирующего устройства, повышающего качество регулирования (стабилизирующее устройство на рис. 2 показано отдельно, поскольку оно может присоединяться к различным участкам схемы).

Усилительно-преобразовательное устройство выполняет функции регулирования потока энергии, поступающего от внешнего источника в звенья системы регулирования, а также преобразование величин, поступающих на его вход, в величины другой физической природы. Усилители и преобразователи могут образовывать самостоятельный блок, как показано на рис. 2, но могут входить и в любой другой блок схемы.

Исполнительное устройство непосредственно воздействует на регулирующий орган объекта регулирования, изменяя его положение или состояние в соответствии с сигналами управляющего устройства.

Таким образом, ясно, что множественность автоматических устройств и универсальность их должны достигаться не наличием большого количества основных функциональных элементов, которое, повторяем, весьма невелико. Различия основных элементов в различных системах автоматического регулирования носят не принципиальный, а количественный и структурный характер. Количественные различия зависят в основном от протекающего через этот элемент потока энергии, структурные же различия определяются местом данного элемента в структурной схеме системы автоматического регулирования. Исключение составляют регулирующие органы, непосредственно соединяющие автоматическое устройство с объектами регулирования, разнообразие которых может быть тоже достаточно велико. Из сказанного следует, что

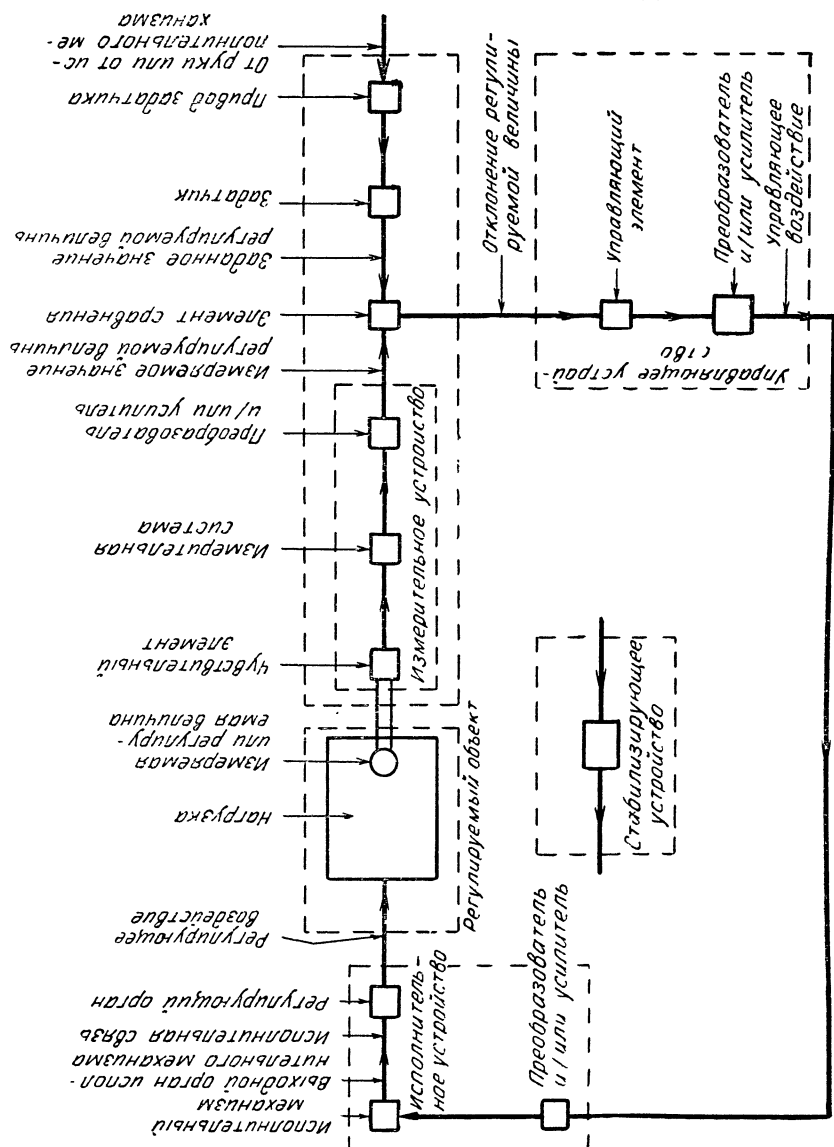


Рис. 2. Общий случай структуры системы автоматического регулирования, положенный в основу агрегатного принципа построения средств автоматизации.

функции любой сложности системы автоматического регулирования осуществляются небольшим количеством функциональных узлов, и таким образом схема может быть построена из определенного числа определенных блоков, т. е. может быть построена по агрегатному принципу. Различия в структуре при этом достигаются только сочетанием самих блоков. Для выполнения каждой из основных функций узлов схемы может быть использован ряд блоков с различными плавно изменяющимися параметрами.

Построение агрегатных систем могло осуществляться лишь на основе унификации элементов средств автоматики. Такая унификация была проведена в соответствии с разработанной схемой классификации (рис. 3).

Основных классификационных признаков, как видим, имеется два — функциональный и использование (или неиспользование) вспомогательной энергии.

По первому признаку (функциональному назначению) различают: передачу контрольной информации, сравнение контрольной информации с программой, выработку командной информации, использование командной информации.

По второму признаку различают устройства, работающие без вспомогательных источников энергии (непосредственное действие), и использующие для работы вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую, гидравлическую).

В свою очередь, в каждой группе классификационными признаками служат ряд физических явлений и параметров, способы использования информации и принципы действия устройств. Так, например, элементы для сбора и индикации контрольной информации по роду контролируемых параметров различают: механические, акустические, тепловые, оптические, электрические, магнитные и другие, а по способу использования информации — указывающие, регистрирующие, печатающие и сигнализирующие.

В устройствах второй группы, использующих вспомогательную энергию, различают три больших класса, в зависимости от вида используемой энергии. Каждый из них подразделяется на пять подклассов по функциональному назначению: элементы для сбора информации (датчики); для передачи информации; для преобразования контрольной информации и выработки командной информации; для использования информации; вспомогательные устройства.

На дальнейших уровнях классификации датчики, например, разделяются по роду контролируемых величин на механические, акустические, тепловые, оптические, электрические, магнитные, ядерные, химического состава, времени и др. Далее, датчики для контроля механических величин разбиты на девять групп: положения, угла, направления; длины и толщины; уровня жидкости; уровня сыпучих тел; площади и объ-

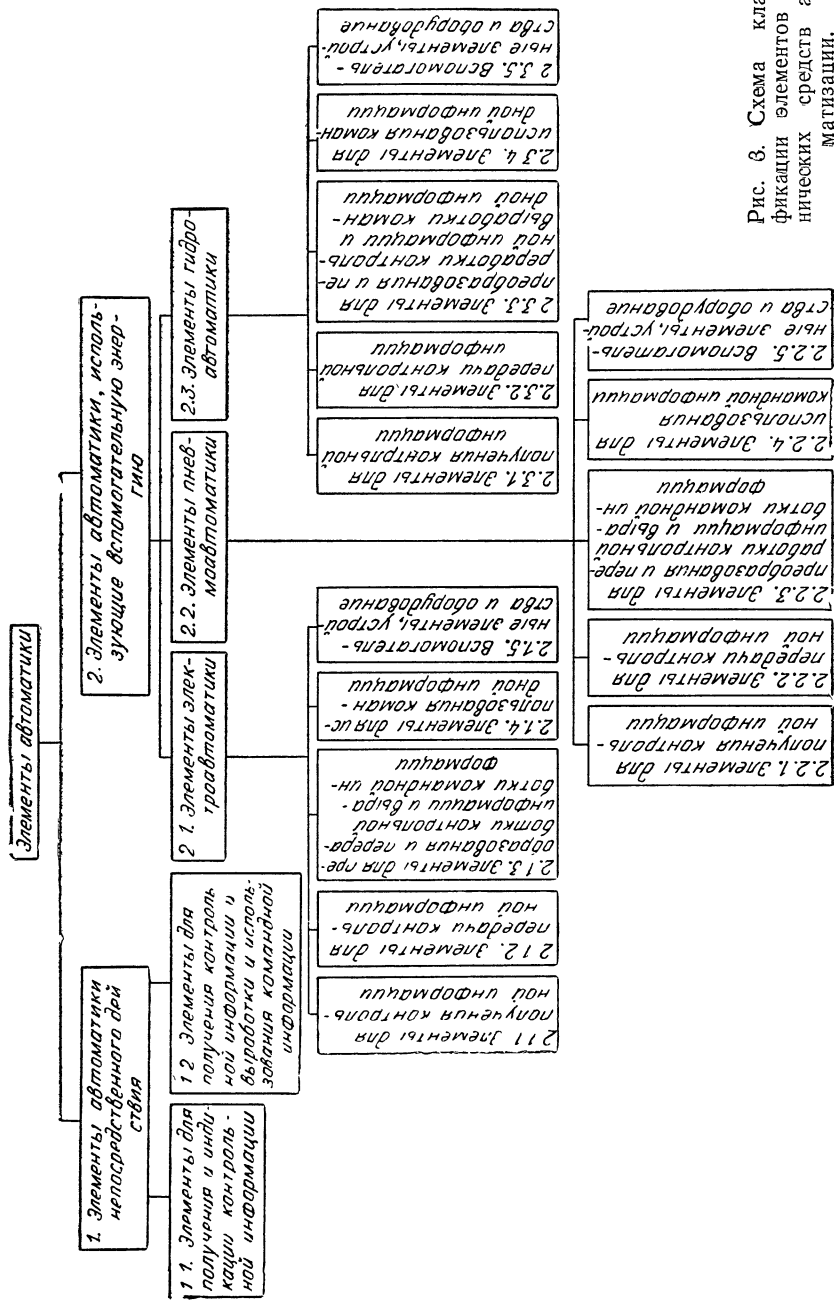


Рис. 8. Схема классификации элементов технических средств автоматизации.

ема; линейной и угловой скорости; скорости потока жидкости и газа; ускорения, давления, веса и момента сил; мощности, работы и энергии. Такое разветвленное классификационное дерево дало основу для разработки агрегатной системы приборов и для построения единой системы приборов.

Требованиям комплексной автоматизации в начальном ее периоде хорошо отвечала агрегатная унифицированная система промышленной автоматики (АУС). В ней при построении блоков и устройств предусмотрено использование энергии различных видов — электрической, пневматической, гидравлической. В соответствии с этим были разработаны три основные системы — электрическая, пневматическая и гидравлическая и, кроме того, четвертая, комбинированная.

Создание приборов контроля и управления на основе АУС потребовало проведения ряда теоретических исследований и разработки принципов расчленения приборов на отдельные блоки и узлы, методов повышения точности и надежности, а также схем приборов. При разработке электрических приборов АУС, например, были использованы методы теории оптимальных схем, что позволило строить оптимальные по быстродействию системы управления. Решались задачи анализа и синтеза приборов, выбора параметров настройки регуляторов, определения качества системы регулирования. Была разработана, в частности, методика выбора параметров настройки по динамическим свойствам объекта регулирования.

На основе АУС в первые же годы было создано множество разнообразных электрических приборов, среди которых некоторые применяются в промышленности и сегодня — например, бесконтактные исполнительные устройства, которые широко используются для регулирования температуры, давления, расхода, уровня, соотношения параметров, а также в следящих системах.

Весьма детально разработаны пневматические приборы АУС. При всех очевидных преимуществах электрических регуляторов они не только не вытеснили пневматические, но в ряде случаев даже не могут конкурировать с ними — например, в условиях взрывоопасной или пожароопасной среды. Кроме того, дешевизна конструкции и эксплуатации, а также высокая эксплуатационная надежность позволяют пневматическим регуляторам в количественном отношении пока держать первенство среди технических средств автоматики.

Унифицированная система пневматических приборов, построенных по агрегатному принципу, состоит из небольшого числа стандартных блоков, выполняющих в схемах автоматизации самостоятельные функции. Входными и выходными параметрами блоков служат давления сжатого воздуха. Чтобы иметь возможность использовать в схемах регулиро-

вания блоки в разных сочетаниях, давления, получаемые на выходе каждого блока, изменяются в одном и том же стандартном диапазоне. Все выходные реле имеют стандартную производительность. В систему вошли следующие блоки и приборы.

Регулирующий блок предназначен для подачи непрерывного сигнала воздействия в соответствии с заданным законом регулирования. Сигнал, являющийся по своей физической природе давлением сжатого воздуха, поступает на исполнительный механизм регулирующего клапана.

Блок предварения предназначен для введения в закон регулирования воздействия по скорости отклонения параметра (по первой производной от отклонения параметра).

Блок суммирования служит для алгебраического суммирования величин, поступающих в виде пневматических сигналов. На выходе блока получается сигнал, пропорциональный алгебраической сумме сигналов.

Блок соотношения выполняет операцию умножения входного сигнала на заданный постоянный коэффициент, поддерживает в сочетании с регулирующим блоком заданную величину соотношения двух параметров.

Блоки дистанционного задания осуществляют дистанционную установку номинального значения регулируемого параметра. Они автоматически устанавливают задания регулятору, изменяющиеся по программе либо во времени, либо в зависимости от другого параметра. В систему входят также вторичные регистрирующие и показывающие приборы.

В качестве измерительных блоков в АУС могут применяться любые датчики с пневматическими выходами.

Агрегатный принцип позволяет дополнить систему все новыми и новыми устройствами, появившимися уже после разработки системы — счетно-решающими, оптимизаторами, различными логическими устройствами и т. д. Для использования в схемах автоматизации наряду с пневматическими также и электрических устройств (потенциометров, измерительных мостов и др.) система снабжена электропневматическими преобразователями. Все это сделало АУС универсальной в том смысле, что по своим функциональным возможностям она допускает реализацию различных по назначению и по сложности схем автоматического регулирования. В этом заключалось основное преимущество АУС по сравнению с системой приборов «базовой конструкции». Но имеются и другие преимущества — повышение выходных мощностей, быстродействия, точности, чувствительности и т. д.

В дальнейшем, по мере усложнения задач регулирования, в рамках АУС появились электрические приборы, использующие элементы цифровой техники. В таких приборах применение дискретных сигналов измерений позволило довести

точность измерений до сотых долей процента. Подобная техника стала необходимой для регулирования скорости турбин, для регулирования частоты, для следящих систем, а также для систем с медленно изменяющимися параметрами. Приборы цифрового контроля понадобились для систем программированного управления, для обтекающего контроля, для контроля операций взвешивания, дозирования и др. Законы управления цифровых регуляторов и методика их настройки разработаны на основе теории импульсных систем.

Построено и работает в промышленности множество модификаций цифровых регуляторов для систем и дискретного и непрерывного регулирования технологических процессов. Характерным для таких регуляторов является хорошая сопрягаемость с различными исполнительными устройствами и датчиками (частотными, унифицированного сигнала и др.). Достоинствами цифровых регуляторов является гибкость структуры, практически неограниченный диапазон изменения параметров настройки, возможность вычисления заданного закона регулирования с заранее заданной точностью.

Внедрение АУС дало крупный народнохозяйственный эффект. Подсчитан он не был, да такой подсчет вряд ли и осуществим. Однако технико-экономические выгоды от ее внедрения очевидны: при небольшом числе исходных элементов удается получать самые разнообразные конструкции, повышается массовость изготовления элементов со всеми преимуществами массового производства, намного сокращается трудоемкость изготовления приборов, а следовательно, и их стоимость. Кроме того, в АУС закладывались наиболее эффективные методы измерения, преобразования, усиления, что отвечало задачам комплексной автоматизации.

Система АУС, при которой, как указывалось, прибор представляет собой отдельные блоки, комбинируемые для выполнения какой-либо самостоятельной функции автоматического управления, при всех своих положительных достоинствах давала все же ограниченные решения. Для решения новых задач автоматического управления потребовался большой арсенал технических средств — аналоговых, дискретных, — способных реализовать различные логические функции. Система блоков такими свойствами не обладала. В дополнение к ней, а в большей мере и на смену ей, возникла новая система построения средств автоматического управления, основанная на элементном принципе. При такой системе каждый новый прибор не конструируется заново, а собирается из отдельных унифицированных элементов. Подобная идея в технике была не нова. Она уже довольно широко использовалась в радиоэлектронике, и естественно было применить ее и в автоматике. Однако заимствование технических идей из радиоэлектроники этим не ограничилось.

Оттуда была взята также идея печатных схем. Сочетание этих двух идей с накопленным опытом построения пневмоавтоматических приборов позволило создать новую универсальную систему элементов промышленной автоматики (УСЭППА) (рис. 4).

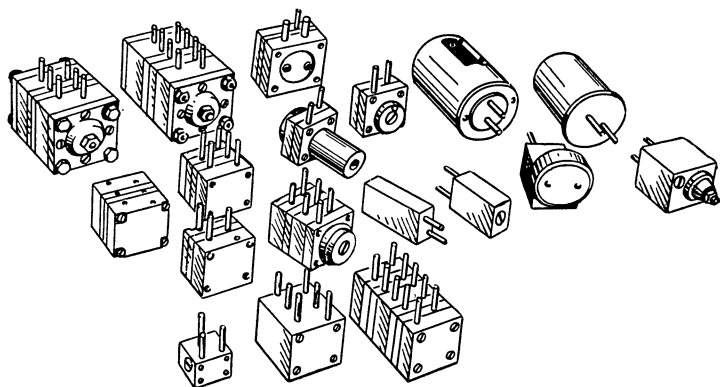


Рис. 4. Аппаратура универсальной системы элементов промышленной пневмоавтоматики.

Основой этой системы явились пневмоусилители, пневмореле, пневмосопротивления, пневмоемкости и некоторые другие элементы, выполняющие простейшие функции и не содержащие никаких внутренних коммуникационных связей, что определило простоту этих элементов и их малые габаритные размеры. Монтаж элементов проводится на платах, содержащих систему каналов, необходимую для объединения всех элементов в единую схему.

Элементный принцип позволил реализовать алгоритмы управления любой сложности и создавать самые разнообразные управляющие устройства непрерывного и дискретного действия, собирать сложнейшие релейные схемы.

К элементам устройств непрерывного действия относятся операционные усилители, пневмосопротивления, пневмоемкости. При построении устройств дискретной техники дополнительно к этим группам элементов применяется элемент памяти. Немногочисленный набор унифицированных элементов оказывается достаточным для создания самых разнообразных схем приборов пневмоавтоматики. На элементах пневмоавтоматики можно строить практически любые системы автоматического регулирования, автоматической оптимизации, релейные схемы защиты, системы телеуправления и телеконтроля, машины централизованного управления и

контроля и многие другие устройства промышленной автоматики. Сразу же после разработки и внедрения этой системы на серийное производство был поставлен ряд пневмоавтоматических оптимизаторов, регуляторов непрерывного действия, многоканальные регуляторы и многие другие.

Ныне элементный принцип стал ведущим в пневмоавтоматике, и пневмоавтоматические приборы, построенные на элементном принципе, сегодня определяют лицо пневмоавтоматики. Дальнейшим его развитием и является разрабатываемая ныне система модулей струйной техники (пневмоника), в которой отсутствуют механически движущиеся части и используется аэродинамический эффект струи.

На элементах УСЭППА построена система «Старт», отличающаяся широкими функциональными возможностями и содержащая, кроме обычных, также и самонастраивающиеся регуляторы, вычислительные и обтекающие устройства.

Унифицированные и агрегатированные системы технических средств автоматизации создали основу для осуществления дальнейшего шага по пути технического прогресса в этой области — создания и внедрения единой Государственной системы приборов (ГСП).

Единая система приборов не означает замену всех существующих систем приборов одной конструктивно единой системой. Она должна включать в себя различные системы, но при соблюдении единого принципа построения.

В единой системе приборов все входящие в нее приборы и устройства могут сочетаться по входным и выходным параметрам для совместного использования в автоматических системах.

При разработке ГСП решались следующие задачи:

1. Определение наивыгоднейших принципов построения для различных групп приборов и устройств, в первую очередь выполняющих типовые функциональные задачи обработки информации на основе сравнительного анализа существующих принципов построения отдельных групп приборов.

2. На основе выбранных принципов разработка конструктивных и схемных решений.

3. Разработка нормальных рядов датчиков для основных технологических параметров на основе выбранных принципов.

4. Стандартизация сигналов.

ГСП базируется на стандартизации основных технических требований и параметров. Так, стандартизованы входные и выходные параметры пневматических сигналов, электрические непрерывные входные и выходные сигналы тока и напряжения элементов систем контроля и регулирования неэлектрических величин, параметры элементов импульсных и

частотных входных и выходных электрических сигналов и другие параметры.

Единая система приборов должна допускать использование различных физических принципов построения элементов для обеспечения поддержания системы на высоком техническом уровне.

ГСП состоит из ряда блоков и устройств с высокой степенью унификации, со стандартными параметрами входных и выходных сигналов, с нормализованным габаритом, размерами и параметрами питания. Система имеет ветви, различающиеся в зависимости от вида вспомогательной энергии: электрическую (аналоговую и дискретную), пневматическую, гидравлическую и ветвь регуляторов без вспомогательной энергии (рис. 5).

Дискретные сигналы принимаются только при электрической энергии, непрерывные сигналы — также и при механических видах энергии (пневматической, гидравлической и др.).

Далее, ветви подразделяются по функциональным признакам устройства сбора информации (датчики), передачи и переработки информации, использования информации (воздействие на исполнительные органы). Предусмотрены комбинированные ветви, сочетающие приборы различных ветвей.

В 1967 г. утвержден Государственный стандарт (ГОСТ 12997—67) «Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации», в котором утверждены общие технические требования к ГСП.

Система предназначена для эффективного построения автоматизированных и автоматических систем управления производственными процессами, предприятиями и целыми отраслями промышленности. Она включает в себя сумму технических средств для сбора, обработки и использования информации. Технические средства, включенные в ГСП, сопряжены в информационном, энергетическом и конструктивном смысле. Система обеспечивает экономически целесообразную точность и надежность, отличается высоким уровнем унификации, создает общую технологическую базу для производства средств автоматизации, обеспечивает комплексность и взаимозаменяемость средств автоматизации.

Создание ГСП — одно из важнейших направлений технического прогресса СССР в области средств автоматизации.

Разработаны и разрабатываются различные локальные системы, входящие в ГСП. Например, система НИИТеплоприбор Московского завода теплоавтоматики (МЗТА). Эта система является электрической аналоговой ветвью ГСП. Она осуществляет основные законы регулирования и ряд математических операций (суммирование, деление, извлечение квадратного корня и др.). Характерно, что быстроедействие

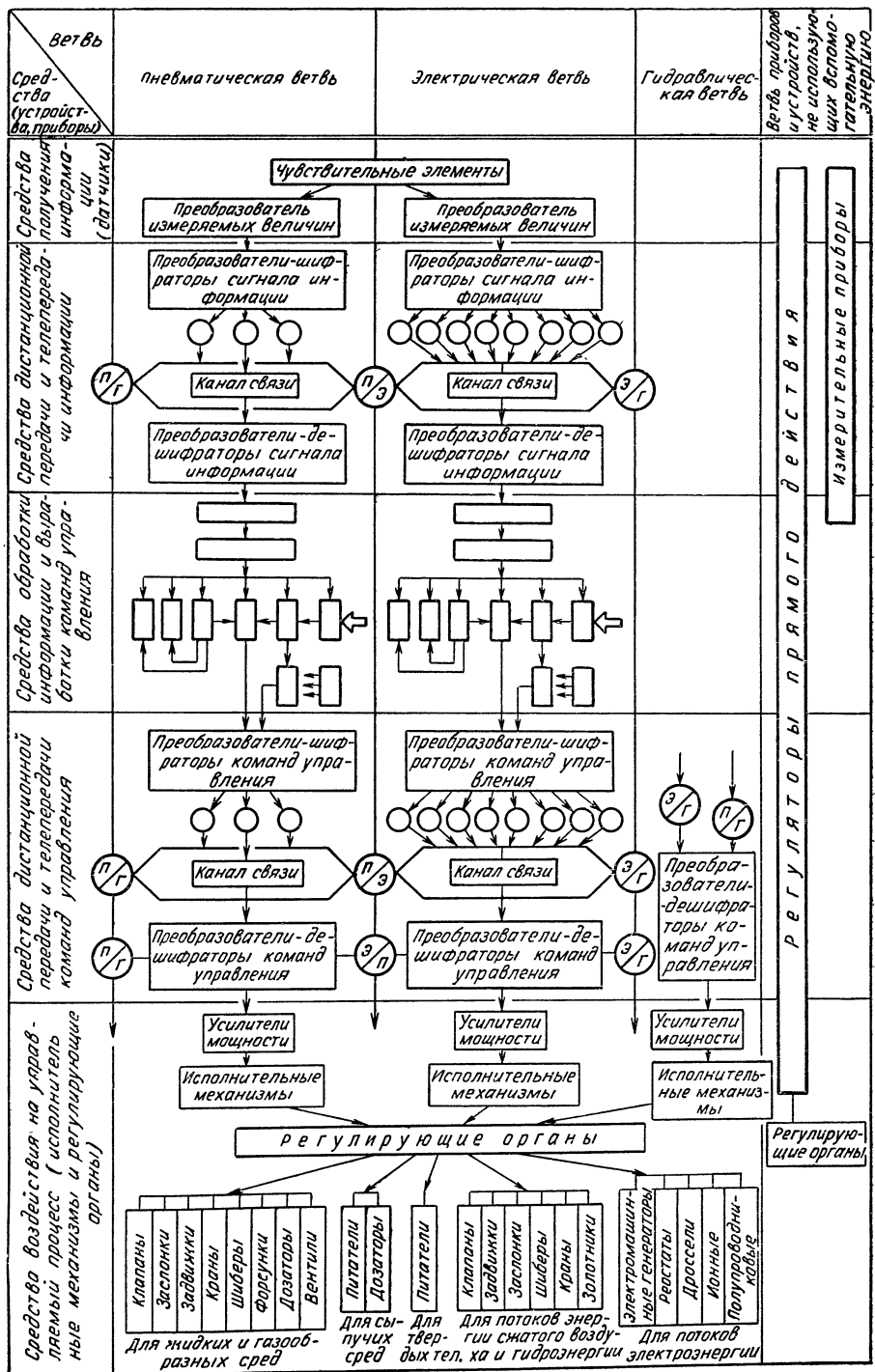


Рис. 5. Схема построения Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации.

приборов этой системы увеличено в 10 раз по сравнению с приборами ранее разработанной системы; надежность повышена в 1,5 раза. Разрабатываются и другие системы — ветви и подветви ГСП.

Агрегатированная цифровая система (АЦС) широкого назначения предназначена для управления производственными процессами в металлургической, химической, нефтехимической и других отраслях промышленности. Система выполнена на унифицированных элементах и в зависимости от сложности решаемых задач может дополняться теми или иными агрегатами. Она способна решать задачи централизованного контроля и управления с целью оптимизации технологических процессов, планирования и других управленческих задач, связанных с обработкой аналоговой, цифровой и языковой информации. Обработка ведется на машинах типа «Урал».

Агрегатирование технических средств автоматизации на основе стандартизации и унификации устройств и элементов стало интернациональной тенденцией социалистических стран. Создана система приборов, общая для всех социалистических стран, входящих в СЭВ, под названием УРС. Система предусматривает стандартизацию сигналов, кодов, параметров источников энергии, делает возможным функциональные сочетания различных приборов, разработанных в различных странах СЭВ, при построении сложных систем автоматического управления. Такое сочетание существенно облегчается нормализацией присоединительных и габаритных размеров, необходимых для осуществления типового монтажа на щитах и пультах управления.

Страны СЭВ применительно к своим запросам и возможностям разрабатывают системы и подсистемы, входящие в УРС.

В ГДР, например, последовательное применение рекомендаций УРС как в области принципов работы приборов, так и в отношении конструктивного выполнения способствовало значительному подъему приборостроения. Раньше приборостроение ГДР славилось преимущественно оптической и оптико-механической отраслями. Ныне здесь гармонично развиваются все отрасли приборостроения. Хорошо зарекомендовали себя, в частности, системы управления производственными процессами на нефтеперерабатывающих заводах, на теплоэлектроцентралях и др.

Разработана на базе УРС национальная система УРСАМАТ, объединяющая системы стандартизационных — унифицированных электрических и пневматических устройств и элементов. Система состоит из пяти разделов: УРСАКОНТ, УРСАТРОН, УРСАСТАТ, УРСАПНЕУ и УРСАВИРК.

УРСАКОНТ состоит из комплекса датчиков и соответ-

ствующих вторичных регистрирующих и показывающих приборов.

УРСАТРОН содержит аналоговые и дискретные элементы устройства ввода и вывода информации, элементы и устройства систем телеизмерения — телеуправления.

УРСАСТАТ включает релейные элементы и регуляторы без вспомогательной энергии.

УРСАПНЕУ объединяет пневматические элементы и устройства автоматического управления.

И, наконец, УРСАВИРК содержит исполнительные элементы, непосредственно воздействующие на управляемые процессы или объекты.

Как видим, в ГДР ведутся большие работы по созданию агрегатных систем на основе стандартизации и унификации узлов и элементов, и это обстоятельство явилось хорошим ускорителем в развитии приборостроения.

В Чехословакии широко поставлены разработка и внедрение УРС. Особенно интенсивно здесь разрабатывается электрическая дискретная и аналоговая ветви УРС — в стране изготавливаются все стандартные модули, монтажные каркасы и шкафы. Наряду с этим производятся элементы и устройства для пневматической и гидравлической ветвей, для устройств без вспомогательной энергии. Стандартизация элементов и устройств в сочетании со стандартизацией сигналов явилась базой для создания унифицированных агрегатных систем приборов, позволяющих разрабатывать и внедрять эффективные комбинированные устройства и системы контроля и управления.

Подобные работы в большей или меньшей степени ведутся во всех странах СЭВ, повсеместно давая весьма ощутимые результаты.

Агрегатирование в вычислительной технике

Современный период развития техники управления характеризуется переходом в широком масштабе к автоматизированным системам управления (АСУ) технологическими процессами с применением средств вычислительной техники.

В первой половине нашего века в задачах автоматизации рассматривался управляемый объект как некая динамическая система, для которой необходимо построить управляющее устройство, удовлетворяющее заданным условиям.

Ныне объекты управления стали много сложнее и соответственно намного повысились требования к качеству управления. Понадобился иной, системный подход к задачам управления. При решении этих задач стало необходимым определение всех связей (энергетических, материальных, информа-

ционных) внутри рассматриваемой системы, рассмотрение иерархии системы, выделение подсистем, определение поведения каждой подсистемы в зависимости от получаемых воздействий. Объемы информации при таком подходе к решению задач столь велики, что решение их немыслимо вне применения вычислительной техники.

Можно назвать ряд уже разработанных и внедренных или внедряемых АСУ. К ним относится АСУ энергетическими блоками мощностью 200 тыс. и 500 тыс. кВт, АСУ аммиачным производством, прокатным станом, сталеплавильным конвертером, карбидной печью и десятком других объектов.

Высокая технико-экономическая эффективность внедренных АСУ заставляет переходить к применению их во все новых и новых областях технологии. На очереди — энергоблоки мощностью 800 тыс. кВт, ряд участков металлургического, химического производства, цементное производство и др.

Решается задача создания АСУ крупными производственными комплексами. Создаются интегрированные системы, предназначенные одновременно и для оперативного управления и для управления технологическими процессами. Техническая политика состоит в том, чтобы устранить разноречивость, при котором близкие по параметрам машины строятся на различных элементах с различным конструкторско-технологическим выполнением, с различными системами команд и способами представления информации. Такой разноречивостью осложняется и производство и эксплуатацию машин.

Требования к вновь разрабатываемым УВМ могут быть сведены в следующие группы:

а) должна быть обеспечена компоновка информационных и управляющих систем различной структуры с заданными сочетаниями параметров (надежность, производительность, объемы входной и выходной информации, емкость памяти и др.);

б) должна быть обеспечена возможность изменения параметров машины в процессе ее эксплуатации;

в) должна быть обеспечена возможность модернизации любого устройства машины не только без изменения структуры системы, но и без изменения других устройств;

г) системы должны в высокой степени обладать ремонтно-пригодностью, технологичностью и отличаться дешевизной изготовления и эксплуатации.

Сочетанию всех этих многочисленных и жестких требований удовлетворяют системы, в которых последовательно и глубоко реализован принцип агрегатирования. Поэтому естественным было решение разработчиков средств вычислительной техники применить этот принцип и у себя. Так появилась агрегатная система средств вычислительной техники

(АССВТ). Система представляет собой набор устройств (агрегатов) с унифицированными внешними связями.

Технической основой АССВТ является универсальный процессор. Процессор — это устройство, предназначенное для выбора информации из главной памяти машины и записи в нее арифметической и логической обработки выбранной информации, выбора в заданном порядке команд из главной памяти, связи между функциональными элементами. Универсальный процессор (УПР) предназначен для обработки информации в сложных системах управления, решающих задачи оптимизации технологических процессов, технико-экономического и оперативного планирования, планирования материально-технического снабжения и др.

Схема вычислительного комплекса на базе минимального комплекта УПР показана на рис. 6. В комплекс входят:

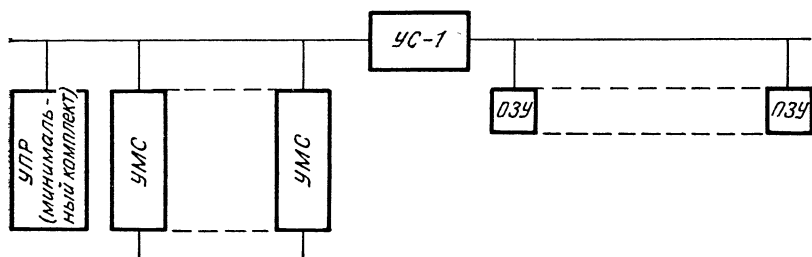


Рис. 6. Схема вычислительного комплекса на базе минимального комплекта универсального процессора.

устройства мультиплексорной связи (УМС), предназначенные для обмена информацией между устройством ввода — вывода и запоминающими устройствами; оперативное (ОЗУ) и постоянное (ПЗУ) запоминающие устройства; коммутатор УС-1 — для коммутирования передачи информации между процессорами, устройствами мультиплексорной связи и запоминающими устройствами.

На рис. 7 показана схема многопроцессорного вычислительного комплекса, отличающегося высокой надежностью благодаря резервированию процессора и высокой производительности по обработке информации, поскольку процессоры могут работать по разным программам.

Все агрегатные устройства, входящие в АССВТ, функционально делятся на семь групп: процессоры; запоминающие устройства; связь с объектом; связь с оперативным персоналом; ввод с носителей информации и вывод на них; выход на внесистемные линии связи; внутрисистемная связь.

Все устройства АССВТ реализуются на базе единой систе-

мы типовых конструкций трех групп: для модулей; для устройств; для установочных изделий.

Модуль выбран в качестве первичной функционально-конструктивной единицы и представляет собой печатную плату (изоляционное основание) с установленными электро-и радиоэлементами, имеющими электрический контакт с печатными проводниками.

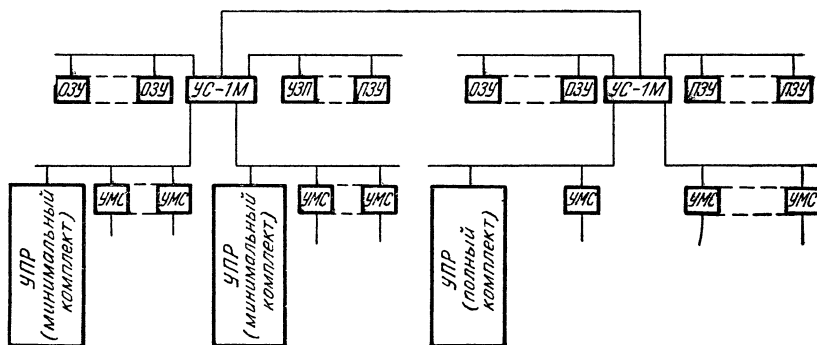


Рис. 7. Схема многопроцессорного вычислительного комплекса.

Комплект из 36 логических модулей (функциональных, полуфункциональных и нефункциональных) обеспечивает построение вычислительных комплексов.

Устройства АССВТ выполняются на базе типовых шкафов четырех модификаций. Конструктивные элементы, из которых монтируются шкафы, представляют собой лишь габаритные варианты одной и той же конструкции.

Таким образом, любое устройство АССВТ представляет собой набор модулей, размещенных внутри типового шкафа (одного или нескольких).

Построение системы управления на базе АССВТ сводится к выбору необходимых агрегатных устройств из разработанной номенклатуры и компоновки их в требуемую систему. Само собой разумеется, что такому выбору должна предшествовать большая подготовительная работа. Прежде всего, должна быть определена структура системы управления, определены функции каждого узла, произведена оценка потоков информации, разработан алгоритм ее переработки. Лишь на основе всего этого может быть сделан выбор необходимых агрегатов для компоновки в систему.

Вычислительные комплексы, создаваемые на базе АССВТ, могут иметь следующие три большие области применения:

системы централизованного контроля — сбор информации в аналоговой или дискретной форме, контроль технического

процесса с выдачей необходимой оперативному персоналу информации, сравнение текущих значений контролируемых параметров с заданными, сигнализация об отклонениях этих значений за допустимые пределы, регистрация отклонений;

управляющие вычислительные системы — централизованный контроль, первичная обработка информации, регулирование и выдача управляющих воздействий (либо на задатчики регуляторов, либо на исполнительные механизмы непосредственно), оптимизация технологических процессов;

управляющие информационно-вычислительные системы для решения комплексов задач (оперативное управление производством, управление подготовкой производства, изготовление технической документации и оснастки, технико-экономическое планирование — расчет программ, расчет мощностей, загрузок, себестоимости и т. д.); оперативно-производственное планирование (расчет календарных графиков); планирование материально-технического снабжения; бухгалтерский учет и отчетность; разработка бухгалтерского баланса.

Последовательная разработка и реализация АССВТ может сыграть значительную роль в смене поколений ЭВМ.

В развитии ЭВМ принято говорить о трех поколениях машин. Первое поколение представляло собой большой ряд машин, построенных на электронных лампах. Первыми из них явились машины типа «БЭСМ» и «Стрела», а затем серия машин «Урал», машина «М-20» и др. Эти машины сыграли крупную роль в стране. Они позволили решить ряд важных задач, в частности в области космонавтики, послужили базой для разработки методов программирования, создания библиотек программ, для широкого проникновения математических методов в различные отрасли науки, техники, экономики.

Однако по мере усложнения возникающих задач, по мере увеличения вводимых в машину исходных данных (до сотен тысяч) и необходимых для решения задач числа машинных операций (до сотен миллионов) становилась все более насущной необходимость резкого скачка в повышении параметров машин.

Появилось второе поколение машин. Сюда относятся ЭВМ, построенные на полупроводниковых приборах. Существенной особенностью машин второго поколения является наличие математического обеспечения, включающего все виды программных устройств (трансляторы, позволяющие применять алгоритмические языки; системы кодирования; библиотеки программ). К ЭВМ второго поколения относятся машины «БЭСМ-VI», новая гамма машин «Урал» («Урал-11», «Урал-14», «Урал-16»), «Минск-22», «Минск-23», «Днепр» и др.

Производительность этих машин может быть повышена в 3—4 раза по сравнению с машинами первого поколения. Машины отличаются повышенной надежностью и позволяют выполнять в короткие сроки сложнейшие расчеты.

Однако ни одна из выпускаемых ныне машин не удовлетворяет в полной мере всей совокупности изложенных выше требований. Вне принципа агрегатирования эти требования и не могут быть удовлетворены. Машины второго поколения могут достичь наивысших параметров лишь на основе АССВТ.

Теперь идет речь о машинах третьего поколения. Это будут машины, элементы которых построены на новых физических принципах; машины с резко повышенным уровнем быстрой работы, логики и математического обеспечения.

Не подлежит сомнению, что рациональная разработка машин третьего поколения может быть реализована лишь при условии широкого использования принципа агрегатирования, который получает столь успешное развитие в агрегатной системе средств вычислительной техники.

* * *

Подведем некоторые итоги. Применение принципа агрегатирования приносит серьезные выгоды. На стадии эскизного проектирования существенно сокращается срок компоновки схемы — вместо конструирования узлов производится выбор их из унифицированных рядов. В процессе проектирования становится возможной проработка множества вариантов, что вне агрегатного метода нереально. Надежность агрегатированной машины может быть заранее определена.

Принцип агрегатирования повышает серийность производства, что предопределяет более высокую технологическую и организационно-техническую культуру производства. Он успешно внедряется во многих отраслях промышленности. Преимущества же его требуют гораздо более широкого применения.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
К читателю	3
Агрегатирование в машиностроении . .	4
Универсальные агрегатированные системы автоматического управления . . .	9
Агрегатирование в вычислительной технике	25.

Д а в и д М и х а й л о в и ч Б Е Р К О В И Ч

Принцип агрегатирования

в технике

Редактор Н. А. Тютюнникова
Худож. редактор В. Н. Конюхов.
Техн. редактор Е. М. Лопухова
Корректор И. И. Поршнева

А02039. Сдано в набор 21/X-1969 г. Подписано к печати 17/XI-1969 г. Формат бумаги 60×90/16. Бумага типографская № 1. Бум. л. 1,0. Печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,74. Тираж 14 200 экз. Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 2689. Типография изд-ва «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 6 коп.

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

ДОСТУПНО, ТОЧНО, ИНТЕРЕСНО И СВОЕВРЕМЕННО

О ЛАТЕИШИХ ДОСТИЖЕНИЯХ НАУКИ И ТЕХНИКИ ВЫ ВСЕГДА МОЖЕТЕ УЗНАТЬ ИЗ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ БРОШЮР ПОДПИСНЫХ СЕРИИ, ВЫПУСКАЕМЫХ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «ЗНАНИЕ»: «ТЕХНИКА», «ПРОМЫШЛЕННОСТЬ», «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА», «ФИЗИКА, АСТРОНОМИЯ», «ХИМИЯ», «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И СВЯЗЬ», «ТРАНСПОРТ», «МАТЕМАТИКА, КИБЕРНЕТИКА». В КАЖДОЙ ИЗ НИХ — 12 БРОШЮР.

Где предел информационной «вместимости» человеческого мозга? Организация труда и производства, какой ей быть? Каково будущее промышленного транспорта на воздушной подушке? Какова химия планет? Что нового известно о природе тяготения? Всегда ли светят звезды? Возможно ли объемное цветное телевидение?

Все это — лишь небольшая часть проблем, о которых рассказ поведут крупнейшие ученые и специалисты народного хозяйства — авторы наших подписных брошюр.

ПОДПИСАТЬСЯ НА БРОШЮРЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЗНАНИЕ» МОЖНО В ЛЮБОМ ОТДЕЛЕНИИ «СОЮЗПЕЧАТИ», А ТАКЖЕ У ОБЩЕСТВЕННЫХ РАСПРОСТРАНИТЕЛЕЙ ПЕЧАТИ: ПО МЕСТУ ВАШЕЙ РАБОТЫ ИЛИ УЧЕБЫ. В КАТАЛОГЕ «СОЮЗПЕЧАТИ» ОНИ ПОМЕЩЕНЫ В РАЗДЕЛЕ «НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ».

СТОИМОСТЬ ПОДПИСКИ КАЖДОЙ СЕРИИ НА ГОД 1 РУБ. 08 КОП.

Издательство «Знание»