

Д.А. Шурьгин

# Автоматика завоёвывает текстиль



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

Д.А.Шурыгин

# **Автоматика завоёвывает текстиль**



МОСКВА  
ЛЕГПРОМБЫТИЗДАТ  
1987

ББК 37.23  
Ш 96  
УДК 677.05—52

Рецензент: д-р техн. наук *А. К. Расторгуев*  
(ИвТИ им. М. В. Фрунзе)

**Шурыгин Д. А.**

**Ш 96** Автоматика завоевывает текстиль.— М.: Лег-  
промбытиздат, 1987. — 160 с.— (Научно-популяр-  
ная б-ка школьника).

В популярной форме рассказывается об истории развития авто-  
матики, робототехники и вычислительной техники, о новейших науч-  
ных и технических достижениях в этих областях человеческой дея-  
тельности. Показано, какие поразительные возможности совершенст-  
вования текстильного производства открываются с его автоматиза-  
цией.

Для молодежи и школьников.

**Ш** 3102000000—060 60—87  
044(01)—87

**ББК 37.23**

© Издательство «Легкая про-  
мышленность и бытовое об-  
служивание», 1987

*Юноше, обдумывающему  
жизнь...*

В. Маяковский  
*Знание есть один из аспектов жизни: если мы нуждаемся в объяснениях, то только потому, что мы живы.*

Н. Винер

## О ЧЕМ ПРЕДСТОИТ РАЗГОВОР

Я беру ручку, чтобы рассказать о вещах, имеющих самое непосредственное отношение к нашей жизни сегодня и завтра, а вспоминается мне история, которую прочел когда-то в книге Льюиса Кэрролла «Алиса в Зеркалье».

Морж и Плотник гуляли по берегу. У берега они увидели Устриц. Им захотелось полакомиться, но Устрицы не выходили из воды, зарывшись в песок. Морж, чтобы выманить их из засады, предложил им прогуляться.

— Приятная прогулка! Приятный разговор! — соблазнял он простодушных Устриц.

Юные Устрицы поверили и побежали за ним.

— Пришла пора подумать о делах, — сказал Морж, усаживаясь на скале, — о башмаках и сургуче, о капусте, о королях.

Но, несмотря на такую большую программу, рассказ Моржа оказался очень коротким. Скоро слушатели все до одного были съедены.

Не подумай, читатель, что, приглашая тебя в эту книгу, я предназначаю тебе роль любопытной Устрицы. Нет, ты, пожалуй, будешь Плотником, а я постараюсь стать Моржом, извлекающим для тебя плоть познания, скрытую жесткими створками Устриц.

Потолковать нам предстоит о многом, ведь живем мы в эпоху научно-технической революции. Наука и техника все настойчивей вторгаются в повседневную жизнь, причем наука шлифует технику, та становится более тонкой и совершенной — думающей, чувствующей, самовоспроизводящейся. По своим возможностям техника стремительно приближается к венцу творения — человеку, а в чем-

то уже обгоняет его. Образцы такой техники мы встречаем не только в космонавтике, атомной энергетике, машиностроении, химической промышленности, они проникают в медицину и сельское хозяйство, в текстильную и легкую промышленность, в наш быт.

Человек создает машины и механизмы, освобождающие его от тяжелого физического труда, заменяющие его в управлении другими машинами, механизмами и целыми производствами. Иногда человек придает своим помощникам даже определенное внешнее сходство с собой, приделывает им руки, ноги, голову, предлагает манипулировать предметами, заставляет переводить с одного языка на другой, сочинять музыку и стихи, рисовать и играть в разные игры, т. е. «думать», «творить». Но все же человек — творец этих машин — остается непревзойденным в универсальности своего интеллекта. Только человеку свойственны понятия «чутье», «интуиция», «талант». И именно поэтому в самых сложных ситуациях рядом с машиной всегда должен быть человек, за которым остается последнее слово, окончательное решение. Правда, при этом человек должен обладать большим объемом знаний и умений, а чтобы их иметь, он должен учиться, он должен постоянно насыщать информацией свой мозг — совершеннейший инструмент для ее хранения и обработки. Недаром самые сложные, «думающие» машины снабжаются электронным «мозгом» — вычислительным устройством, компьютером (от английского «computer»), выполняющим те же функции хранения и обработки информации. Как мы увидим дальше, компьютер тоже надо «учить», занося в его память информацию, необходимую для решения возложенных на него задач. И тогда он воздаст нам сторицей, выполняя сложные, громоздкие вычисления со скоростью, недоступной ни одному человеку.

Вот так незаметно мы подошли к проблемам автоматизации и механизации, к роботам-манипуляторам, к вопросу, зачем автоматам вычислительная техника. Все эти понятия, конечно, знакомы тебе, читатель, они часто встречаются в прессе, звучат по радио и телевидению, в кино, в беседах в школе, а иногда и дома. Но раз мы завели о них разговор основательно и всерьез, надо определить их почетче, чтобы впредь понимать друг друга, как говорят, с полуслова.

Под **механизацией** обычно понимают совершенство-

вание производства, направленное на замену ручного физического труда работой механизмов и машин.

**Автоматизация** — это использование технических средств, в том числе средств вычислительной техники, для *управления* производственными процессами, машинами, агрегатами, целыми цехами и предприятиями без непосредственного участия человека. Автоматизируемые процессы, машины и т. д. называются *объектами* управления, а совокупность объекта и управляющего технического средства — *системой автоматического управления (САУ)*.

Имеет смысл разграничить также понятия «*автоматическая система*» и «*автоматизированная система*»: первая работает без непосредственного участия человека, а во второй человек-оператор (человек-руководитель) является ее органической составной частью.

Термин «**автомат**» более общий, так как может быть отнесен не только к устройствам, используемым в производстве. Автоматом можно назвать любое устройство, выполняющее целесообразные действия без участия человека. Не зря это слово происходит от греческого «*αὐτομάτος*», что значит «самодвижущийся», «сам собой происходящий».

Понятия механизации и автоматизации сливаются воедино в другом понятии — робототехнические устройства, или просто **роботы**. Робот — это машина, предназначенная для целенаправленного воздействия на объекты труда с помощью автоматических манипуляторов, имеющая устройства восприятия внешней обстановки и автоматического планирования своей деятельности. Расшифровывая это сжатое определение, следует добавить, что автоматическими *манипуляторами* (обычно многозвенными) называют механические руки, а под устройствами восприятия внешней обстановки понимают *средства очувствления* («зрения», «осознания», «слуха»); что касается планирования деятельности, оно обеспечивается *искусственным интеллектом* (электронной вычислительной машиной). Таким образом, робот — это высокоорганизованный управляемый (даже в определенной степени самоуправляющийся) силовой механизм.

В современном производстве основные технологические процессы обычно автоматизированы, зато вспомогательные операции (типа «взять», «установить», «снять», «переместить», «положить») выполняются, как правило,

вручную. Эти операции утомительны, примитивны, а в ряде случаев тяжелы, вредны и даже опасны для жизни. Вот тут и должны подключаться роботы, освобождая человека для более творческого труда.

Понятие *«электронная вычислительная машина»* не нуждается, очевидно, в дополнительной расшифровке. Хотелось бы только добавить, что в настоящее время существует три основных класса этих машин: большие универсальные ЭВМ, мини-ЭВМ и микроЭВМ. Для первых машин характерны большой объем памяти и высокое быстродействие, применяются они для обработки огромных массивов информации, в сложных научных исследованиях. Вторые машины отличаются меньшей стоимостью, меньшими габаритными размерами (если для размещения большой ЭВМ требуется площадь 150—200 квадратных метров, то для мини-ЭВМ достаточно 50—70 квадратных метров). Зато и вычислительные возможности их более ограничены. Наконец, третьи машины миниатюрны, они могут быть размеров большой книги (мы не касаемся здесь микрокалькуляторов, которые сегодня даже помещаются в наручных часах) и обычно предназначены для управления технологическим оборудованием (непосредственно встраиваются в него). Носителем искусственного интеллекта роботов чаще всего является микроЭВМ.

Что же дает автоматизация производства (включая сюда роботизацию и компьютеризацию)? Почему мы сегодня называем ее основой технического прогресса? Почему ей уделяется такое большое внимание в решениях партии и правительства?

Прежде всего автоматизация обеспечивает интенсификацию производства, повышение производительности труда. Автоматы могут работать в очень высоком темпе, недоступном человеку, все 24 часа в сутки, они не нуждаются в перекурах, в перерывах на обед и сон.

Далее, автоматизация, обеспечивая четкое и неукоснительное выдерживание требуемых технологических режимов, оперативную реакцию на изменение внешних условий, которое могло бы отрицательно сказаться на ходе технологического процесса, ведет к повышению качества продукции. Автоматы не отвлекаются, не «витают в облаках», у них не бывает плохого настроения, душевных переживаний, они всегда начеку.

Автоматизация означает экономию сырья, полуфаб-

рикатов и энергетических ресурсов благодаря резкому снижению брака, идущего в отходы или на переделку. А ведь всякая переделка требует дополнительного расхода электроэнергии, пара, воды, химикатов, оплачиваемого рабочего времени. Есть и еще один важный источник экономии — так называемая оптимизация технологических процессов. Автоматам не задается определенный режим работы, а они сами ищут такой режим, при котором обеспечивается оптимальный в том или ином смысле процесс (например, выполняемый за минимальное время или при минимальном потреблении энергии). Такие автоматы достаточно сложны и, как правило, должны обладать искусственным интеллектом, т. е. включать в себя ЭВМ.

Автоматизация повышает культуру труда, т. е. создает условия, в которых человеку приятно работать. Незачем объяснять, как это важно для уменьшения текучести кадров. Ведь если в рабочем помещении чисто, сухо и светло, если воздух свежий, а кругом цветы, то труд приносит радость. И наоборот, если много пыли, атмосфера загазованная, отовсюду капает, на полу разлито и рассыпано неизвестно что, труд становится в тягость; человек в таких условиях долго не продержится. Автоматы, с одной стороны, позволяют герметизировать оборудование, исключать попадание в помещение агрессивных паров и жидкостей, создавать благоприятные условия для труда человека. С другой стороны, они сами требуют поддержания в помещении благоприятных для них условий, обеспечивающих их надежную и безотказную работу, а об этом должен позаботиться человек. Заколдованный круг, но на сей раз удачный: автомат помогает человеку, а человек — автомату.

И наконец, автоматизация обеспечивает безопасность труда. Автомат немедленно останавливает движущиеся механизмы или отключает токонесущие элементы, если человек по неосторожности попадает в опасную зону их действия. Об устройствах безопасности речь пойдет ниже, здесь же подчеркнем одно очень важное обстоятельство: если непременным условием создания любой схемы автоматизации является ее экономическая эффективность, то схема, обеспечивающая безопасность труда, может быть даже убыточной; это большое завоевание трудящихся, возможное только при социализме, когда главной ценностью становится человек.



Все сказанное об автоматизации в полной мере распространяется и на текстильную промышленность, которая является объектом нашего разговора в этой книге.

Но что такое текстиль?

Текстиль — это пряжа, нитки, ткани, нетканые материалы, трикотаж, некоторые другие изделия.

Текстиль — это наша одежда, частично обувь (здесь рядом с текстильной надо назвать швейную и обувную промышленность), постельное и столовое белье, обивка мебели, шторы, ковры.

Текстиль — это автомобильный корд, бельтинг (основа для конвейерных лент) и т. д.

Как ты думаешь, читатель, можно прожить без межпланетных полетов и телефона, без авиации и радио, без автомобилей и телевидения? Наверно, можно, ведь жили же раньше. Хотя, с ними, конечно, удобнее и интересней. А вот без текстиля прожить нельзя. Исконными потребностями человека были и остаются пища, жилище и одежда. На заре своего существования человек был очень непритязателен: ел сырые растения и мясо, жил в пещерах, одевался в шкуры. Сейчас подавай ему разносолы, благоустроенные квартиры. Правда, тяга к шкурам сохранилась до сих пор, но они уже становятся предметом роскоши, на всех не хватает, число людей стремительно растет, зверей — уменьшается. Одним словом, вывод один: без текстиля не обойтись никак.

И теперь напрашивается вопрос, который естественно вытекает из всего сказанного и которым можно завершить нашу вступительную беседу: нужна ли текстилю автоматика? Ответ однозначен — безусловно. Все, что дает автоматизация промышленности вообще, крайне необходимо и текстильной промышленности. Решения партии и правительства нацеливают нас на интенсификацию производства товаров народного потребления, повышение их качества, создание экономичных технологий, улучшение условий труда, обеспечение его безопасности. Без широкого применения средств автоматики и вычислительной техники здесь не обойтись.

## ЗАГЛЯНЕМ В ПРОШЛОЕ

### КОГДА РОДИЛИСЬ АВТОМАТЫ И ЧТО ОНИ ДЕЛАЛИ В ДЕТСТВЕ

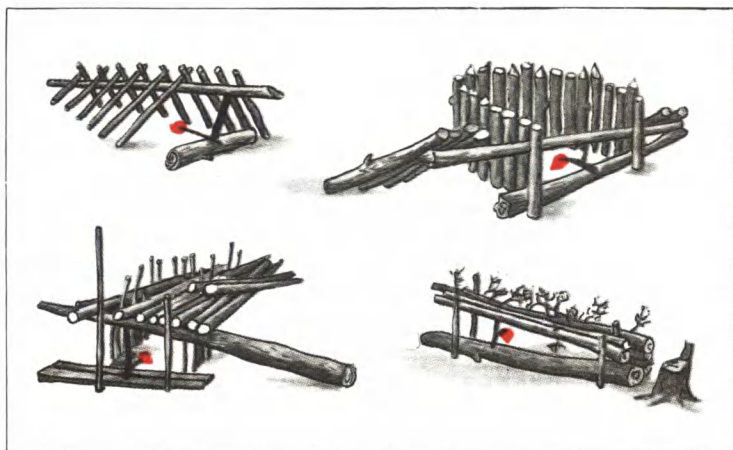
Прежде чем говорить о настоящем и будущем автоматике, давай-ка, читатель, заглянем в ее прошлое. Такой взгляд назад полезен при изучении любой области человеческой деятельности: он создает ощущение перспективы, позволяет полнее оценить сегодняшние достижения и, преисполнившись оптимизма, планировать работу на завтра.

Итак, вспомним, что автоматом мы называли устройство, выполняющее целесообразные действия без участия человека. Для выполнения этих действий нужен источник энергии. В простейших случаях подобным источником может быть поднятый груз или деформированное упругое тело, в более сложных — сжатый воздух или пар; можно также использовать тепловую или электрическую энергию.

Автоматы, использующие простейшие источники энергии, применялись человеком уже в глубокой древности. Наиболее ранними широко распространенными



*На этих наскальных рисунках изображены ловушки давящего типа, грузовые, в которых использовалась энергия падающего тела, иногда самого животного*

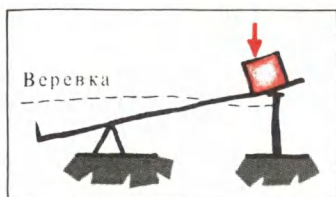


*Давящие ловушки. Подпорка является одновременно и пусковым механизмом, на котором располагается приманка. Теребя приманку, животное выдергивало подпорку; в результате рабочее тело падало и убивало его*

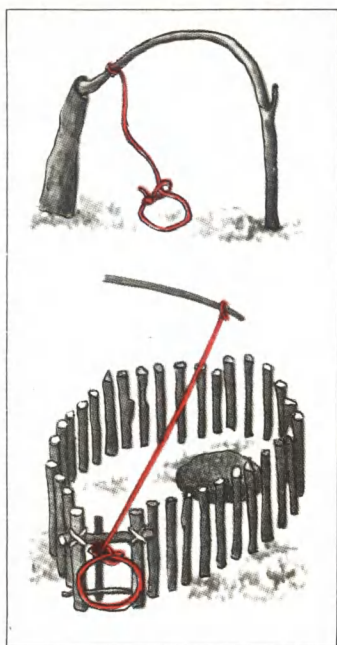
автоматами были ловушки на зверей. Сведения о таких ловушках — давящих — дошли до нас в наскальных рисунках, относящихся к ледниковому периоду. Давящие ловушки применялись и позже, причем рабочим телом чаще всего служили бревно или камень, поднятые на определенную высоту и удерживаемые с помощью подпорки или веревки.

Модификацией грузовой ловушки был колющий вариант. На одном конце шеста укреплялось острие, на другом — груз. Шест располагался наклонно на пне и удерживался в таком положении специальной насторожкой, от которой поперек тропы протягивалась веревка.

Кроме давящих и колющих применялись ловушки вздергивающего типа, где использовалась энергия согнутого ствола. Стоит подчеркнуть, что использование силы упругости — вообще одно из крупнейших достижений первобытного человека, оказавшее огромное влияние на развитие автоматизации. Впервые силу упругости человек применил при создании так называемых пружинных ловушек. Две короткие доски (плашки) вставлялись в расщепленное дерево и удерживались от захлопывания



*Ловушка колющего типа. Животное, прикоснувшись к веревке, выдергивает насторожку; острое под действием груза поднимается и поражает зверя*



*В первой из двух вздергивающих ловушек животное, непосредственно задевая петлю, освобождало конец упругой жерди и оказывалось подвешенным на ней. Несколько сложнее конструкция второй ловушки. Животное, стремясь к приманке, сбивает насторожку и тоже оказывается подвешенным над землей*

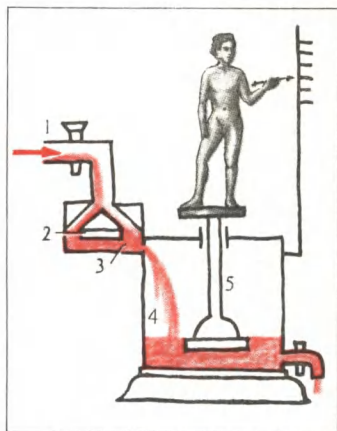
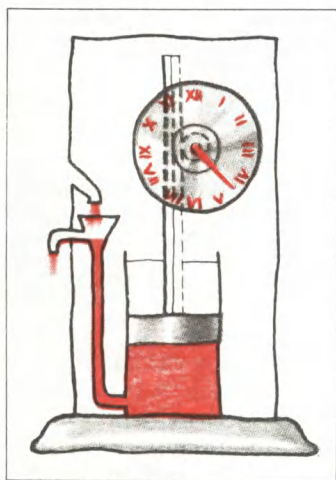
насторожкой, на которую надевалась приманка. Животное, теребя приманку, выбивало насторожку, плашки захлопывались и защемляли зверя, удерживая его силой упругости дерева. По тому же принципу устроен самострел, или черкан. Это лук, управляемый самим животным. Зверь, задев за веревку, протянутую поперек тропы, выдергивал насторожку. При этом освобождалась натянутая тетива лука и стрела выбрасывалась в цель.

Следующим широко распространенным автоматом стали часы. Сейчас даже трудно представить себе жизнь без часов (гиревых, пружинных, электронных), а ведь когда-то их не было. Первые часы — солнечные — нельзя

назвать автоматом в принятом нами смысле слова: они не производили действия, требующего источника энергии. Появившиеся затем песочные часы, горящие фитили с узелками и меченые свечи тоже нельзя считать автоматами.

А наиболее древними часами-автоматами были водяные часы, получившие распространение в Египте еще за 200 лет до н. э. Принцип работы этих часов прост. Вода, попадая в цилиндр, поднимает поршень, на штоке которого имеется зубчатая рейка, передающая движение на зубчатое колесо с жестко укрепленной на нем стрелкой. При вращении колеса стрелка, показывающая время, поворачивается относительно неподвижного циферблата. Постоянство подачи воды под поршень обеспечивается сливным отверстием в воронке.

Одним из самых замечательных создателей водяных автоматов был Ктесибий. живший около 140 года



*Египетские водяные часы (III век до н. э.) представляли собой довольно сложное для того времени устройство. Многие детали этих часов — цилиндр, поршень, шток, сцепленное с рейкой зубчатое колесо — составляют основу более поздних автоматов*

*В водяных часах Ктесибия был, наверное, впервые применен автоматический регулятор уровня воды. Принцип его действия и конструктивное решение используются и сегодня (например, для регулирования уровня бензина в камере автомобильного карбюратора)*

до н. э. в Александрии. Наиболее известным его творением являются водяные часы — клепсидра. Они приводились в действие водой, которая поступала через трубку 1, запиравшуюся краном. Затем вода попадала в малый сборник 3, откуда через нижнее калиброванное отверстие сливалась в большой сборник 4. Когда воды в малом сборнике оказывалось слишком много, поплавок 2 перекрывал подачу воды. Таким образом достигались постоянство уровня воды в сборнике 3 и, как следствие, строгая равномерность ее подачи в сборник 4. По мере заполнения последнего поднимался поплавок 5; на его вершине располагалась фигура мальчика, указывающего стрелкой на определенную цифру, обозначающую время.

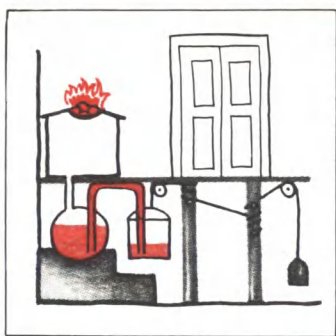
Своего рода энциклопедией сведений об автоматах древности являются работы ученика Ктесибия Герона старшего (Александрийского), жившего во II веке до н. э. Наибольший интерес представляет его трактат «Театр автоматов». В нем Герон пишет об устройствах, позволяющих регулировать скорость вытекания жидкости, упоминает о сообщающихся сосудах. Там же он описывает сифон — сосуд с водой и опущенной в него трубкой. Если наружный конец трубки расположить ниже уровня воды, а в трубке создать вакуум, то вода будет выливаться из сосуда. Используя именно этот принцип, «отсасывают» сегодня бензин из бака автомобиля, чтобы выручить коллегу-автомобилиста, застрявшего на дороге с пустым баком. По этому же принципу работают современные сифонные устройства автоматического дозирования агрессивных жидкостей в красильно-отделочных производствах текстильных предприятий, о чем речь впереди.

Однако вернемся во времена Герона. Автоматы, использующие энергию воды и сжатого воздуха, широко применялись в культовых целях. Ошеломленным верующим казалось, что происходит чудо, и это укрепляло их веру во всемогущество богов. А на самом деле все было, как любят говорить в настоящее время, делом техники, и только.

К такой технике, к примеру, относился пневмогидравлический автомат с двумя фигурами, стоящими по обе стороны алтаря и держащими в руках чаши. Фигуры стоят на пустотелом основании, внутри них проходят трубки, одним концом погруженные в воду. Алтарь тоже



*Пневмогидравлический автомат, предназначенный для культовых целей*



*Пневмогидравлический автомат для открывания дверей храма*

соединен трубкой с основанием. Когда на алтаре разжигается огонь, воздух внутри него нагревается, расширяется и давит на воду, залитую в основание; в результате вода поднимается по трубкам, проходящим внутри фигур, и заливает огонь.

Кстати сказать, по этому же принципу вытеснения жидкости сжатым воздухом работают в текстильной промышленности в настоящее время устройства автоматического транспортирования агрессивных жидкостей, называемые монжусами.

Более сложным было другое пневмогидравлическое устройство, позволявшее автоматически открывать двери храма, когда зажигался жертвенный огонь, и закрывать их, когда огонь погасал. Для этого под храмом устраивали подвал, над которым помещали полный алтарь, соединенный трубкой с полузаполненным водой шарообразным сосудом. В шар вставляли изогнутую трубку, одно из колен которой почти доходило до нижней точки шара, а другое было опущено в подвижный сосуд, подвешенный на цепочке. Цепочка проходит через направляющий ролик и навивается на оси створок дверей храма. На одну из осей навивается другая цепочка, к которой подвешен груз-противовес. Этот груз тяжелее ненаполненного подвижного сосуда, но в то же время легче наполненного.

Когда на алтаре зажигался огонь, воздух в нем расширялся и давил на воду в шарообразном сосуде. Вода

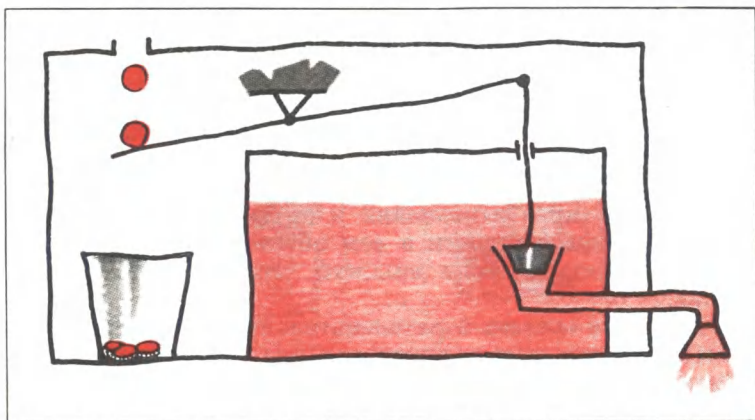
перетекала в подвижной сосуд, тот становился тяжелее противовеса и, опускаясь, открывал двери храма. Когда огонь на алтаре гас, находящийся в нем воздух сжимался и вода из подвижного сосуда перегонялась в шарообразный. Противовес оказывался тяжелее и, опускаясь, закрывал двери.

При создании этого автомата требовался точный расчет: ведь по мере заполнения и опускания подвижного сосуда уровень жидкости в нем обязательно должен все время оставаться выше нижнего среза неподвижной трубки.

Нельзя не сказать о развлекательных автоматах. Они «разыгрывали» целые представления, например драму «Навплий» в пяти актах. В этой драме рассказывается, как Паламед, сын Навплия, был побит камнями в Троянском лагере. За это Навплий потопил греческие корабли, устроив ложный маяк на острове Эвбеи. В первом акте перед зрителями появляются данайцы, которые строят корабль и подготавливают его к спуску в море. Здесь все фигуры движутся: одни «разговаривают», другие «плотничают», третьи «работают» молотком, четвертые «сверлят» большими и маленькими сверлами, и при этом все производят шум, соответствующий характеру их деятельности. Спустя некоторое время двери сцены закрываются, затем вновь открываются, и зрители видят новую картину. Корабль спущен на воду. Новая смена картины — и на сцене море. Появляется корабль, около него выпрыгивающие из воды дельфины. Но вот начинается шторм. Картина вновь меняется, и зрители видят то исчезающий корабль, то Навплия с поднятым факелом и богиню Афину, стоящую около него. На сцене вспыхивает огонь, освещая полузатонувший корабль и плывущего к берегу Аякса. Над сценой появляется богиня Афина с молниями в руке, гремит гром, молния поражает Аякса, и его фигура медленно исчезает в волнах.

В этом автомате использовался целый ряд интересных механизмов с зубчатыми колесами и шнурками, ставших прообразом современных кулачковых командоаппаратов, с помощью которых может обеспечиваться управление различными устройствами. Общим приводом служила своеобразная гирия, которая не висела, как обычно, а лежала на опилках и медленно перемещалась благодаря высыпанию опилок через щель. Важными





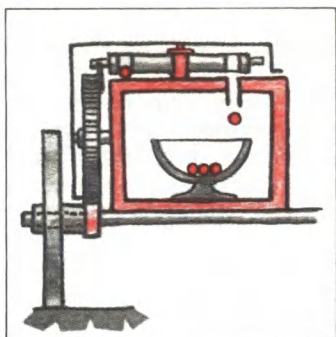
*Автомат для продажи «священной» воды был выдуман, по словам Герона, египетскими жрецами и сооружен александрийскими механиками*

элементами механизмов были специальные барабаны со сменными штифтами и остроумно закрепленными на них веревками. От положения этих сменных штифтов и веревок как раз и зависели время и характер выполняемых операций.

Прекрасный театр автоматов был создан в XVIII веке русским механиком-самоучкой Иваном Петровичем Кулибиным. Его театр помещен в «часах яичной фигуры», предназначенных в подарок Екатерине II и состоящих из 427 деталей. Каждый час в корпусе яйца распахивались дверцы и зрители видели движущиеся под музыку фигурки. Часы хранятся в ленинградском Эрмитаже.

Кроме культовых и развлекательных уже в древнейшие времена создавались автоматы для выполнения практических задач, прежде всего торговые. Так, интересен автомат, предназначенный для продажи «священной» воды. В верхней крышке ящика предусмотрена щель для опускания монет. Внутри ящика помещается сосуд со «священной» водой. В нижнюю часть сосуда вставлена трубка с воронкой и пробкой. Пробка соединяется с коромыслом весовой системы. При опускании в щель монета попадает на левое плечо коромысла и поворачивает его. В результате пробка поднимается, выда-

*Годометр, описанный Витрувием, по своей конструкции представляет типичный понижающий редуктор с большим коэффициентом передачи (полный оборот горизонтальной шестерни происходит за число оборотов колеса телеги, равное произведению числа зубьев вертикальной и горизонтальной шестерен)*



вая определенную порцию воды, после чего монета падает в специальный ящик (копилку).

Важное значение в развитии средств автоматизации имели приборы для отсчета расстояний — годометры. Один из вариантов годометра описан Витрувием в книге «Десять книг об архитектуре» (вторая половина I века до н. э.). Строго говоря, с помощью этого прибора измерялось не расстояние, а число оборотов колеса телеги.

В ступицу колеса был вделан штифт, поворачивающий вертикальную шестерню (при полном обороте колеса шестерня поворачивалась на один зуб). Вертикальная шестерня тоже имела штифт, поворачивающий горизонтальную шестерню с отверстиями, заряженными шариками (и здесь то же самое — при полном обороте вертикальной шестерни горизонтальная поворачивалась на один зуб).

При прохождении определенного расстояния и соответствующем повороте горизонтальной шестерни очередное отверстие с шариком оказывалось напротив отверстия в корпусе прибора, шарик падал в специальный металлический сосуд, причем пройденное расстояние можно было фиксировать по звуку падения шарика, а общий проделанный путь — подсчитывая число шариков в сосуде.

Кстати, подобный прибор Витрувий рекомендовал использовать и в мореплавании, для чего суда должны были снабжаться сбоку колесами с лопастями определенного размера.

Описанный принцип применялся в конструкциях раз-

личных счетчиков числа оборотов, в том числе механических арифмометров, которыми пользовались еще лет 15—20 назад.

В средние века начинает развиваться так называемая андроидная автоматика. Искусные механики создают автоматы, подражающие отдельным действиям человека. Выполнение действий, свойственных разумному существу, неодушевленным механизмом всегда поражало воображение людей. Чтобы усилить впечатление, изобретатели придавали автоматам внешнее сходство с человеком и поэтому именовали их андроидами, т. е. человекоподобными.

В XIII веке немецкий философ-схоласт и алхимик Альберт фон Больштедт построил «железного человека» — робота для открывания и закрывания дверей. Здесь не случайно употреблено слово «робот», ибо сегодняшние роботы, изумляющие даже ко всему привыкшего современного человека своими необычайными возможностями, восходят к прародителям — андроидам.

Французский механик Жан Вокансон (1709—1782) изготовил флейтиста — фигуру в рост человека, которая с помощью подвижных пальцев исполняла по программе 12 мелодий. Другой андроид Вокансона играл левой рукой на провансальской свирели, правой — на бубне и, кроме того, прищелкивал языком по обычаю провансальских свирельщиков. А еще Вокансон сделал утку, которую, правда, к андроидам не отнесешь, но уж очень она была совершенна: плавала, ныряла, клевала пищу и даже переваривала ее с помощью скрытых внутри химических.

В том же XVIII веке швейцарские часовщики Пьер-Жак Дро и его сын Анри создали механического писца, выводившего гусиным пером фразы на бумаге, механического художника, рисовавшего головки и фигурки людей, механическую пианистку, исполнявшую на фисгармонии музыкальную пьесу. Некоторые считают, что как раз от имени талантливого Анри Дро и произошло само слово «андроид», но это просто совпадение. В действительности корни слова в греческом языке.

А теперь, читатель, перенесемся для сравнения на 200 лет вперед, в 80-е годы XX века. На выставке «Экспо-85» в японском городе Цукуба демонстрировался робот-музыкант по имени «Вабот», внешне очень похожий на человека (рост 190 сантиметров, вес 80 килограмм-

мов), исполнявший на электрооргане самые различные произведения — от Баха до Битлз. Казалось бы, робот-внук очень похож на своих дедушек, однако... Роботы-дедушки работали по жестко заданной программе, а роботы-внуки сильно приблизились к человеку. Достаточно сказать, что робот-музыкант играет по нотам с листа.

Стоит добавить, что рядом с роботом-музыкантом можно было увидеть и робота-художника, который рисовал с натуры. В ресторане клиентов обслуживали официанты-роботы, а театр Фье показал пьесу с участием 12 актеров-роботов, и в антракте сцену подметал уборщик-робот, причем делал это очень аккуратно, не опрокидывая декораций. Наконец, демонстрировались робот, выполняющий функции собаки-поводыря для слепых, и роботы, изготавливающие других роботов.

Фантастика, да и только!

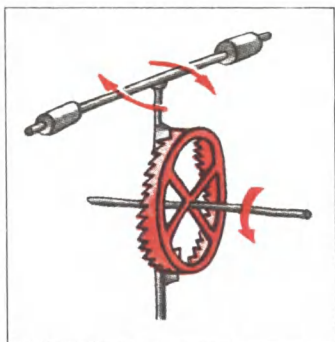
Немного отведав чудес XX века, вернемся все же к временам зарождения колесных (механических) часов и мельниц, явившихся материальной основой для перехода к машинной индустрии. Они интересны еще и потому, что вместе с ними возникли одни из наиболее ранних регуляторов — маятники для стабилизации хода часов и уравниватели хода мукомольных мельниц.

Довольно трудно определить, когда и где появились колесные часы. Есть сведения, что в Европу механические часы были завезены, очевидно, арабами.

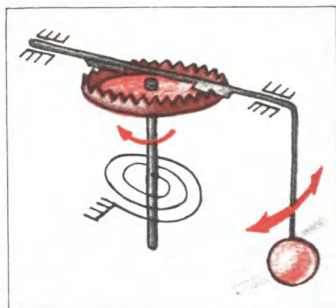
Хорошо известны колесные часы, относящиеся к XI веку, которые не показывали время стрелками, а «отбивали» его (звонили), т. е. действовали наподобие будильника.

Другие часы, приводимые в движение колесами и гирями (их Фридрих II получил в подарок из Египта в 1232 году), показывали как дневное, так и ночное время; кроме того, на них можно было видеть движение Солнца, Луны, различных планет и звезд.

В первых колесных часах для обеспечения равномерности хода применяли крылатку. Позже изобрели приспособление, называемое билянцем (баланс). На концах штанги помещены грузы. Сама штанга закреплена на вертикальной оси, с которой в свою очередь жестко связаны две лопатки. На последние поочередно воздействуют зубцы колеса (вращение которого надо стабилизировать), вызывая качательные движения штанги.



*Билинц. Грузы на штанге можно передвигать; при этом будет изменяться период колебаний штанги. Таким образом регулируется ход часов*



*Маятниковый регулятор хода часов. Это изобретение Христиана Гюйгенса сделано механические часы автоматом с обратной связью и сыграло огромную роль при создании более поздних автоматических устройств*

Другим средством стабилизации хода часов стал всем хорошо известный маятник. Часы с маятником стали изготавливаться после того, как Галилео Галилей (1564—1642) провел первые работы, касающиеся законов движения маятника. Оригинальную конструкцию часов с маятником изобрел в 1656 году нидерландский ученый Христиан Гюйгенс. Двумя годами позже он теоретически обосновал свое открытие в трактате «Маятниковые часы».

Конструктивно маятниковый регулятор хода весьма напоминает описанный выше билинц. Здесь тоже есть зубчатое колесо, поочередно сцепляющееся с лопатками, закрепленными на оси маятника под некоторым углом. Вращение зубчатого колеса побуждается пружиной и тормозится лопатками, связанными с маятником. Одновременно при контакте каждой из лопаток с зубцом колеса маятник получает через него небольшой толчок от действия силы завода пружины, побуждающий его продолжать качательные движения. Таким образом, колесо, подчиняясь такту качания маятника, само оказывает на него определенное воздействие.

Рассказ о часах можно было бы закончить констатацией того факта, что дальнейшее их развитие и совер-

шенствование повлияло на развитие техники в целом; детали, работающие в часах (шестерни, храповые механизмы, балансиры, рычаги и кулачки), широко использовались в самых различных машинах производственного назначения.

Но несправедливо будет не вспомнить еще об одном часовом автомате, который ты, читатель, наверное, видел в ленинградском Эрмитаже. Это часы «Павлин». Они были созданы английским механиком Коксом, куплены Потемкиным в конце XVIII века и отремонтированы И. П. Кулибиным.

Когда автомат работает, первой «оживает» сова, которая вместе с петухом составляет компанию павлину. Клетка начинает вращаться, звеня колокольчиками, сова вертит головой, хлопает глазами, одна из лап ее поднимается и опускается, как бы отбивая такт мелодии звона. Как только заканчиваются движения совы, начинает медленно распускать хвост павлин. Сверкнув золотом перьев, он быстро поворачивается, возвращаясь затем в прежнее положение, причем голова птицы делает движение, подобное поклону. А последним «пробуждается» петух, который хрипло кричит.

Механическая часть «Павлина» состоит из четырех пружинных часов, заводимых отдельно. Основной часовой механизм работает от обычного маятникового регулятора. Циферблатом служит шляпка гриба, на которой движутся два ряда цифр. Часы имеют двухнедельный завод для хода и боя. Семь маленьких колокольчиков отбивают мелодию четвертей часа, а большой колокол — часы.

Специальный кулачковый механизм раз в час нажимает пусковой рычаг, включая часовой механизм совы с регулятором-ветряком. Отсюда через вертикальный вал, который проходит через балку под клеткой, и ряд шестерен и рычагов приводится в движение клетка совы, несущая на себе молоточки, которые в определенной последовательности ударяют по колокольчикам, обегая неподвижный барабан со штифтами.

После минутной работы этого механизма автоматически включается часовой механизм павлина, с помощью которого осуществляются движение головы павлина, подъем и распускание его хвоста. При обратном повороте механизма автоматически включается часовой механизм петуха. Посредством качающегося рычага он обес-

печивает движение головы петуха и сжатие мехов, благодаря которым петух «кричит».

Мне самому, признаться, не довелось видеть «Павлина» в действии, но механизм работает до сих пор, хотя включают его довольно редко.

## АВТОМАТЫ НАЧИНАЮТ ТРУДИТЬСЯ

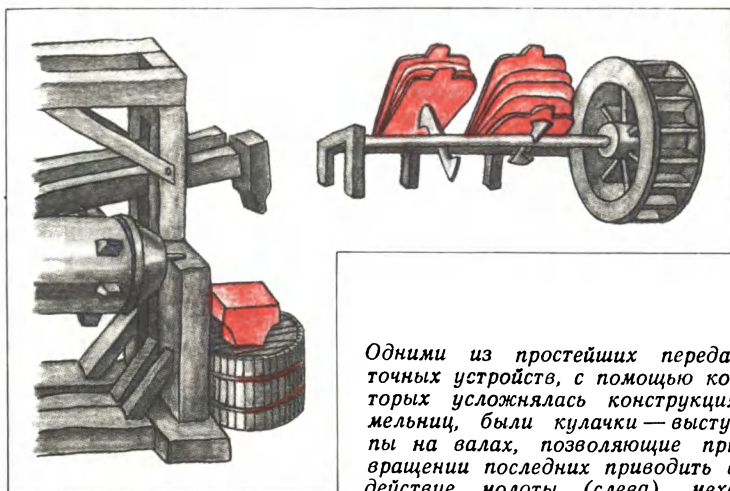
Поговорим теперь о мельницах. В них, ставших первыми автоматизированными устройствами промышленного назначения, просматриваются все основные органы промышленного станка: первичный двигатель, передаточный механизм и рабочие органы, захватывающие материал. Именно мельницы побудили ученых разработать учение о трении, заняться исследованиями в области теории зубчатых передач. Именно мельницы стали «полигоном» для создания и опробования различных средств автоматизации: автоматических устройств для просеивания муки, приведения в действие горновых мехов, подачи пиломатериалов и т. д.

Первые мельницы были водяными, они пришли в Европу из Малой Азии и получили распространение в качестве двигателей во всех видах производства. Известно, что в Европе эти мельницы использовались уже во времена Витрувия.

В XI—XII веках в Европе создаются ветряные мельницы. Среди рисунков Леонардо да Винчи (1452—1519) есть эскиз ветряной мельницы, способной автоматически поворачиваться по ветру. Ветряки широко использовались в промышленности, они применялись в лесопильном, бумажном, маслобойном и других производствах. В 1697 году на одной из лесопильных ветряных мельниц работал Петр I.

Мельницы, зародившиеся как устройства для помола зерна, уже в XIV веке приобретают «универсальный» характер. Под мельницей стали понимать любую мануфактуру, использующую водяной или ветряной двигатель.

Поначалу устройство мельничных машин было достаточно элементарным (рабочий инструмент связывался непосредственно с колесом). Так работали мукомольные и сверлильные мельницы. Постепенно их конструкция



*Одними из простейших передаточных устройств, с помощью которых усложнялась конструкция мельниц, были кулачки — выступы на валах, позволяющие при вращении последних приводить в действие молоты (слева), меха (справа), а также некоторые другие рабочие органы*

усложняется, вводятся различные передаточные механизмы, преобразующие, например, вращательное движение в поступательное. Изобретение для этих целей кулачков имело большое значение в развитии средств автоматизации. Они и по сей день используются в качестве программных устройств, обеспечивающих срабатывание различных механизмов в заданное время и в определенной последовательности.

Большой интерес с точки зрения последующей разработки теории автоматического регулирования представляет устройство для мукомольных мельниц, предложенное в 1588 году военным инженером Агостино Рамелли. Это сотрясательный механизм, приводивший в движение лоток (потрясок), по которому на жернов подавалось зерно. Схема механизма чрезвычайно проста, а эффект поразительный. Подача зерна осуществляется тем интенсивнее, чем быстрее вращается вал. Увеличение количества зерна на жернове замедляет его вращение, а следовательно, уменьшается подача зерна. Таким образом достигается обратная связь между подачей зерна и скоростью вращения жернова. Сотрясательный механизм Рамелли, по существу, обеспечивал автоматическое ре-





*В сотрясательном механизме Рамелли движение потряску передается от оси жернова через граненую муфту*

гулирование равномерности помола: чем быстрее вращался жернов, тем интенсивнее подавалось зерно из потряска, что замедляло вращение жернова; наоборот, чем медленнее вращался жернов, тем меньше подавалось зерна и вращение жернова ускорялось. В результате устанавливался некоторый стабильный, равномерный режим процесса помола.

Вспомним, что первый раз понятие «обратная связь» мы использовали в разговоре о маятниковых часах Гюйгенса. К этому понятию будем обращаться неоднократно и впредь.

Поль Косса в своей книге «Кибернетика» пишет о потряске Рамелли: «Мы до некоторой степени настаиваем на этом механизме, так как двумя столетиями раньше изобретения парового регулятора Уатта (1770 год) и лучшим образом, чем этот последний, а также тремя столетиями раньше публикации теории Максвелла о сервомеханизме потрясок служит превосходным примером тех «рефлекторных регуляций, о которых теперь говорят, что они осуществляются посредством обратной связи»... Поразительно, что безвестный изобретатель потряска некогда — по какой-то интуиции гениального ремесленника? — нашел тот самый механизм обратной связи, который управляет нашими нервными и эндокринными регуляциями. Великолепно, что человек, продолжив ловкость своей руки с помощью орудия, силу своей руки с помощью машины, сумел даже продолжить с помощью новых машин и эффективность своего ума».

Надо вкратце сказать еще об одном изобретении, родившемся при совершенствовании мельниц — о маховом колесе. Его рождение обусловлено стремлением обеспечить равномерность работы механизма при неравномерном характере исходной движущей силы (порывов ветра или падения воды на лопасти колеса). Маховик как бы запасает энергию во время максимального действия движущей силы и отдает ее механизму при спадах этой

силы. Возникший на мельнице, маховик впоследствии сыграл важную роль в развитии промышленности и транспорта.

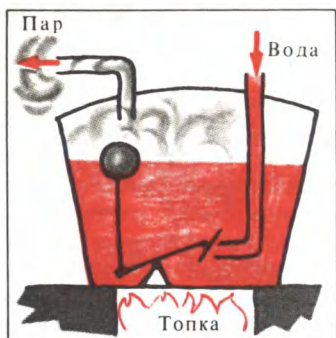
Обратим теперь наше внимание на ту часть машины, которая называется рабочим органом. Это та часть, которая непосредственно воздействует на объект труда. Именно она в процессе автоматизации заменила человеческую руку, державшую инструмент. И именно она стала исходным пунктом в промышленной революции, приведшей к созданию крупной индустрии. Предпосылки этому были заложены мануфактурным производством. Мануфактура, доведя до высшей степени разделение труда внутри мастерской, упростила многие операции до таких простых движений, что стала возможной замена руки рабочего машиной.

В свою очередь возможность поручить многие виды работ машине вызвала необходимость совершенствования другой ее части — двигателя. Потребовалось создать двигатель более универсальный, чем водяной или ветряной, чтобы его можно было использовать в городах, вдали от рек, не связываясь со строительством громоздких ветряков, эффективность которых к тому же зависела от капризов погоды.

Таким двигателем стала паровая машина.

Использовать силовое действие пара умели уже в древности. Примерно в 120 году до н. э. Герон Александрийский описал свой шар эола, вращающийся под действием двух выходящих из него струй пара. В 1663 году маркиз Ворчестер сделал игрушку с «чудесным паровым двигателем», что позволяет англичанам спорить о приоритете в этом открытии. Спор этот весьма комичен, поскольку сами англичане выдали патент на паровой двигатель лишь 35 лет спустя, и не маркизу вовсе, а капитану Томасу Сэвери, который сделал паровую машину почти одновременно со своим соотечественником — кузнецом Томасом Ньюкоменом. Машина кузнеца, хотя и была громоздка, имела неравномерный ход и потребляла слишком много энергии, но все-таки считалась совершеннее машины Сэвери и работала на шахтах и в рудниках.

Французы не без оснований приписывают честь изобретения паровой машины своим соотечественникам Соломону де Ко и Дени Папену (последний, кстати сказать, изобрел известную нам кастрюлю-скороварку), а

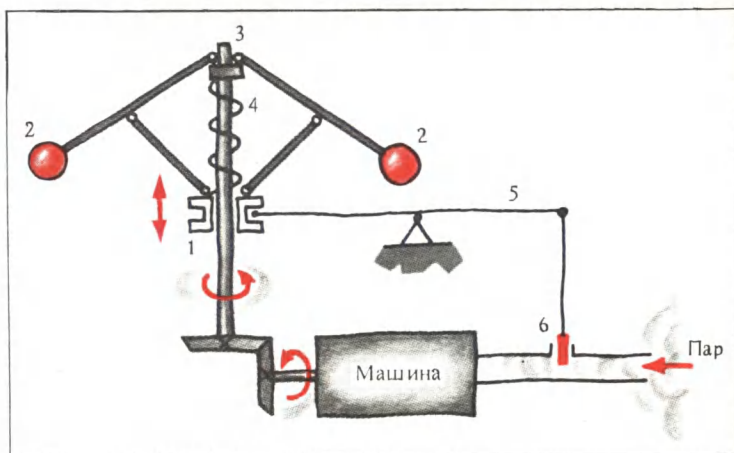


*Конструкция поплавкового регулятора Ползунова дошла до наших дней в первоизданном виде и работает на нас безотказно. Читатель, наверное, уже догадался, что речь идет о регуляторе уровня воды в сливном баке. Этим, разумеется, область применения поплавкового регулятора не ограничивается*

немцы отстаивают приоритет магдебургского бургомистра Герике.

Очевидно, наиболее совершенная для своего времени машина была разработана русским теплотехником Иваном Ивановичем Ползуновым (1729—1766). Для заводских нужд, однако, она проработала лишь около двух месяцев, а затем из-за течи в котле была остановлена; через несколько лет ее сломали. И все же она вошла в историю вместе с изобретенным И. И. Ползуновым в 1765 году автоматическим регулятором уровня воды в котле. Регулятор представлял собой поплавок, связанный через рычаг с заслонкой, изменявшей подачу воды в котел. При увеличении уровня воды в котле поплавок поднимался и прикрывал заслонку, уменьшая подачу воды, и наоборот.

Универсальный паровой двигатель, впоследствии широко используемый в промышленности, создал англичанин Джеймс Уатт (1736—1819). Все началось с того, что в 1763 году профессор Андерсон из Глазго поручил Уатту отремонтировать модель паровой машины Ньюкомена. Уатт приступил к делу без особого энтузиазма. Но, взясь с моделью и столкнувшись с рядом трудностей, он задумался над их природой и вскоре понял, что виной всему не сама модель, а принципы, по которым она построена. Его осенило, что пар, отработавший под поршнем, надо выпустить в другой сосуд, где можно будет его конденсировать, не охлаждая цилиндра, как это делалось раньше. В 1769 году он получил патент на «способы уменьшения потребления пара и вследствие этого — топлива в огневых машинах».



*Центробежный регулятор Уатта. Как и поплавковый регулятор Ползунова, этот регулятор работает с использованием принципа обратной связи*

К середине 80-х годов Джеймс Уатт окончательно разрабатывает конструкцию машины двойного действия, где пар попеременно действует то на одну, то на другую сторону поршня, попадая в разные полости цилиндра с помощью золотника. Для преобразования поступательного движения поршня во вращательное вала он изобрел механизм, названный позднее параллелограммом Уатта, а для выравнивания вращения вала применил маховое колесо.

Очень интересным устройством, изобретенным Уаттом и сохранившим свое значение до наших дней, является центробежный регулятор скорости вращения выходного вала машины.

Два шара 2 регулятора соединены рычажной системой с валом 3 и подвижной втулкой 1, способной перемещаться вдоль вала. При возрастании скорости вращения вала шары под действием центробежной силы расходятся, преодолевая сопротивление пружины 4. При этом втулка поднимается и через рычаг 5 опускает заслонку 6, уменьшая подачу пара в машину. Если скорость вала 3 уменьшается, то эффект оказывается обратным.

В начале XIX века, когда паровая машина все еще оставалась единственным универсальным двигателем, готовится выйти на сцену принципиально новый двигатель — электрический.

Паровую машину делали на глазок, по наитию. И Уатта, и Ползунова отнюдь нельзя было назвать знатоками теории, да и теории еще не было: термодинамика, если можно так выразиться, была младшей сестрой парового двигателя. Она объяснила, что, зачем и почему в готовой, давно работающей машине.

Иная картина в электричестве. В начале 20-х годов XIX века наука и практика подтвердили закономерности взаимного превращения различных форм энергии, в частности химической — в электрическую, электрической — в механическую. Великие ученые Луиджи Гальвани, Алессандро Вольты, Андре Мари Ампер, Майкл Фарадей, Джеймс Клерк Максвелл понимали: электричество и магнетизм должны работать — крутить, вертеть, толкать. Должны, но как? Они не могли освободиться от гипноза поршня, все первые «магнитные» машины строились против своей природы — возвратно-поступательными. Первым, кто «забыл» о поршне, стал Якоби.

Мориц Герман Якоби (1801—1874) родился, вырос, учился и начал работать в Германии. Но потом переехал в Россию, принял русское подданство и считал Россию «вторым отечеством, будучи связан с ней не только долгом подданности и тесными узами семьи, но и личными чувствами гражданина». У него был ясный, деятельный, реалистический ум. Все известные ему достижения науки он стремился воплотить в практику, слова — в цифры, формулы — в схемы, все отвлеченное он старался облечь в крутящееся, вертящееся.

Якоби стал первым, кто построил (1834 год) электрическую машину по принципу вращения и теоретически это вращение обосновал. О своем «магнитном аппарате» он 1 декабря рассказал на заседании Академии наук в Петербурге, а уже 3 декабря был опубликован его труд «Применение электромагнетизма для приведения в движение машины».

С помощью двигателя Якоби можно было поднимать груз весом 12 фунтов (4,8 килограмма) на высоту один фут (примерно 30 сантиметров) за одну секунду, т. е. мощность его была примерно 15 ватт. Питался двигатель от гальванической батареи, и до конца дней своих

Якоби оставался привязан к этому источнику питания, хотя и понимал ограниченность его возможностей.

Кстати, не один Якоби, все в его время делали ставку на гальванические батареи, и никто не мог понять, что нужен генератор, что двигатель и генератор — близнецы, даже сиамские близнецы, которым не жить друг без друга. Якоби не осознал, что, сконструировав свою машину, он уже создал, по существу, столь необходимый ему источник тока.

А официально электрический генератор изобрел в 1869 году Зеноб Теофил Грамм. В начале 70-х годов стал известен принцип обратимости электрических машин, и машина Грамма после Венской международной выставки 1873 года часто использовалась как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

Электродвигатель стал быстро вытеснять паровую машину, так как был более экономичным, малых габаритных размеров и позволял отказаться от громоздких шкиворемненных трансмиссий. Кроме того, он обеспечивал хорошие возможности для автоматизации (включения, отключения, изменения направления и пр.).

Применение электричества дало мощный толчок развитию автоматики. Открылись совершенно новые перспективы формирования команд и сигналов, управляющих машинами и дающих информацию об их состоянии. Выбрав себе в друзья электричество, автоматика устремилась вперед гигантскими шагами...

Подшло время остановиться на одной из специфических областей автоматики — робототехнике. Собственно, мы уже вторгались в эту область, когда речь шла об андроидах автоматах XVIII века, но затем «перепрыгнули» через века — на выставку «Экспо-85».

Вообще легенды об искусственном человеке появились задолго до возникновения термина «робот» и даже до создания первых андроидов. Уже в «Илиаде» Гомера (IX—VIII века до н. э.) есть такие строки:

...Навстречу ему золотые служанки вмиг подбегали,  
Подобные девам живым, у которых  
Разум в груди заключен, и голос, и сила,  
Которых самым различным трудам обучали  
Бессмертные боги...

Только через двадцать шесть веков эти роботы-служанки превратились в реальных роботов-официантов на выставке «Экспо-85».

Термин «робот» применительно к автоматам, воспроизводящим движения или особенности внешнего поведения живых существ, впервые ввел чешский писатель Карел Чапек в пьесе «РУР» (Россумские Универсальные Роботы). Словом «робот» он обозначал механических людей, созданных для замены рабочих. Поначалу у него было заготовлено другое слово — лаборы (от латинского «laborare» — работать), но оно показалось ему чересчур вычурным, и тогда брат Карела Йозеф предложил: «Ну так назови их роботами...» Слово «робот» образовано от чешского слова «rabota» (барщина, тяжелый, каторжный труд). Значит, робот — это рабочий, труженик, помощник человека. Один из героев пьесы «РУР» говорит: «Роботы — это не люди, ... они механически совершеннее нас, они обладают невероятно сильным интеллектом, но у них нет души».

Мы и сейчас называем роботами автоматы, применяемые на производстве с целью замены человека в условиях тяжелого или опасного технологического процесса. Такие промышленные роботы появились в 60-х годах нашего века. В большинстве своем они действуют по жесткой программе, хотя и легко перенастраиваемой. В последнее время все активнее создаются роботы, обладающие искусственным интеллектом, реализуемым, как уже отмечалось выше, с помощью ЭВМ.

В тех же 60-х годах делались попытки совмещения механических манипуляторов с ЭВМ. В 1962 году американский ученый Г. Эрнст соединил ЭВМ с манипулятором в виде человеческой руки. На кисти руки были установлены тактильные датчики и фотодатчики, обеспечивающие руке «осознание» и «зрение». Программы управления были еще несовершенны; наиболее сложная из них сводилась к тому, что рука перемещалась вдоль поверхности стола и, натолкнувшись на предмет, брала его и сбрасывала в бункер.

Более сложное устройство было построено в Массачусетском технологическом институте. Робот представлял собой сочетание телевизионной камеры с манипулятором (система глаз — рука). Он мог поймать мяч, брошенный в его направлении. Другая система глаз — рука, разработанная в Стэнфордском университете в начале 70-х годов, уже могла самостоятельно собрать водяной насос из деталей, расположенных в беспорядке на рабочем столе.

Японская фирма «Хитачи» разработала систему, способную создать узел по чертежу: машина изучает проекции узла на чертеже, составляет план сборки и выполняет ее.

Совершенствуются и системы автономного перемещения роботов. В начале 70-х годов в Стэнфордском университете был создан робот, снабженный телевизионной камерой-глазом. Он мог обходить различные препятствия на своем пути, проходить лабиринты.

Как ты уже, наверное, понял, читатель, создание интеллектуальных роботов (понятие «интеллектуальный» оставим для человека) связано с необходимостью решения целого ряда проблем: надо обеспечить роботу способность помнить и обучаться, видеть, слышать и осязать, читать чертежи и тексты, понимать человеческую речь. И все это они уже умеют (правда, с разной степенью совершенства), могут даже говорить, писать музыку и сочинять стихи, играть в шашки и шахматы.

В чем-то возможности роботов превосходят человеческие: они в состоянии реагировать на ультразвук и инфракрасные лучи, действовать в условиях высокой радиации, больших давлений на морских глубинах, в космическом вакууме, при высоких и низких температурах, в загазованных шахтах — одним словом, везде, где невозможно пребывание человека. Они могут без усталости долго, ритмично и надежно совершать монотонные, утомительные для нас, тяжелые и неприятные операции.

Человек нашел в работе прекрасного помощника. Можно было бы даже сказать, что нашел друга, но ведь дружба предполагает духовную близость, душевную привязанность, любовь, а эти чувства присущи только человеку.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА РАНЬШЕ И ТЕПЕРЬ

Еще великий Пифагор, живший в VI веке до н. э., сказал: «Число есть сущность всех вещей».

В далеком прошлом человечество ввело в обиход два важнейших понятия — «единица» и «много». Этим был сделан первый шаг в осознании сути количества. И только спустя много веков человек начал отчетливо представлять, что количество — это совокупность единиц. В роли количественных эквивалентов сообразительные люди стали использовать камешки, ракушки, зарубки на



дереве, а чаще всего свои пальцы. Много позже появились специальные приспособления для счета.

В России, например, велся «счет костями» (пенязи); пользовались также «досчатым счетом» — устройством, представляющим собой бечевки с нанизанными на них костяшками или дощечками. Кстати сказать, это устройство практически в неизменном виде сохранилось до наших дней и, как ни странно, применяется еще довольно широко, невзирая на электронику и кибернетику. Речь идет о счетах.

Еще более похожи на сегодняшние древние японские счеты. Они состояли из костяшек, нанизанных на вставленные в рамку стержни, разделенные с помощью внутренней планки на две части. В верхней части, «на небе», на каждом стержне располагалось по одной костяшке, означающей пять единиц. В нижней части, «на земле», на каждый стержень нанизывалось по пять костяшек, каждая из которых соответствовала единице. При нулевом положении костяшки находятся у наружной рамки, а число изображается костяшками, перемещенными к внутренней планке.

Появление этих и других счетных устройств было вызвано многочисленными торговыми операциями, требовавшими учета земельных угодий, скота, рабов и т. п. Кроме того, возникла необходимость длительного хранения в памяти количественных оценок, а для этого камешки и тем более пальцы не годились. Не годились и счеты, так как их пришлось бы иметь слишком много. Нужны были символы — словесные (звуковые) и графические, с помощью которых можно было бы, например, обозначить число животных в стаде, число дней и т. д. В Вавилоне, Египте, а затем и в Греции появились системы для обозначения чисел (клинописные знаки, иероглифы и пр.). А затем начинают вырисовываться понятия целого и дробного чисел, начинают создаваться правила выполнения операций над числами — правила вычислений. Однако способы записи чисел (системы счисления) были настолько несовершенны, что вычисления оказывались под силу только самым сообразительным людям.

Монах Беда Достопочтенный в трактате, посвященном представлению на пальцах чисел вплоть до миллиона и способам счета на пальцах, писал: «В мире есть много трудных вещей, но нет ничего труднее, чем четыре

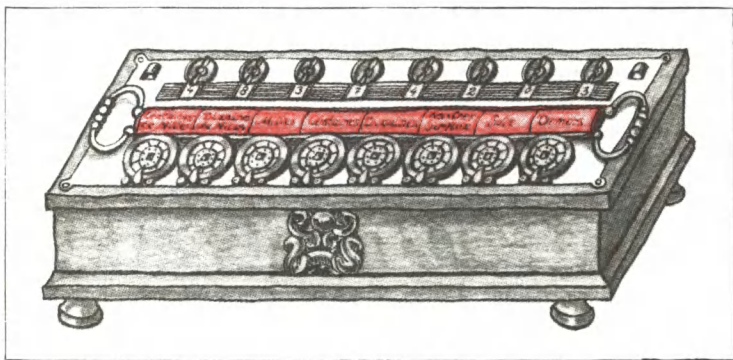
действия арифметики». Наверное, с ним согласятся и некоторые сегодняшние школьники, хотя считают они в основном не на пальцах.

И все же считать было нужно. Возникает необходимость в создании устройства, позволяющего, говоря современным языком, автоматизировать процесс счета.

Проблема сильно упростилась, когда в V—VII веках в Индии была создана десятичная система счисления и введен знак «ноль». Индийская арифметика оказала решающее влияние на развитие знаний у арабов. В IX веке Мухаммед аль-Хорезми написал трактат по арифметике, чем способствовал распространению индийской десятичной формы записи чисел, называемых ныне арабскими. В трактате были описаны способы сложения, вычитания, умножения, деления и извлечения корня. Их, по имени автора трактата аль-Хорезми, называли *алгоритмами*. Сегодня это понятие, к которому мы еще вернемся, имеет более широкий смысл.

Многие люди освоили десятичную систему счисления, научились складывать числа, вычитать их, умножать и делить. Десятичная система оказалась благодатным материалом для автоматизации процесса счета.

Первую счетную машину изобрел 18-летний французский ученый-математик Блез Паскаль (1623—1662). Предварительно он построил 50 моделей, и каждая последующая была совершеннее предыдущей. Машина



*Счетная машина Паскаля — «бабушка» современных вычислительных машин. Этот не слишком уж сложный механизм позволил преодолеть трудности, перед которыми склонял голову Беда Дistinguished*

Паскаля, которая получила большую известность во многих странах, могла складывать числа, вычитать, умножать и делить. Она выполняла эти действия с помощью колес, которые при добавлении единицы поворачивались на  $36^\circ$  и приводили в движение следующее по старшинству колесо всякий раз, когда цифра 9 должна была перейти в значение 10. При этом на младшем колесе появлялся 0, а на старшем цифра увеличивалась на единицу. Колеса со штифтами стали служить человеку в качестве средства механизации выполнения элементарных операций над числами.

Справедливости ради надо сказать, что еще задолго до Паскаля машину, выполняющую счетные операции, изображал в эскизах Леонардо да Винчи. Но суммирующая машина была сделана по его эскизам лишь в наши дни, и она продемонстрировала свою работоспособность.

Наладить во времена Паскаля массовое производство счетных машин было невозможно. Вслед за ним Морлэнд, К. Перро, Г. Лейбниц, Х. Перейра, Е. Якобсон и многие другие предлагали оригинальные машины для счета, которые были, однако, изготовлены в единичных экземплярах. Работали они с числами, были ненадежны (слишком сложны для того времени их механизмы и слишком примитивны станки, на которых они изготовлялись). Упомянутые счетные машины могли автоматически выполнять только отдельные действия над числами, но не могли хранить промежуточные результаты и, следовательно, выполнять последовательности действий. Результаты вычислений приходилось записывать, а затем в нужный момент опять вводить в машину. Это являлось серьезным препятствием для выполнения сложных расчетов, например в области астрономии, мореплавания, баллистики.

В 1819 году Ч. Бэббедж (1792—1871) приступил к изготовлению машины для расчета астрономических и морских таблиц. Он разработал способ автоматизации вычислений с помощью механизмов, позволявших хранить необходимые промежуточные значения и использовать их в нужный момент. Машину предлагалось оснастить печатающим устройством, переносившим полученные результаты на медные пластинки, которые в дальнейшем могли использоваться для получения нужного количества оттисков. Из-за финансовых трудностей проект создания этой машины не был завершен.

В 1834 году Бэббедж задумал создать новую универсальную вычислительную машину с программным управлением, пригодную для решения любых вычислительных задач и названную им аналитической. Она должна была иметь память («склад» емкостью в 1000 чисел) и арифметическое устройство («мельницу») для выполнения основных арифметических операций. Для регулирования порядка выполнения операций должны были использоваться перфокарты, на которые наносились пробивки, управляющие «мельницей» и средствами переноса чисел из «склада» в «мельницу» и обратно. Перфокарты предполагалось перемещать автоматически, причем не только вперед, но и назад, за счет чего часть программы могла быть пропущена при появлении, например, положительного результата и соответственно повторена уже выполненная последовательность действий. Тем самым достигалась гибкость в использовании программы.

Эта машина, хотя и она не была построена, явилась прообразом современных универсальных ЭВМ общего назначения. Идеи Бэббеджа были реализованы в 1944 году американским физиком Г. Айкеном, под руководством которого была создана вычислительная машина «Марк-1» с автоматическим управлением последовательностью операций. Машина «Марк-1» была в основном механической и имела малое быстродействие: операции сложения и вычитания выполнялись примерно за 0,3 секунды, умножения — за 5,7, деления за 15,3 секунды.

К 1947 году под руководством того же Айкена была создана более мощная машина «Марк-2». В этой машине для хранения чисел и выполнения операций над ними использовалось 16 000 электромеханических реле. Десятичные цифры представлялись в двоичном коде (о двоичном счислении мы подробнее поговорим позже). Быстродействие ее было заметно выше: сложение и вычитание производились за 0,125, а умножение — за 0,25 секунды.

Релейные машины сыграли немалую роль в развитии вычислительной техники. Вместе с тем к началу 40-х годов в счетных целях начали применяться электронные лампы. Под руководством американского ученого Дж. Моучли в 1946 году была закончена разработка электронной машины «ЭНИАК» для баллистических расчетов. В этой машине использовалось 18 000 электронных ламп и 1500 реле. Благодаря применению элект-

ронных ламп резко повысилось быстродействие машины: она выполняла за секунду 5000 операций сложения и примерно 360 операций умножения.

Революционные идеи в области совершенствования автоматических вычислительных машин были высказаны американским математиком Джоном фон Нейманом; в частности, он предложил размещать программу вычислений внутри машины — в ее памяти. В соответствии с намеченными принципами в 1945 году началась разработка ЭВМ «ЭДВАК», закончившаяся в 1950 году. Практически в то же время — в 1949 году — в Англии была введена в эксплуатацию первая в мире ЭВМ «ЭДСАК» с хранимой в памяти программой, созданная под руководством М. Уилкса.

Вычислительные машины «ЭДВАК» и «ЭДСАК» стали прообразами современных ЭВМ и положили начало *первому поколению ЭВМ* — поколению ламповых машин (это примерно период с 1945 по 1960 год).

В нашей стране первые ЭВМ создавались под руководством академика С. А. Лебедева (1902—1974). В Киеве в начале 50-х годов создается малая электронная счетная машина «МЭСМ», а в Москве в 1952 году быстродействующая электронная счетная машина «БЭСМ», выполнявшая 8000 операций в секунду (в то время самая быстродействующая машина в мире). Через год — и снова в Москве — появляется ЭВМ «М-20» с быстродействием около 20 тыс. операций в секунду.

В начале 60-х годов в Минске под руководством В. В. Пржиялковского разработана серия ЭВМ: сначала ламповая машина «Минск-1», а затем полупроводниковые машины «Минск-2», «Минск-22», «Минск-32», получившие широкое признание и в нашей стране, и за рубежом.

Выход на сцену полупроводниковых машин ознаменовал начало нового этапа в развитии вычислительной техники — этапа ЭВМ *второго поколения* (1960—1968). Существенно увеличались объем памяти машин, их надежность и быстродействие. Как следствие, расширилась сфера применения ЭВМ, а это в свою очередь потребовало разработки нового подхода к созданию средств вычислительной техники, который позволил бы сократить номенклатуру ЭВМ. К концу 60-х годов стало ясно, что для обработки данных и управления надо создавать модели разной производительности, но одинаковые по сво-

ей организации, что позволило бы использовать запас программ, написанных для машин одной модели, на машинах других моделей, а также организовывать взаимодействие между машинами, собирая их в большие системы (так называемые сети). Именно в это время приступают к изготовлению машин на базе не простейших полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов), а средних и больших интегральных схем (к ним мы еще вернемся).

Принцип программной совместимости и разработки технологии интегральных схем положили начало *третьему поколению ЭВМ* (с 1968 года).

Создание семейства ЭВМ третьего поколения потребовало объединения усилий многих отраслей промышленности и сделало желательным участие в совместной программе многих стран. В 1969 году странами — членами СЭВ было подписано межправительственное соглашение о сотрудничестве социалистических стран в области вычислительной техники. Этим было положено начало реализации крупнейшего проекта разработки и внедрения современных средств вычислительной техники в народное хозяйство социалистических стран. Совместная работа специалистов Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Чехословакии и СССР позволила наладить серийное производство Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ).

В 1974 году страны — члены СЭВ, а также Куба и Румыния объединили свои усилия в области создания семейства малых ЭВМ (СМ ЭВМ), называемых также мини-ЭВМ и предназначенных для использования в информационно-измерительных и управляющих системах. А с 1976 года в нашей стране стало бурно развиваться производство совсем малых ЭВМ — микроЭВМ, пригодных для непосредственного встраивания в технологическое оборудование (в частности, в роботы) и предназначенных для управления этим оборудованием. Кроме того, эти машины благодаря малым габаритным размерам и относительной дешевизне могут применяться в качестве персональных компьютеров.

О персональном компьютере сейчас очень много говорят и пишут. Недалеко то время, когда он войдет в каждый дом, помогая нам планировать расходы, управлять различной бытовой техникой, в наше отсутствие вести телефонные разговоры, записывать интересные телевизионные и радиопередачи, выполнять школьные

домашние задания и даже проводить научные исследования в свободное от работы время.

Вскоре у человека будет одним помощником больше. Сколько их было за всю историю человечества! Собака, лошадь, книга... Теперь вот появился персональный компьютер.

Современные компьютеры по сравнению со своими «предками» в 300 тыс. раз меньше по размерам (при тех же вычислительных возможностях), но работают в 10 тыс. раз быстрее; при этом они более надежны, а энергии потребляют значительно меньше. И что очень важно, нынешние компьютеры стали сравнительно дешевыми. Так, в расчете на одну условную единицу производимых операций их цена за последнюю четверть века снизилась в 100 тыс. раз.

Английский ученый К. Эванс подсчитал, что если бы, например, автомобилестроение развивалось так же, как микроэлектроника, то современный «Роллс-ройс» стоил бы всего 1,35 фунта стерлингов, причем ему бы хватило четырех с половиной литров бензина на дорогу в 3 млн миль. Наконец, дюжина таких автомашин могла бы разместиться... на булавочной головке.

В подтверждение слов Эванса давай-ка, читатель, посмотрим, как за последние 25 лет изменились характеристики полупроводниковых элементов, на которых базируются современные ЭВМ.

Прежде всего надо сказать, что одним из основных таких элементов является транзистор, или полупроводниковый триод. Надеюсь, ты знаешь, что это такое. В электронных схемах транзистор комбинируется с другими элементами: диодами, резисторами, конденсаторами. Начиная с 1961 года в СССР начали выпускаться так называемые интегральные схемы, в которых совокупность указанных элементов и нужных соединений между ними создается по специальной технологии в одном полупроводниковом кристалле. При этом резко уменьшаются стоимость элементов и их габаритные размеры, повышается надежность схем.

Плотность упаковки элементов в интегральной схеме принято называть степенью интеграции и характеризовать количеством наиболее сложных элементов — транзисторов — в кристалле интегральной схемы (последняя представляет собой пластинку площадью до 1 квадратного дюйма).

Вот как повышалась степень интеграции элементов ЭВМ:

Год	1960	1961	1968	1972	1976	1980	1983	1985
Число транзисторов в одном кристалле	1	10	100	1000	10 000	100 000	300 000	До $10^8$

Поистине фантастической стала степень интеграции микросхем сегодня. А что будет завтра? Вполне возможно, что завтра «большая» универсальная ЭВМ будет помещаться на ладони.

Активное внедрение ЭВМ во все сферы жизни, повышение их надежности, освоение их широкими массами, начиная с детей, — все это становится ныне одной из главных задач научно-технического прогресса. Но для этого надо максимально упростить формы общения человека и ЭВМ, научить ЭВМ понимать человеческую речь. И так будет.

Уже сейчас есть ЭВМ, управляемые голосом, но пока они требуют, чтобы команды «говорились» медленно, отдельно, только «знакомыми» словами (набор которых немногим больше, чем у Элочки Людоедки, — 30—100 слов) и только знакомым голосом. Но терпение, скоро машины будут понимать даже кумушек-болтушек.

А пока ЭВМ активно проникают в народное хозяйство. В 70-х годах начались работы по созданию общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации (ОГАС) для учета, планирования и управления народным хозяйством на базе государственной сети вычислительных центров (ГСВЦ) и общегосударственной системы передачи данных. Реализация этого крупнейшего в мире проекта позволит поднять планирование и управление народным хозяйством на качественно новый уровень и в еще большей мере реализовать преимущества социалистической системы хозяйствования.



# ТЕКСТИЛЬ ВОКРУГ НАС И КАК ЕГО СДЕЛАТЬ

## БЕЗ ТЕКСТИЛЯ — НЕ ЖИЗНЬ

Мы уже знаем, что текстиль — это прежде всего пряжа, нитки, ткани, нетканые материалы, трикотаж. Текстиль окружает нас в жизни буквально со всех сторон. Он не только одевает и обувает нас, не только помогает создать дома комфорт и уют. Он широко используется в технике: автомобильные шины не сделать без корда, электропроводку без изоляции (нитяной, ленточной или тканевой); для рыболовства нужны сети, для корабельного дела — канаты, для транспортировки и хранения многих грузов, особенно продуктов, — мешки. Кроме того, в промышленности широко используются конвейерные ленты и фильтровальные материалы.

Но все же главная текстильная продукция — это ткани, трикотаж, швейные нитки и все активнее входящие в нашу жизнь нетканые материалы.

В текстильной промышленности сосредоточено более 15 % всех промышленных рабочих СССР; по числу занятых в ней она занимает второе место, уступая лишь машиностроению.

Уровень производства тканей в стране превысил 11 млрд квадратных метров в год. Если из такого количества тканей сшить ленту шириной 100 м, то этой лентой можно обмотать земной шар по экватору 2750 раз. Эту же ленту можно протянуть от Земли до Луны 325 раз.

Выпускаемые ткани отличаются большим разнообразием: по назначению — бельевые, платьевые, рубашечные, костюмные, декоративные, влаговпитывающие и др., по волокнистому составу — хлопчатобумажные, шерстяные, льняные, шелковые, с включением химических волокон, по способу прядения и способу ткачества. Особенно большое разнообразие тканей достигается в процессе их крашения и отделки.

На первом месте в нашей стране стоит производство хлопчатобумажных тканей, их выпускается в настоящее время около 70%, т. е. примерно 8 млрд. квадратных метров в год. Сколько же для них требуется сырья! В пересчете на бязь (для которой необходимо 150 грам-

мов волокна на 1 квадратный метр) требуется 1,2 млн тонн хлопкового волокна или примерно 3,8 млн тонн хлопка-сырца.

Как видим, началом всему служит волокно. Но что это такое — волокно? Согласно государственному стандарту текстильное волокно — протяженное тело, гибкое и прочное, с малыми поперечными размерами, ограниченной длины, пригодное для изготовления пряжи и других текстильных изделий. Основными типами волокон с древних времен были и остаются сегодня хлопок, лен, шерсть и шелк. Правда, в последнее время все активнее в эту компанию проникают химические волокна — искусственные и синтетические.

Исходным материалом для искусственных волокон (получаемых из природных высокомолекулярных веществ) являются древесины сосны и ели, камыш, тростник — словом, целлюлоза любого растения. Из 1 кубического метра древесины можно изготовить 150—180 килограммов искусственного волокна (вискозного). Оно заменяет такое количество хлопка, которое собирается с половины гектара посевов хлопчатника, или столько шелка, сколько вырабатывают за всю свою жизнь 320 тыс. шелковичных червей, или столько шерсти, сколько настригают в течение года с 25—30 овец. Синтетические волокна создают из химических веществ, образуемых при сухой перегонке каменного угля (фенол, бензол), из нефти, из природного газа и других материалов, преобразуя мономеры, т. е. вещества с низкой молекулярной массой, в полимеры, для которых характерны гигантские макромолекулы.

К искусственным волокнам относятся вискозные, медно-аммиачные, ацетатные и некоторые другие, к синтетическим — полиамидные (капроновые, нейлоновые, анидные), полиэфирные (лавсановые), полиолефиновые (полипропиленовые).

Ценной особенностью химических волокон следует считать возможность заранее задавать, проектировать их свойства. Волокна могут быть водоотталкивающими и, наоборот, усиленно впитывающими влагу, малосминаемыми и жаропрочными, бактерицидными (уничтожающими бактерии и поэтому широко применяемыми в медицине) и т. д. К достоинствам этих волокон надо отнести также их чистоту, отсутствие сорных примесей, большую прочность при разрыве. Прочность капронового волокна

равна прочности стальной проволоки такого же сечения. Еще один пример: прочность при истирании тканей из найлоновых волокон в десятки и сотни раз (а при изгибе — в несколько миллионов раз) выше, чем тканей из природных волокон.

Наконец, получение химических волокон не зависит от погодных условий. А ведь капризы погоды очень сильно влияют на урожай хлопка и льна, на настриг шерсти и сбор шелка.

Не будут ли натуральные волокна в недалеком будущем вовсе вытеснены химическими? Нет. По расчетам экономистов, только в 2000 году производство химических волокон сравняется с производством натуральных. Мы достаточно говорили о преимуществах химических волокон. Но при всем при том натуральные волокна во многом их превосходят: шерсть — упругостью, лен — прочностью, хлопок — тонкостью (он тоньше человеческого волоса в 6—8 раз). Кроме того, не надо забывать, что хлопчатник и лен дают не только волокно, но и масло, овцы — не только шерсть, но и мясо, молоко. Натуральные волокна имеют не только богатое прошлое, но и славное будущее; химическим надо на них равняться, тянуться за ними.

Если заглянуть в историю использования волокон людьми, то первый факт такого использования зафиксирован на пальмовом листе, который был найден в одной из пещер Мексики и относится приблизительно к 10 000 году до н. э.

Искусством создания текстильных изделий владели древние китайцы, египтяне, греки, индусы. Есть сведения об умении изготавливать ткани в Китае (6000 лет до н. э.), где широко использовался шелк. Начало текстильного производства в Египте и Индии относится соответственно к четвертому и второму тысячелетиям до новой эры. С XV века до н. э. все активнее используется хлопчатник. История получения валяльно-войлочных изделий тоже началась несколько тысячелетий назад, родиной их предположительно считается Горный Алтай. А что касается вязания, в одной из египетских гробниц была обнаружена вязаная детская туфелька, «возраст» которой ученые оценивают в 5000 лет.

Наверное, можно и не продолжать эту экскурсию в историю. И так ясно, что текстиль еще более древен, чем автоматика. Но когда-то они встретились. Когда? Чтобы

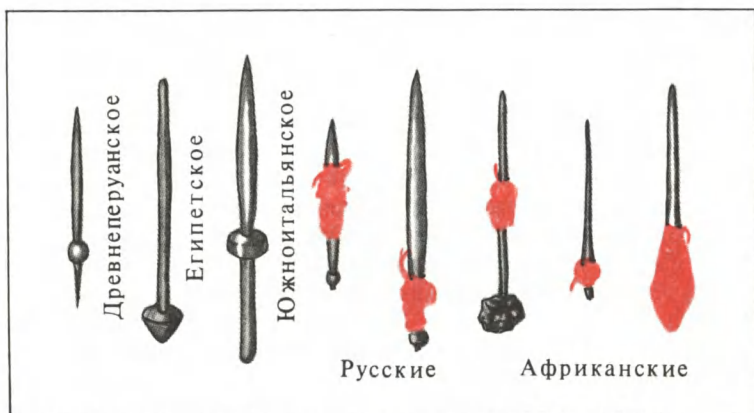
ответить на этот вопрос, надо вновь обратиться к истории, а именно к истории развития основных технологических процессов текстильного производства — прядения, ткачества, вязания, отделки.

## ПЕРВЫЙ ЭТАП — ПРЯДЕНИЕ И КОЕ-ЧТО ЕЩЕ

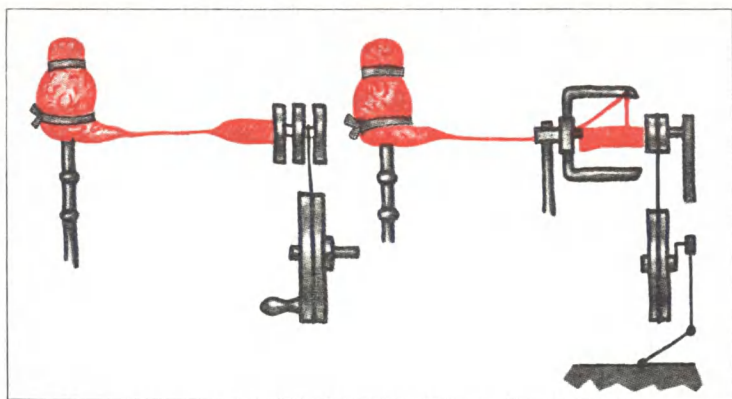
Начнем с прядения.

*Прядением* называется процесс получения длинной нити (или пряжи) из отдельных коротких волокон. Чтобы понять его суть, проследим, как в старину пряла пряха. Порцию волокон из пучка, привязанного к пряслу (деревянной стойке на ножках, часто украшаемой резьбой), пряха вытягивала пальцами левой руки. Получалась ленточка, которую она скручивала; после этого свободный ее конец прикреплялся к веретену. Затем пальцами правой руки пряха приводила во вращение веретено. В результате, в то время как левой рукой пряха продолжала вытягивать волокна из пучка, образующаяся ленточка тут же закручивалась вращающимся веретенном, все дальше отводимым от прясла. Когда получаемая нить становилась достаточно длинной, пряха наматывала ее на веретено, и т. д.

Нетрудно заметить, что прядение складывается из трех основных операций: вытягивания, скручивания и наматывания; они остались основными и по сию пору.



*Вот с такими веретенами когда-то начинали прясть. Диски на некоторых веретенах делались для увеличения момента инерции, а также в качестве опоры для нитей, наматываемых на веретено*



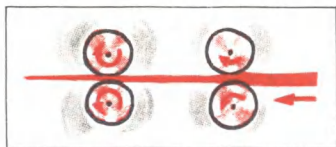
*Ручная (слева) и ножная (справа) самопрялки появились в XVI веке*

Производительность ручного прядения была, конечно, очень невелика: во-первых, рукой веретено очень быстро не раскрутить, а во-вторых, на время наматывания пряжи ее вытягивание и скручивание прекращались.

Сначала постарались ускорить вращение веретена, приспособив для этого колесо с веревочной передачей к веретену. Затем, применив ножной привод, освободили правую руку пряжи. Кроме того, придумали специальную рогульку, позволившую совместить процессы кручения и наматывания пряжи на веретено. В итоге получилась самопрялка.

Теперь для рук пряжи оставалась всего одна операция — вытягивание, но и она одна тормозила процесс. И вот тогда плотник и механик-самоучка Джон Уайатт замышляет «машину для прядения без пальцев». Три года он упорно трудится, прежде чем в 1733 году удалось выпрясть первую хлопчатобумажную нить без помощи человеческих пальцев. А через пять лет два компаньона — сам Уайатт и Луис Поль — получают патент на свое изобретение — вытяжные валики. С этого момента прогресс в прядении стал набирать стремительные темпы. Если первый вытяжной прибор имел две пары валиков, то в дальнейшем уже используются четыре вытяжные пары. Поверхность одного из цилиндров делается гладкой, а другого обивается кожей, сукном или

*Идея изобретения Уайатта и Поля — вытяжных валиков — проста. Казалось бы, проста. Две пары валиков, перемещающих волокно, вращаются с разной скоростью, благодаря чему в пространстве между парами происходит вытягивание волокнистой ленточки. И тем не менее это изобретение зна-*



*меновало буквально революцию в прядении, так как позволило завершить передачу всех функций машине, а значит, резко повысить производительность и всерьез начать автоматизацию процесса прядения*

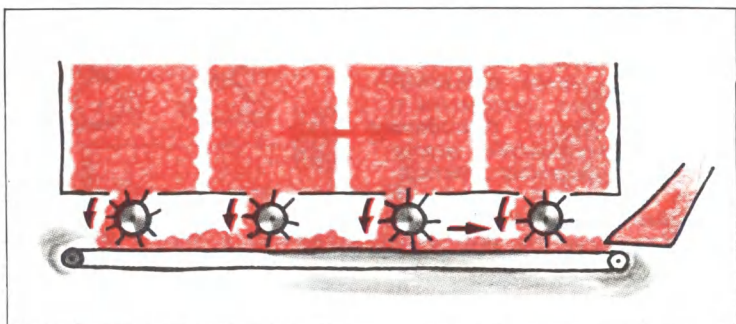
снабжается металлическими острями, благодаря чему волокна лучше захватываются, условия вытягивания улучшаются.

В 1765 году Джеймс Харгривс создал прядильную машину, назвав ее в честь дочери «Дженни». Вначале машина работала с восемью веретенами, затем их число было увеличено до 24. Однако приводилась в движение машина человеком. И лишь когда Ричард Аркрайт приспособил к машине водяное колесо (а случилось это в 1769 году), она стала автоматом, хотя и весьма примитивным.

В 1825—1830 годах был сделан еще один шаг в автоматизации прядения, когда Ричард Робертс изобрел специальный прибор — квадрант для регулирования скорости вращения веретена.

Отталкиваясь от достигнутого к середине XIX века уровня, можно перейти к рассмотрению современной схемы прядения (например, хлопка), где весь процесс разделен на значительно большее число специализированных переходов, на которых заняты разные машины; благодаря этому достигается существенное улучшение качества пряжи.

На текстильные фабрики хлопок поступает в спрессованном виде, в так называемых кипах; поэтому прежде чем заняться собственно прядением, надо сырье соответственно подготовить. Масса кипы примерно 200 килограммов, а в последнее время она доходит (при том же объеме) до 300—350 килограммов. Плотность прессования достигает 600 и более килограммов волокна в одном кубическом метре. Кипа упакована в мешковину или полиэтилен и стянута бандажом из стальной проволоки или ленты. Все эти подробности приводятся здесь не



*Разрыхлительная машина представляет собой контейнер с решетчатым полом. Контейнер, в котором устанавливаются кипы, движется возвратно-поступательно. Под ним вращаются так называемые колковые барабаны, которые стальными зубьями выдергивают из кип клочки хлопка и сбрасывают их на конвейер, подающий их к приемному устройству пневмотранспорта*

просто так, с их учетом вырисовываются более четко потребности в автоматизации, роботизации процесса распаковки кип.

Каждую кипу надо распаковать, затем разрыхлить хлопок и очистить его от сорных примесей, которых при машинном способе сбора хлопка оказывается довольно много.

Сначала осуществляется *разрыхление* на разрыхлительной машине.

Разделение волокон на еще более мелкие клочки и очистка их от сора происходят в процессе *трепания*, осуществляемом на трепальных машинах: по хлопку наносятся частые и сильные удары ножами или планками (билами) треплющих органов (в качестве таких треплющих органов используют ножевые барабаны и трепала); при этом сорные примеси выбиваются из хлопка и выпадают через щели специальных колосниковых решеток, а хлопок образует непрерывный волокнистый слой, называемый *холстом*.

Для окончательного разъединения и очистки от мелкого сора хлопок подвергают затем *чесанию* стальными тонкими зубьями или иглами кардной ленты (от латинского «*kardus*» — репей) на чесальных машинах. Иногда применяют дополнительное расчесывание волокон гребнями на гребнечесальной машине, чтобы улучшить ка-

чество будущей пряжи — сделать ее чище, равномернее и прочнее.

Продукт, полученный в результате перечисленных операций, представляет собой рыхлый жгут и называется *лентой*.

Последующие операции по обработке ленты предназначены для того, чтобы сделать ее как можно более равномерной по толщине и добиться параллелизации волокон вдоль ленты. Чем в большей степени мы сумеем этого достичь, тем ровнее и прочнее будет пряжа. На ленточных машинах ленты (обычно 6—8, но их число может быть доведено до 20) складываются и вытягиваются до первоначальной толщины одной ленты. В процессе вытягивания и происходит параллелизация волокон. Меняя степень вытягивания, можно влиять на толщину ленты и выравнивать ее по длине. Операция сложения и вытягивания (*ленточный переход*) может повторяться многократно для получения высокого качества продукта.

Скорость выпуска ленты на современных ленточных машинах достигает 500 метров в минуту.

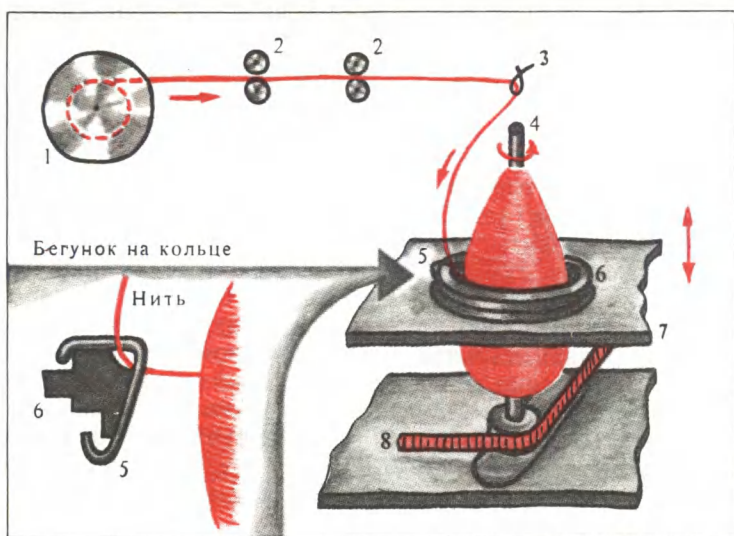
Ленту с ленточных машин, уложенную в цилиндрические тазы, иногда непосредственно используют в прядении (тогда на прядильной машине ее придется вытянуть еще в 100—500 раз), а иногда на так называемых ровничных машинах дополнительно вытягивают и слегка подкручивают (для придания прочности), формируя *ровницу*.

Ровница наматывается на катушки и направляется на прядильные машины.

И наконец, основная стадия получения пряжи — собственно процесс прядения. Видишь, читатель, как много пришлось предварительно повозиться с хлопком. А в незапамятные времена хлопок после сбора и до прядения разве что расчесывали ручной щеткой с иглами...

Если еще раз оглянуться на перечисленные процессы и хотя бы в первом приближении оценить их потребности в автоматизации, то кроме упомянутого уже процесса распаковки кип надо сказать об автоматическом обеспечении возвратно-поступательного движения контейнера и прижима кип к колковым барабанам разрыхлительного агрегата, равномерности подачи материала к рабочим органам трепальных и чесальных машин, стабилизации толщины выпускаемой ленты на ленточных машинах,





*Схема веретенного прядения*

контроле за обрывами материала на ленточных и ровничных машинах и т. д.

А теперь подробнее о процессе прядения. В настоящее время существует два основных способа прядения: веретенное, осуществляемое на кольцевых прядильных машинах, и безверетенное, выполняемое на пневмомеханических машинах типа БД.

*Веретенное прядение* принципиально не изменилось со времен Аркрайта и Робертса. Суть его состоит в следующем (см. рисунок выше). Ровница с катушки 1 проходит через вытяжной прибор 2, где вытягивается (на старых машинах в 7—8 раз, на новых — в 200 раз) и превращается в тоненькую мычку, которая затем пропускается через нитепроводник 3 и бегунок 5, размещенный на кольце 6. После этого продукт наматывается на бумажный патрон (шпулю) 4, плотно надетый на веретено. Последнее приводится во вращение тесемочной передачей 8. Что касается кольцевой планки 7, она совершает сложное движение: плавное перемещение снизу вверх, на которое накладывается тоже вертикальное, но колебательное движение с небольшой амплитудой, благодаря чему достигается определенный характер рас-

кладки пряжи на шпуле (действительно, продукт, наматываемый на шпулю, является пряжей).

Веретено, вращаясь, натягивает нить, а она тянет бегунок 5, заставляя его скользить по кольцу 6. За каждый полный оборот бегунка по кольцу участок нити выше кольца получает одно кручение, а в результате отставания бегунка от веретена происходит наматывание пряжи на шпулю. Образуется так называемый прядельный початок.

Частота вращения современных веретен — до 18 тыс. оборотов в минуту, при этом частота вращения бегунка — около 12 тыс. оборотов в минуту, а его линейная скорость 30 метров в секунду. Более высоких, чем 32—35 метров в секунду, скоростей бегунок просто не выдерживает — разрушается (надо еще учесть, что от трения он очень сильно нагревается — до 250—350 °С, а в месте контакта с кольцом — до 530 °С). Поэтому можно считать, что по производительности веретенный способ прядения достиг предела.

*Безверетенное прядение* — огромный скачок вперед в текстильной технике и технологии. Во-первых, каждое прядельное место (здесь вместо веретена — прядельная камера) выпускает пряжу в 2—3 раза быстрее, ведь частота вращения камер достигает 45 тыс. оборотов в минуту. Во-вторых, при этом способе прядения процесс наматывания отделен от процесса кручения, в связи с чем появилась возможность наматывать пряжу в большие паковки (от слова «паковать») — массой 1,5 килограмма и выше вместо 80—100 граммов на кольцевых прядельных машинах. С увеличением же массы паковки возрастает время ее образования, а значит, уменьшается число операций по снятию готовой пряжи с машин. При этом, естественно, снижается время непроизводительного простоя прядельных мест. Наконец, в-третьих, пневмомеханические прядельные машины работают непосредственно с лентой, не требуя изготовления ровницы. Таким образом исключается целый технологический переход. Производительность труда на этих машинах в 2—3 раза выше, чем на кольцевых прядельных.

Так как же работает пневмомеханическая машина типа БД?

Обратимся к рисунку на с. 50. Лента 1 из таза питающим цилиндром 2 подается к расчесывающему барабанчику 3. При быстром вращении барабанчика его

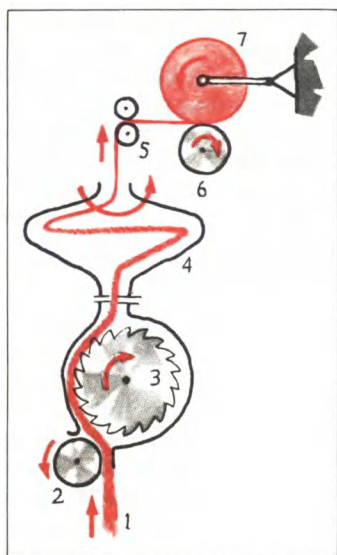


Схема пневмомеханического пря-  
дения

зубья разделяют ленту на отдельные волокна, которые засасываются воздухом в прядильную камеру, основной частью которой является коническая быстроходная турбинка 4. Попадающие в турбинку волокна наплаиваются на ее поверхность в виде ленточки, прижатой к стенкам турбинки за счет центробежной силы. Эта ленточка через выходное отверстие вытягивается наружу и скручивается опять же вследствие вращения турбинки. Получившаяся пряжа проходит оттягивающие валики 5 и валиком 6 наматывается в паковку 7.

Всем, казалось бы, хороша машина типа БД. И все же она пока не вытеснила кольцевые прядильные машины и в ближайшее время не вытеснит их. Причин тому несколько:

машина типа БД совершенно не выносит даже малейшей засоренности волокна;

она выпускает пряжу только средней толщины (тонкую и толстую пряжу делать на этой машине пока не научились);

затруднена заправка машины, при ее пуске наблюдается высокая обрывность пряжи.

Основные проблемы автоматизации прядильных машин связаны с необходимостью обеспечения определенной скорости вращения веретена или турбинки, соответствующей подачи материала на прядение, наматывания полученной пряжи, реализации автоматического контроля за обрывами пряжи, наработкой полной паковки и т. д.

Но — и это очень важно подчеркнуть — при решении

проблем автоматизации прядения, вообще при внедрении новой техники и технологии нельзя забывать об экономике. Еще Томас Эдисон, знаменитый американский изобретатель, получивший за свою жизнь около четырех тысяч патентов, говорил: «Никогда, ни на одно мгновение, мы не должны забывать экономическую сторону проблемы». Именно эта сторона хорошо иллюстрируется, например, различием направлений развития веретенных прядильных машин в двух странах — США и Японии.

В США ориентировались на создание машин с так называемыми сверхбольшими паковками; при этом принимали специальные меры для повышения точности изготовления веретен и мирились с увеличением расхода электроэнергии на 80—100 %. В Японии же все время выпускались машины с паковками средних размеров. Японцев не смущала необходимость более частой перезаправки машин. Следует ли отсюда, что у них техника хуже развита? Ни в коей мере. Просто работает экономический фактор: в Америке сравнительно дешевая электроэнергия и дорогая рабочая сила, а в Японии — наоборот. Поэтому-то если в США старались сократить обслуживающий персонал и смелее тратили электроэнергию, то в Японии не думали о числе рабочих, но очень бережно относились к расходу энергии.

Итак, проблем в прядении много, но пряжа нами все же получена. Теперь у нее несколько дорог: или на точную фабрику, где после скручивания нескольких нитей и дополнительной обработки получают швейные нитки, или на трикотажную фабрику, где изготавливают трикотажное полотно, чулки, носки и другие вязаные изделия, или же — пока это основной путь — на ткацкую фабрику для изготовления самых разнообразных тканей.

## ВТОРОЙ ЭТАП — ТКАЧЕСТВО И КОЕ-ЧТО ЕЩЕ

Любая ткань представляет собой две системы взаимно переплетенных нитей. Одна из них расположена вдоль ткани и называется основой, другая — поперек и называется утком.

Со времен создания ручного ткацкого станка образование зева осуществлялось с помощью двух рамок — ре-

мизок с системой натянутых на них тросиков (галев), каждый из которых имел посередине фарфоровое или металлическое колечко — глазок. Когда одна рамка (с 1, 3, 5-й и т. д. нитями) с помощью ножной педали поднималась, другая (со 2, 4, 6-й и т. д. нитями) одновременно опускалась, и наоборот. А уточная нить прокладывалась с помощью челнока, в который вставлялась катушка — шпуля с намотанной на нее уточной нитью.

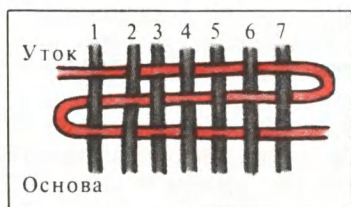
После очередного прокладывания уточная нить специальной решетчатой рамкой (бердом) прижималась (как говорят в ткачестве, прибивалась) к предыдущей нити, чем достигалась определенная плотность переплетения нитей в ткани.

Первоначально протаскивание челнока в зеве и прибивание уточной нити выполнялись вручную. В 1733 году Джон Кей изобрел «челнок-самолет», который пробрасывался в зеве специальным ударным (боевым) механизмом, а в 1785 году Эдмунд Картрайт создает ткацкий станок, в котором ему удалось механизировать почти все операции *ткачества* (прежде всего подъем и опускание ремизок, затем проброс челнока, прибивание уточной нити батаном, подача основы и, наконец, отвод готовой ткани).

Нити основы, навитые параллельно одна другой на огромную катушку 1 (см. рисунок на с. 53), называемую ткацким навоем, огибают трубу — скало 2 и разделительные планки 3. Затем каждая нить проходит в свой глазок ремизок 4 и 5, образующих зев.

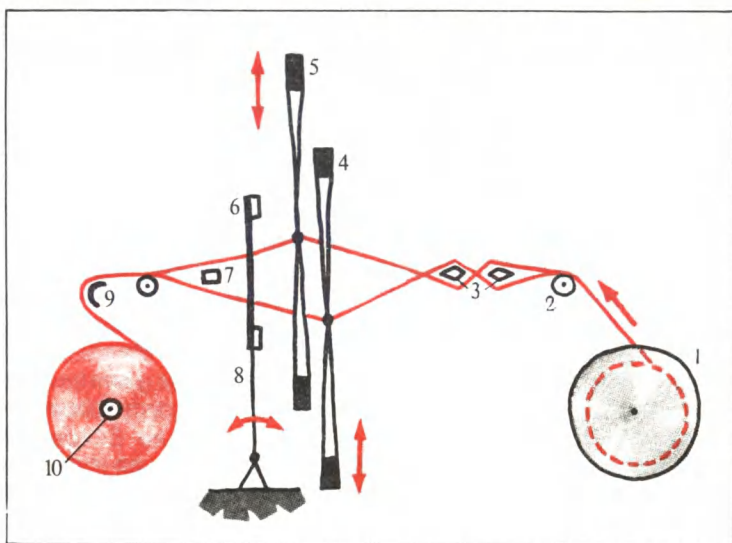
Уточная нить пробрасывается челноком 7 и прибивается батаном 8 с установленной на нем решеткой берда 6.

Образовавшаяся ткань огибает направляющую по-



Если в натянутой горизонтально основе нити 1, 3, 5, 7 поднять, а нити 2, 4, 6 опустить, то получится «коридор» (он называется зевом), в котором можно проложить уточную нить. Если после этого нити 1, 3, 5, 7, наоборот, опустить, а нити 2, 4, 6 поднять и в образовавшемся новом зеве опять проложить уточную

нить, но в обратном направлении, то в конечном счете образуется простейшее переплетение



*Можно смело утверждать, что предложенная Картрайтом схема челночного ткацкого станка почти без изменений дошла до наших дней*

верхность грудницы 9 и навивается в рулон на товарный валик 10.

Переплетая нити основы и утка различным образом, можно получать разные по внешнему виду ткани; если же нити основы и утка брать неодинакового цвета, то можно изготавливать рисунчатую ткань. Иногда даже используется несколько уточных нитей разных цветов; это позволяет получать более богатый рисунок (такое, естественно, возможно лишь на многочелночных станках, где каждый челнок прокладывает нить своего цвета.

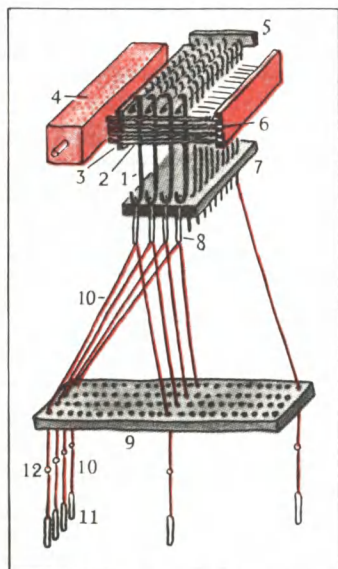
Одной из первых и основных задач, которую поставило перед автоматикой ткачество, было обеспечение программного управления для получения сложных многоцветных рисунков. Следует учитывать, что при этом станок должен иметь не только несколько челноков, но и большее число ремизок (на обычных ткацких станках их число может достигать 24). Эта задача была решена французом Жозефом Мари Жаккардом. Он работал над созданием своего станка около 30 лет, и настойчивость

принесла успех: на промышленной выставке в Париже (1801 год) станок был отмечен медалью, а спустя всего десять лет только во Франции работало 12 тыс. таких станков.

Россией машина Жаккара была закуплена в 1820 году (в архиве фонда департамента мануфактур и внутренней торговли сохранилось дело № 39/1820 «О покупке у иностранца Дислена Жаккардова снаряда для тканья салфеток и проч.»). Уже через восемь лет в России насчитывалось более 25 тыс. «жакардовых снарядов».

С тех пор прошло много лет, но и сейчас поражает гениальная простота изобретения Жозефа Мари Жаккара. В чем же его суть? В индивидуальном управлении положением каждой основной нити при образовании зева.

Проволочные крючки 1 опираются внизу на рамную доску 7. Через отверстия рамной доски пропущены рамные шнуры 8, закрепленные на крючках 1. Под верхние концы крючков подведены металлические ножи, которые укреплены в ножевой раме 5 и вместе с ней поднимаются или опускаются.



*Схема машины Жаккара*

Каждый крючок в средней части проходит через петлю горизонтальной иглы 2. Правый конец каждой иглы упирается в пружину 6, которая все время отжимает иглу влево. А левые концы игл проходят через отверстия игольной доски 3. Рядом с последней находится игольная призма 4 (чаще всего четырехгранная), имеющая столько углублений на каждой грани, сколько игл на машине. На эту призму надевают так называемый картон — длинную ленту, состоящую из множества соединенных между собой картонных перфокарт, образующих бесконечное кольцо. Весь набор перфо-

карт соответствует полной программе создаваемого на ткани рисунка.

К рамным шнурам 8 прикреплены шнуры 10, пропущенные в отверстия направляющей доски 9. Шнуры заменяют галева на обычном ткацком станке. Они имеют глазки 12, в которые пропускаются нити основы. Грузики 11 держат шнуры 10 в натянутом состоянии.

Работает устройство следующим образом.

После каждого проброса челнока призма 4 поворачивается на  $90^\circ$  и на ее правой (рабочей) грани оказывается очередная перфокарта. После этого призма перемещается вправо и перфокарта прижимается к иглам 2. Те из них, которые окажутся напротив отверстий в перфокарте, попадут в углубления призмы и останутся в прежнем положении. Остальные иглы будут отжаты перфокартой вправо и своими петлями потянут вправо соответствующие крючки 1. Когда затем ножевая рама 5 движется вверх, она поднимает только те крючки, которые остались в вертикальном положении, а значит, и соответствующие нити основы. Остальные нити, поддерживаемые отклоненными крючками, останутся в прежнем положении. Так образуется зев.

Нетрудно понять, что характер переплетения при каждом пробросе челнока определяется числом и расположением отверстий на очередной перфокарте. Рисунок ткацкого переплетения может быть разной сложности, которая зависит от числа крючков и игл (имеются машины на 400, 800, 1200 нитей и т. д.).

Решение одной из главных задач управления ткацким станком не исчерпало всех проблем. Здесь и автоматизация наблюдения за обрывами любой основной или уточной нити (чтобы тут же остановить станок для устранения нарушения), и контроль уточной нити в шпуле челнока (чтобы в случае необходимости сразу сменить шпулю). Сегодня такие устройства уже есть, и мы поговорим о них позже.

Другая проблема — большой расход энергии при пробросе сравнительно тяжелого челнока (около 500 граммов), который, по существу, тянет за собой несоизмеримо более легкую нить (масса прокладываемой за один проброс нити примерно в 10 000 раз меньше массы челнока). Здесь еще надо учесть мощные удары боевого механизма по челноку (сила удара в 50 раз больше веса челнока), которые создают большой шум; из-за него в



ткацких цехах очень трудно работать. Но и эта проблема решена. Созданы так называемые бесчелночные ткацкие станки (в нашей стране станки СТБ). В них уточная нить пробрасывается все время в одном направлении множеством микрочелноков — пластиночек массой 40 граммов, летящих со скоростью 15—24 метра в секунду, причем после каждого проброса нить в месте «старта» автоматически обрезается и захватывается (зажимается) очередным микрочелноком. А проброшенные микрочелноки специальным устройством возвращаются к месту «старта». На этих станках существенно повысилась производительность (с 3—5 квадратных метров в час на челночных станках до 15 квадратных метров в час), резко снизился шум.

Созданы и так называемые пневморәпирные станки производительностью 6—7 квадратных метров в час, в которых уточная нить пробрасывается в зеве струей воздуха.

Все хорошо, и тем не менее осталась одна операция, которая в наш век, век автоматики и кибернетики, сохранилась на уровне техники Древнего Египта. Речь идет о пробирании нитей основы в глазки ремизок и между зубьями берда. Эта операция до сих пор во всех странах осуществляется вручную, в точности так, как показано на дошедших до нашего времени изображениях древнеегипетских ткачей, занятых протаскиванием нитей через отверстия колец на ручном ткацком станке. Если учесть, что пробирать нужно 2—3 тыс. нитей, то труду проборщицы основ на ткацкой фабрике не позавидуешь.

Правда, надо отметить, что ручное пробирание необходимо только при заправке станка новой тканью, т. е. тканью с изменившимся порядком чередования нитей основы и утка при их переплетении. Если же на станке продолжается выпуск ткани прежнего рисунка, то можно к концам сходящей (т. е. старой) основы привязать нити с нового ткацкого навоя. Эта работа уже механизирована, ее выполняют оригинальные узловяльные машины.

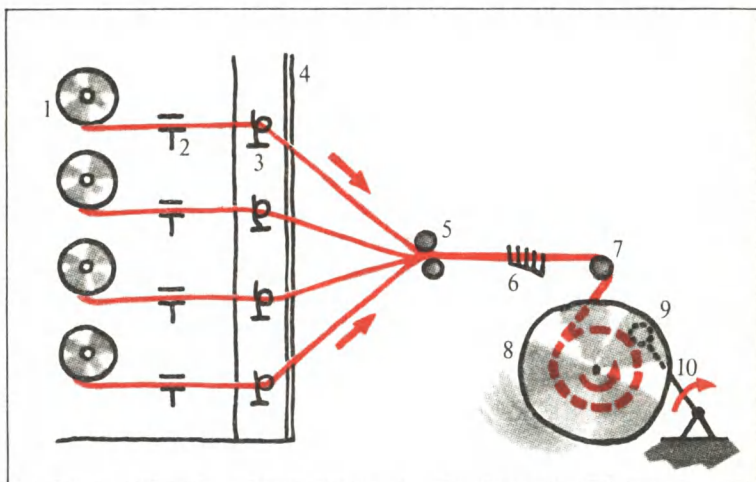
И все же задача автоматизации пробирания основы остается в списке первых, ждущих своего решения...

Пожалуй, с процессом ткачества мы в основном разобрались, но, поторопившись им заняться, пропустили некоторые подготовительные процессы. Из них с точки

зрения задач автоматизации интересны процессы снования и шлихтования.

*Снованием* называется процесс образования системы параллельных нитей (основы), намотанных на ткацкий навой. Число основных нитей по ширине ткани может достигать до 2500—3000. Сматывают нити с больших бобин, на которые их предварительно перематывают на специальных основомотальных машинах с прядильных початков. Бобины устанавливают на раме, называемой шпулярником. Но представь себе, читатель, какой гигантской должна получиться рама, если на ней разместить 3000 бобин, каждая диаметром около 20 сантиметров. А потому такое количество нитей одновременно не мотают. На партионной сновальной машине наработывают сновальные валы. На них наматывают не более 600 нитей. Лишь затем с нескольких сновальных валов основа перематывается на ткацкий навой.

Нити, сматываясь с бобин 1, надетых на специальные штыри шпулярника 4, проходят через керамические зажимы 2, обеспечивающие постоянное натяжение нитей, и контрольные крючки 3, позволяющие следить за обрывом любой нити. Затем нити огибают направляющие стеклянные прутки 5 (они более выносливы к трению нитей, чем стальные), проходят между зубьями метал-



*Схема партионной сновальной машины*

лической гребенки 6, разделяющей нити на параллельные ряды, и, огибая валик 7, навиваются на сновальный вал 8. По поверхности наматываемой основы катится ролик 9, установленный на рычаге 10. Число оборотов ролика, подсчитываемое специальным счетчиком, позволяет судить о длине намотанной основы, а угловое положение рычага — о текущем диаметре намотки. Зная диаметр, мы можем так регулировать угловую скорость вращения сновального вала, чтобы линейная скорость наматывания нитей оставалась постоянной. При этом создаются благоприятные условия для обеспечения постоянного натяжения нитей основы.

Что в процессе снования должно быть охвачено автоматизацией? Это регулирование скорости сновального вала. Это, далее, контроль длины намотанных нитей. И это останов машины при обрыве любой нити (причем мгновенный, чтобы конец оборванной нити, не успевший намотаться на сновальный вал, легко было найти) и сигнализация места обрыва нити на шпулярнике. Нитей все же 600, попробуй сразу увидеть, какая из них оборвалась. А ведь ликвидация обрыва — это простой машины.

С нескольких сновальных валов нити перематываются на один ткацкий навой на шлихтовальной машине. При этом они пропитываются клеящим составом — шлихтой; потому процесс и назван *шлихтованием*. Во время пропитывания шлихтой выступающие из пряжи кончики волокон приклеиваются к поверхности и нить становится гладкой. Такая пряжа легче протаскивается через глазки ремизок и между зубьями берда на ткацком станке, по ней несравненно легче происходит прибивание проложенной уточной нити.

В конечном счете все это ведет к снижению числа обрывов нитей основы в ткачестве.

Шлихтование, как никакой другой процесс прядильного и ткацкого производств, нуждается в автоматическом регулировании. Регулировать надо уровень шлихты в шлихтовальном корыте и ее температуру, количество шлихты, уносимой нитями (так называемый приклей), влажность нитей после сушки на сушильных барабанах, скорость движения нитей через шлихтовальную машину. Для этого машина оснащается соответствующими автоматическими регуляторами.

## НЕМНОГО О НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛАХ И ТРИКОТАЖЕ

Представим себе, что после чесания волокна на чесальной машине выходящий из машины холст, представляющий волокнистый слой определенной толщины (обычно очень небольшой), прошивается, а точнее — провязывается пряжей так, чтобы волокна оказались зафиксированы в довольно прочной конструкции. В результате получается *нетканый прошивной материал*, по внешнему виду несколько напоминающий вязаный.

Если принять массу одного квадратного метра нетканого материала за 100 %, то масса прошиваемого слоя волокон в нем составит примерно 80 %, а масса пряжи, закрепляющей конструкцию, всего 20 %. Это значит, что основная масса материала после чесания уже не подвергается в дальнейшем вытягиванию, кручению и наматыванию; полностью исключаются все процессы ткачества (отсюда и название материала). И только  $\frac{1}{5}$  волокон проходит все операции прядильного производства. Следовательно, в производстве нетканых прошивных материалов впятеро сокращается потребный парк прядильных машин, исключаются все затраты на ткацкое производство, уменьшается потребность в рабочей силе, в производственных площадях, в электроэнергии. Наконец, существенно повышается выпуск продукции. Например, созданная чехословацкими специалистами машина «Арахне» (названная так в честь мифической ткачихи Арахны, описанной в «Метаморфозах» Овидия Назона) может дать до 80 квадратных метров нетканого материала в час (а самый быстроходный бесчелночный ткацкий станок дает лишь 15 квадратных метров).

Еще более производительными (в 40 раз больше по сравнению с бесчелночными ткацкими станками) являются машины для получения *нетканых клееных материалов*. В этих машинах волокна прочеса скрепляются не пряжей, а клеем. Клеевые материалы могут быть значительно более тонкими, чем прошивные.

Изготавливаются нетканые материалы и так называемым *иглопробивным* способом, при котором скрепление волокнистого холста происходит волокнами самого холста, перепутываемыми при его пробивании специальными зазубренными иглами.

В каких же случаях можно применять нетканые материалы? В очень многих, хотя по прочности они, конечно, уступают тканям. В Англии и США из нетканых материалов уже изготавливают юбки и женские платья, халаты, купальные костюмы и даже спортивную одежду. А как не вспомнить всем известный ватин! Клееные материалы при их исключительно низкой себестоимости целесообразно применять в изделиях одноразового использования (белье в больницах, скатерти в столовых или поездах железных дорог и т. п.). В швейных изделиях клееные материалы используют в качестве прокладок и подкладок, в обуви — для изготовления отдельных деталей.

Бурно развивается производство декоративных нетканых материалов, нетканых ковров. В этом отношении очень интересны полотна, в которых на волокнистом холсте как на основе раскладываются художественные элементы: прочесанное волокно, ровница, пряжа, ткань, тюль, кружева и т. п. (композиция рисунка создается художником); после этого холст подается в машину «Арахне» для закрепления всех элементов. Такие полотна изготавливают для интерьеров концертных залов, кинотеатров, гостиниц, ресторанов и др.

В последнее время в производстве нетканых материалов широко используются синтетические волокна и нити. Синтетические нетканые материалы применяются даже при строительстве автомобильных дорог в качестве упрочняющей основы.

Проблемы автоматизации производства нетканых материалов связаны с необходимостью получения волокнистого холста строго определенной толщины, четкого согласования работы холстообразующей и прошивной (или провязывающей) машины, контроля за обрывами нити, обеспечения определенного температурного режима сушки клееных материалов.

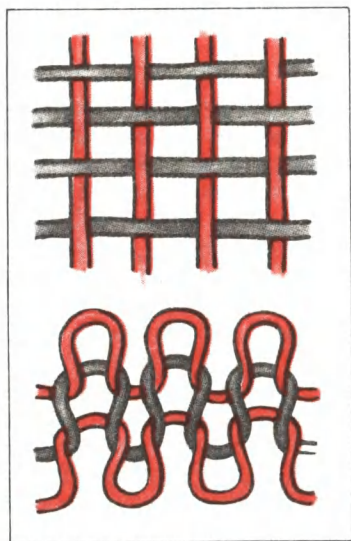
...Настало время поговорить о вязании — еще одном способе получения текстильных материалов, называемых *трикотажем*. Трикотаж — это текстильное изделие или полотно, состоящее из петель, образованных из одной или множества нитей, и переплетенных между собой в продольном и поперечном направлениях.

Нельзя не отметить огромного разнообразия трикотажных изделий. Одни из них изготавливаются от начала до конца вязанием (чулки, носки, перчатки, шарфы,

шапочки и т. п.), другие — раскраиванием трикотажных полотен и последующим сшиванием деталей края на швейных машинах. Во всех случаях, однако, промышленное производство трикотажа осуществляется, конечно же, не на спицах или ручным крючком, а на самых разнообразных машинах, в которых в качестве вяжущих элементов используются все-таки крючки, пусть не совсем такие, какими вяжут вручную, но зато совсем похожие на те, какими поднимают спустившуюся петлю на капроновых чулках.

Не останавливаясь на тонкостях автоматизированного машинного процесса вязания, отметим, что в настоящее время известно более 350 типов различных трикотажных машин. Все они подразделяются на две основные группы: кругловязальные (выпускающие трубчатое полотно) и плосковязальные (для изготовления обычного полотна). Вязание на тех и других осуществляется путем взаимодействия игл с так называемыми платинами и нитеводителями, в результате чего и происходит образование того или иного переплетения нитей.

Не вдаваясь в подробности процесса, подчеркнем только следующее. Если в ткачестве различные переплетения, особенно многоцветные рисунчатые, получались



*Используемые в трикотажном производстве вязальные иглы*

*Принципиальное отличие трикотажа от ткани видно из сравнения простейших переплетений нитей в ткани (вверху) и трикотаже (внизу)*

соответствующим пробирианием основы в ремизки и пробросом нужных челноков, то в трикотаже это же обеспечивается соответствующим отбором игл, т. е. определенным порядком включения в работу игл, провязывающих петли нитями того или иного цвета.

На старых машинах в соответствии с характером рисунка составлялась программа вязания, и по этой программе выставлялись толкатели, осуществляющие отбор игл. Смена программы при переходе на новый рисунок и само составление новой программы были очень трудоемкими операциями; только смена программы занимала около двух часов.

В настоящее время обе операции автоматизированы. Обеспечены независимый электромеханический отбор игл и электронное управление им, что позволило освободиться от толкателей и без затруднений выполнять любой рисунок, заложенный в электронную память машины. Для смены рисунка теперь достаточно двух минут. Кроме того, средствами автоматики достигаются самоостанов машины при обрыве любой нити и поломке иглы, подача нити с постоянным натяжением, смазка машины и т. д.

## ПОСЛЕДНИЙ ЭТАП — КРАШЕНИЕ, ПЕЧАТАНИЕ И КОЕ-ЧТО ЕЩЕ

Вот мы и получили основные текстильные материалы: ткань, нетканый материал, трикотаж. Из них наиболее далекой от встречи с потребителем оказывается ткань. Сразу после ткачества ее называют суровой, и не напрасно: уж больно «суровый» у нее вид — жесткие, проклеенные шлихтой нити основы, ворсистая, с грязновато-желтым оттенком поверхность ткани, многочисленные соринки. Поэтому с суровой тканью надо еще основательно поработать, чтобы придать ей товарный вид, нужное качество.

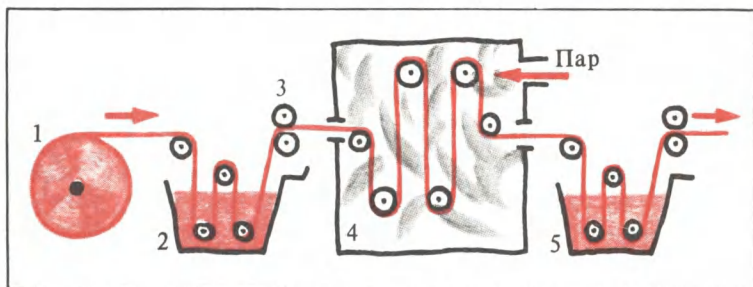
Прежде всего с ткани надо удалить торчащие ворсинки, соринки и шлихту, которая уже сыграла свою роль и больше не нужна (а если точнее, не просто не нужна, а вредна, ибо мешает проводить последующую обработку). Для этого ткань подвергают опаливанию и расшлихтовке.

*Опаливание* заключается в пропускании ткани с большой скоростью (до 300 метров в минуту) под газовой горелкой или раскаленными металлическими плитами. Торчащие ворсинки и соринки сгорают, ткань же затем сразу попадает в ванну с водой (искрогаситель), где замачивается. Теплая вода вызывает брожение веществ, входящих в шлихту, и при последующей промывке шликта смывается. Для ускорения процесса *расшлихтовки* используют разные химикаты (в частности, серную кислоту).

Далее с волокон надо удалить восковые, жировые и так называемые пектиновые вещества, затрудняющие последующую окраску ткани. Это делают *отвариванием* ткани в щелочных растворах. Ткань загружают в варочный котел, где она длительное время (до 6 часов) обрабатывается циркулирующим раствором щелочи при температуре 130—135 °С и давлении 300—400 килопаскалей. При отваривании не только удаляются жировосковые вещества и остатки шликты; структура волокон становится более рыхлой, способной активнее поглощать влагу, что очень важно для последующих обработок.

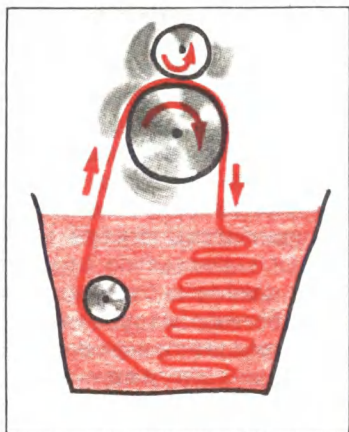
Отваренную ткань подвергают *белинию*. Данный процесс особенно необходим для тканей бельевых и других, окрашиваемых впоследствии в светлые тона.

Обычно белиние осуществляется на машинах непре-



На отбельной машине непрерывного действия ткань, сматываясь с рулона 1, проходит через ванну 2, называемую плюсовкой, где пропитывается раствором активного окислителя. Затем ткань отжимается валками 3 и направляется в запарную камеру 4, в которой попадает в паровую среду с температурой 100—110 °С. Здесь и происходит отбеливание, идея которого состоит в разрушении и обесцвечивании пигментов волокон выделяющимся из окислителя кислородом. После запаривания ткань промывается в нескольких ваннах 5 горячей и холодной водой





*Красильная барка периодического действия*

рывного действия, причем скорость обработки достигает 200—300 метров в минуту.

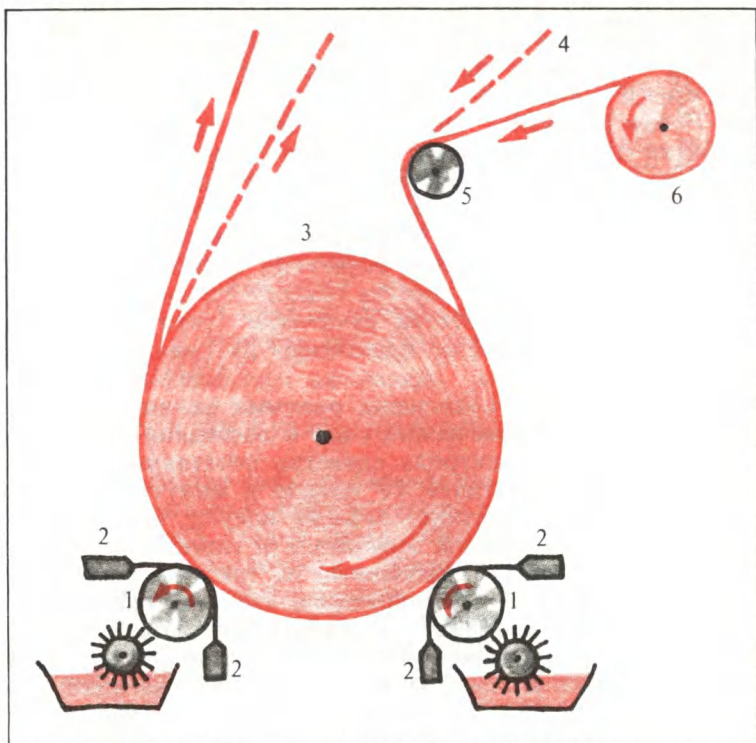
Ткани, которые в окончательном виде не должны быть белыми, подвергают крашению или печатанию, а иногда тому и другому вместе.

*Гладкое крашение* ткани может проводиться либо в барках периодического действия, где ткань, сшитая в кольцо, многократно пропускается через ванну с горячим красильным раствором, либо на машинах

непрерывного действия, очень похожих на отбельные, но в них ванна 2 заполняется раствором красителя, а ткань движется со скоростью около 50 метров в минуту.

Интересны способы *печатания* тканей. Считают, что они зародились в Индии, на Русь пришли в XII веке и до конца XVIII века везде осуществлялись целиком вручную. Чаще всего узор печатался (или, как говорили, набивался) на ткань с помощью особых деревянных досок (манеров) с вырезанным на них рисунком. Манер погружался в котел или ящик с краской, потом прикладывался к ткани, расстеленной на специальном печатном столе, покрытом для мягкости несколькими слоями материала, и затем по манеру наносился легкий удар. В результате краситель из манера выбивался на ткань. Поэтому-то ткани, украшенные таким способом, получили наименование набоек. Да и сейчас бытует выражение «набивные ткани», хотя способ печатания уже совершенно иной.

Ручной труд печатания манерами был очень непроизводительным. Надо было изыскивать пути ускорения процесса. Сохранились сведения, что Ч. Тейлор и Т. Уолкер в Манчестере с 1770 года печатали ткани на машине с деревянным цилиндром, на котором был выгравирован узор. И все же считается, что цилиндрическая печатная машина изобретена Беллом в 1783 году. А в 1805 году Дж. Бертон ввел в употребление машину, на



*Схема двухвальной печатной машины*

которой ткань пропускалась между двумя валами и изображение печаталось сразу двумя красками.

С тех пор печатная машина практически не изменилась, хотя в настоящее время при печатании на ткань может наноситься сложный многоцветный рисунок.

Каждый цвет наносится медным или стальным нержавеющей валом 1, имеющим гравированные углубления, соответствующие рисунку данного цвета. Слой краски на вал наносится быстровращающейся щеткой, погруженной в корытце с красителем, имеющим вид жидкой пасты. Излишки красителя снимаются с поверхности вала стальными пластинками — раклями 2, краситель же останется только в гравированных углублениях.

Ткань, сматываясь с рулона 6, проходит направляющий валик 5 и затем огибает главный барабан 3, кон-

тактируя при этом с печатающими валами, каждый из которых наносит на ткань часть рисунка («свой» цвет). Чтобы барабан не пачкался, между ним и тканью пропускается специальная подкладка 4.

После печатания ткань поступает в камеру термообработки для закрепления полученного рисунка.

Сегодня существуют многовальные (до одиннадцати валов) печатные машины, благодаря чему становится возможным создание на ткани очень сложных многоцветных композиций. Скорость печатания достигает 170 метров в минуту. Такая скорость создает трудности в визуальном контроле качества печатания (при подобном контроле выясняют, не происходит ли смещение друг относительно друга отдельных составляющих многоцветного рисунка, наносимых разными валами).

Поскольку человеческий глаз в состоянии обеспечивать визуальный контроль качества печатания при скорости, не превышающей 70 метров в минуту, остается передать его автоматике. Забегая вперед, скажем, что задача эта уже решена. Использован известный стробоскопический эффект, основанный на том, что человеческое зрение сохраняет воспринятое изображение в течение некоторого времени (составляющего сотые доли секунды). Если освещать движущуюся ткань мигающим светом, то можно подобрать такую частоту миганий, что рисунок покажется нам неподвижным. А наблюдать за «стоящим» рисунком несравненно проще, чем за «бегущим», даже если он движется не очень быстро.

После крашения, печатания, а иногда сразу после беления проводят *заключительную отделку* тканей. Последние пропитывают специальными составами-аппретами для придания им определенных свойств: несминаемости, жаростойкости, способности отталкивать влагу или, наоборот, активно впитывать ее, давать малую усадку при смачивании и др. Иногда ткани подвергают тиснению (подобно коже). И наконец, ткани проглаживают тяжелыми разогретыми валами-каландрами.

У нетканых материалов и трикотажа последний этап обычно короче. Они подвергаются лишь крашению, печатанию и заключительной отделке, да и то не всегда.

В операциях красильно-отделочного производства, начиная с опаливания и кончая заключительной отделкой, поистине необозримое поле деятельности для автоматики. Достаточно назвать регулирование температуры,

уровня и концентрации отбелных, красильных растворов и аппретов, влажности ткани на разных стадиях обработки, давления в варочных котлах, скорости движения ткани на машинах непрерывного действия, температуры среды в запарных камерах, разогрева сушильных барабанов и каландров. Стоит вспомнить также автоматическое выключение газовых горелок при любой остановке ткани в процессе опаливания (иначе ткань просто сгорит), останов машины при открытии защитных ограждений и многое другое. Можно утверждать, что красильно-отделочное производство — самый большой потребитель средств автоматики в текстильной промышленности. Многие здесь уже сделано, но еще больше остается сделать.

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Если еще раз окинуть беглым взглядом путь от кипы хлопка до готовой ткани, то кроме множества задач, которые текстиль ставит перед автоматикой буквально на каждом технологическом переходе, обращает на себя внимание многопереходность производства. Только в прядении мы столкнулись с шестью стадиями процесса: разрыхлением, трепанием, чесанием, ленточным и ровничным переходами и, наконец, с собственно прядением. А это значит, что необходима трудоемкая транспортировка между машинами материала и тары (кип, холстов, ленты, ровницы, пряжи, тазов, катушек, шпуль, патронов, ящиков, корзин). Материал нужно подать на каждую машину или установить на ней, его надо с каждой машины снять. Что греха таить, сегодня многие из этих операций все еще выполняются вручную.

При выработке пряжи хлопок внутри предприятия проходит зигзагообразный путь длиной около 7000 километров (от склада хлопка до цеха перематывания пряжи на мотальных машинах). Общее количество рабочих операций (приемов) в прядении хлопка (от кипы до пряжи) доходит до 6000.

Не случайно в хлопчатобумажной промышленности от 30 до 40 % рабочих занято на вспомогательных и подсобных операциях. Задача автоматов — освободить их от этих операций, обычно монотонных и утомительных. Следовательно, надо развивать автоматизированный транспорт (пневматический, конвейеры с адресованием

и т. п.), создавать робототехнические комплексы для установки и съема полуфабрикатов, совершенствовать оборудование, объединять технологические переходы (что позволит уменьшить их общее количество). Так, например, создание ленточных машин высокой вытяжки позволило уменьшить требуемое число ленточных переходов. Использование пневмотранспорта между разрыхлительной, трепальной и чесальной машинами исключило ручной труд по транспортировке волокна на этих переходах. Большое значение имела автоматизация процессов уборки отходов производства (очесов, пуха и др.) на трепальных, чесальных и прядильных машинах.

Еще одна важная задача автоматизации — уменьшить число и продолжительность периодических перерывов в работе машин, вызванных не только необходимостью съема продукции и установки полуфабриката, но и поломки из-за износа оборудования, а главное, из-за обрывов нитей.

Об обрывности нитей в прядильном и ткацком производствах надо сказать особо. Это настоящий бич. На всех наших текстильных предприятиях в течение каждого часа работы происходит примерно полтора миллиона обрывов нитей на прядильных машинах и около полумиллиона в ткацком производстве. Для их ликвидации расходуется более 30 % времени нескольких десятков тысяч рабочих. Одна только прядильщица за смену ликвидирует около тысячи обрывов нитей.

Установлено, что при увеличении числа обрывов на хлопкопрядильных машинах с 30 до 180 на 1000 веретен в час, т. е. в шесть раз, потеря выработки пряжи возрастает в 40 раз, а возможное число веретен, обслуживаемых одной прядильщицей, уменьшается на 57 %. Нельзя также забывать, что каждый обрыв нити увеличивает отходы сырья, ухудшает качество пряжи и ткани.

Что же здесь может сделать автоматика?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо проанализировать, от чего зависит обрывность. Причин множество, и даже, наверное, не все до конца ясны. И все же мы можем с определенностью сказать, что в значительной степени повышение обрывности вызывается неровнотой полупродукта (изменением толщины ленты, ровницы по длине), неравномерностью работы машины (прядильной, ткацкой), изменением сверх норм натяжения ни-

тей, отклонением температуры и влажности воздуха в цехе от допустимых пределов (температура 22—25 °С, влажность 65—70 %). Если влажность недостаточная, нити и волокна пересыхают, теряют выносливость к многократным растяжениям и прочность при разрыве падает (это утверждение справедливо для хлопка, а у пряжи из вискозных волокон, наоборот, потеря прочности возникает при повышенной влажности). Чрезмерная влажность приводит к налипанию волокон на вращающиеся цилиндры и валики, затрудняет очистку машин.

В борьбе со всеми перечисленными причинами повышенной обрывности нитей может помочь автоматика. Существуют, в частности, специальные регуляторы ровноты продукта на чесальных и ленточных машинах, которые, правда, еще нуждаются в совершенствовании. Неравномерность работы машин обычно вызывается износом отдельных узлов и деталей, выявить который «на ходу» машины помогает техническая диагностика (это тоже область автоматизации). Существуют возможности автоматического контроля натяжения нитей. Да и микроклимат в цехах мы в состоянии поддерживать с помощью автоматических кондиционеров.

Использование всех перечисленных средств не полностью решает, конечно, проблему, но тем не менее позволяет существенно снизить обрывность.

Можно было бы и дальше продолжать разговор о проблемах, которые ставит перед автоматикой текстиль, но, по-моему, читатель, пора перейти к системам автоматизации как таковым, посмотреть, как они устроены и что они могут.

## С АВТОМАТИКОЙ — И ГОРЯ МАЛО

### ЧТО ТАКОЕ САУ И САР

Эту книжку мы начали с терминологии. Здесь нам придется вновь к ней вернуться.

*Автоматическое управление* — воздействие на машины, аппараты и другие технические устройства, осуществляемое без непосредственного участия человека и имеющее целью обеспечение определенного режима функционирования этих устройств. Воздействие это может быть

как непрерывным, так и прерывистым, имеющим характер команд или приказов.

*Автоматическое регулирование* — частный случай автоматического управления, представляет собой процесс поддержания на заданном уровне или изменения по заданному закону какой-либо величины (температуры, уровня, давления, влажности и т. п.), называемой *регулируемой величиной*, в машинах, аппаратах или иных технических устройствах, называемых *объектами регулирования*. Осуществляется автоматическое регулирование с помощью специальных приборов — *автоматических регуляторов*.

Установленный режим работы машины или иного технического устройства обычно нарушается внешними воздействиями — *возмущениями*. Их вредное воздействие на процесс должно быть скомпенсировано соответствующим *регулирующим воздействием* регулятора. Так, постоянство частоты вращения любого двигателя нарушается изменением внешней нагрузки и должно поддерживаться за счет воздействия на органы (это *регулирующие органы*), дозирующие подвод пара, топлива, электроэнергии и т. п.; постоянство температуры в помещении нарушается при изменении условий теплообмена (например, при изменении температуры на улице) и должно компенсироваться изменением интенсивности обогрева помещения.

Как же обеспечить, например, постоянство регулируемой величины (температуры воздуха в помещении) при наличии возмущений (изменения температуры на улице)? Есть два основных способа, два *принципа регулирования*.

Можно замерять возмущения и воздействовать на объект регулирования в соответствии с результатами измерений. Здесь мы имеем принцип регулирования *по возмущению*, или автоматическую компенсацию. Достоинство данного принципа в том, что он гарантирует оперативность; ведь регулятор начинает принимать меры по компенсации вредного действия возмущений, как только эти возмущения появились, и еще до того, как регулируемая величина стала под влиянием возмущений изменяться.

Продолжим пример с температурой в помещении.

Предположим, на улице резко похолодало. Это значит, что при неизменном режиме отопления через неко-

торое время в комнате температура тоже понизится. Но если за окном висит термометр и мы, следя за ним, будем соответствующим образом крутить кран на батарее центрального отопления, то можно добиться строго постоянной температуры в помещении. Правда, нужно точно знать, насколько необходимо открыть или закрыть кран при определенном изменении температуры за окном.

Регулирование? Да. Но не автоматическое. А вот если между термометром и краном на батарее поставить некое силовое устройство, пусть электродвигатель, и заставить его крутить кран по сигналам термометра, то регулирование станет автоматическим.

Беда принципа регулирования по возмущению состоит в том, что он не универсален, т. е. работает не во всех случаях, ибо на объект, как правило, действует множество возмущений и не все из них можно измерить (некоторые даже трудно предвидеть). В комнате, в частности, может работать телевизор, меняться количество людей, тоже являющихся источниками тепла, из кухни через открытую дверь может поступать тепло от горячей газовой плиты, могут открываться форточки, дверь на лестницу, да мало ли что еще может происходить в квартире, влияя на ее температурный режим!

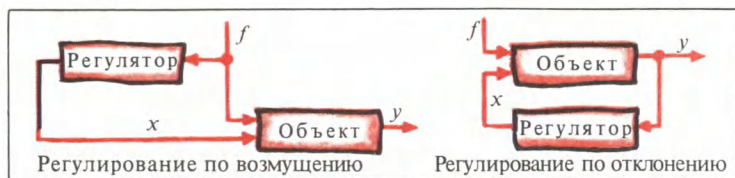
Тут наша система с термометром на улице почти ничего не даст.

Как же быть? Люди давно думали над этим вопросом и, конечно, нашли на него ответ. Этим ответом стал принцип регулирования *по отклонению*. Суть его в том, что регулирующее воздействие формируется в зависимости от отклонения регулируемой величины от требуемого значения.

В нашем примере, если термометр, управляющий двигателем крана центрального отопления, поместить в комнате, то будет совсем не важно, какие причины (возмущения) привели к изменению температуры в ней. Термометр, двигатель и кран будут принимать меры к поддержанию постоянной температуры при действии любых возмущений.

Такой принцип универсален, но с его помощью, строго говоря, нельзя добиться абсолютного постоянства регулируемой величины, поскольку регулятор реагирует только на ее отклонения от заданного значения, а, значит, регулирующее воздействие, компенсирующее влия-





При регулировании по возмущению возмущающее воздействие  $f$  подается одновременно на объект и регулятор. Последний в соответствии с воздействием  $f$  подает на объект регулирующее воздействие  $x$ . В результате на выходе объекта имеем требуемое значение регулируемой величины  $y$ .

В системах регулирования по отклонению воздействие с выхода объекта вновь подается на его вход, образуя так называемую обратную связь. Благодаря этой связи регулирующее воздействие  $x$  оказывается зависящим от регулируемой величины  $y$ .

ние возмущения, не возникает до тех пор, пока не появится упомянутое отклонение.

И все же принцип регулирования по отклонению является в автоматике основным. Использовать его начали в очень давние времена. В литературе примеры его применения обычно связывают с первыми промышленными регуляторами Ползунова и Уатта, относящимися к XVIII веку (см. с. 26 и 27), но можно привести и более ранние примеры: регулятор уровня в водяных часах Ктесибия (см. с. 12), маятниковый регулятор хода часов Гюйгенса (см. с. 20), сотрясательный механизм Рамелли (см. с. 24). Во всех них — и это уже отмечалось — использовалась идея обратной связи, очень важная в принципе регулирования по отклонению.

Теперь можно ввести еще один термин, сказав, что комплекс объекта и регулятора называется *системой автоматического регулирования (САР)*; вспомним, что ранее мы уже говорили о системе автоматического управления (САУ).

Пока мы регулятор рассматривали как единое целое, однако успели, наверное, заметить на примере регулирования температуры в комнате, что он состоит из отдельных элементов, или звеньев (такими звеньями в примере являются термометр, двигатель, кран).

Система автоматического регулирования имеет несколько характерных звеньев, выполняющих вполне определенные функции.

Прежде всего регулятор должен «наблюдать» за регулируемой величиной, а для этого ему необходимы «органы чувств». У регулятора таким «органом чувств» является *датчик* — устройство, которое преобразует регулируемую величину в некий сигнал (обычно электрический или пневматический), удобный для использования в автоматической системе. Простой термометр, к которому мы привыкли, еще не является датчиком, ибо дает только визуальную информацию о температуре, а в такой форме информацию трудно использовать в автоматической системе. Чтобы термометр сделать датчиком, надо его усовершенствовать и заставить формировать упомянутый выше сигнал (о подобном усовершенствовании мы поговорим чуть позже).

Способность датчика реагировать на малые изменения регулируемой величины определяется его чувствительностью. На практике обычно чем выше чувствительность датчика, тем более слабые сигналы он способен сформировать на выходе. А это значит, что САР может понадобиться еще одно звено — *усилитель*, усиливающий сигнал по мощности.

Усилители могут быть самыми разнообразными, но в целом их можно подразделить на три основные группы: электрические, пневматические и гидравлические.

Если датчик почувствовал изменение регулируемой величины, а усилитель это чувство усилил, то теперь кто-то должен «приложить руки» к регулирующему органу, переместить его, чтобы создать регулирующее воздействие. Нужен как бы орган движения, и этот орган должен быть достаточно мощным, чтобы у него хватило



Основные звенья регулятора

сил справиться с регулирующим органом (ведь даже кран парового отопления может быть довольно тугим). Таким органом движения является *исполнительный механизм* — силовое устройство необходимой мощности, обычно двигатель, непосредственно воздействующий на регулируемый орган.

Пожалуй, в эту компанию, образующую регулятор, следовало бы включить еще одно звено — задатчик. Это устройство указывает системе требуемое значение регулируемой величины. Сигналы датчика и задатчика сравниваются в специальном *устройстве сравнения*, а их разность, характеризующая отличие текущего значения регулируемой величины от заданного и называемая сигналом рассогласования, подается на усилитель.

Вот теперь все в порядке: система сама знает, что ей делать. Как только регулируемая величина станет отклоняться от заданного значения, появится сигнал рассогласования, который усилится, подействует на исполнительный механизм, а тот в свою очередь с помощью регулирующего органа создаст регулирующее воздействие и скомпенсирует вредное влияние возмущения.

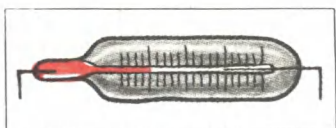
## ДАТЧИКИ — «ОРГАНЫ ЧУВСТВ»

Вид датчика, естественно, зависит от того, какую величину мы собираемся регулировать. Но и для каждой величины предусмотрено обычно несколько разных датчиков.

Какие же регулируемые величины (или, как их еще называют, регулируемые технологические параметры) мы будем рассматривать? Конечно, те, которые определяют ход технологических процессов в текстильной промышленности, а значит, и качество получаемой продукции.

Итак, сначала о *датчиках температуры*.

Температуру научились измерять очень давно. Первый прибор для измерения «степени жары и холода» изготовил Галилео Галилей и назвал его термоскопом. Термоскоп представлял собой сосуд, имевший форму колбы «размером с яйцо с длинным и тонким, как пшеничный стебель, горлышком». Горлышко это «смотрело» вниз и опускалось в сосуд с водой. Когда колба нагревалась, воздух в ней расширялся и частично выходил через воду наружу. После этого колбу надо было охладить



*Контактный термометр. При таком датчике не требуется отдельное устройство сравнения (оно заключено в нем самом), а вот усилитель нужен, потому что электроды очень тонкие и через них нельзя пропускать тот ток, который необходим для управления исполнительным механизмом*



*Манометрический термометр*

до первоначальной температуры, и тогда вода поднималась по горлышку. Уровень подъема воды говорил о разности температур в процессе измерения.

После каждого измерения колбу надо было вынуть из воды, чтобы вновь заполнить ее воздухом.

Для решения наших задач такой прибор, конечно, не годится. Ртутные и спиртовые термометры, которые появились позже, тоже не очень-то нам подходят.

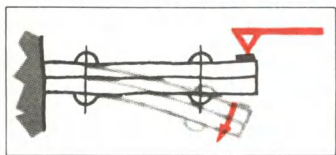
Самым простым датчиком температуры можно считать ртутный термометр, но не тот, к которому мы привыкли, а немного усовершенствованный — так называемый контактный термометр. В него введены две тонкие проволоочки (это электроды): одна — в баллончик со ртутью, а вторая — с противоположной стороны в капилляр. Вторая проволоочка подвижна и может устанавливаться на заданную температуру. Ртуть, как известно, жидкий металл и хорошо проводит ток. Когда термометр включается в электрическую цепь, но температура ниже заданной, ртуть не доходит до правого электрода, и электрическая цепь разорвана. Как только температура достигает заданного уровня, ртуть коснется правого электрода и цепь замкнется. В итоге образуется электрический сигнал, который может управлять исполнительным механизмом, изменяя нагрев объекта.

Другим широко распространенным датчиком температуры является манометрический термометр. Оказывается, манометр может использоваться для измерения

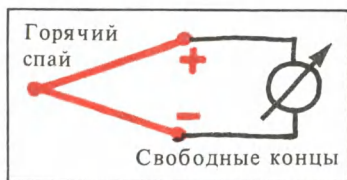
не только давления воздуха или другого газа, но и температуры. Для этого его связывают гибким капилляром с баллончиком, заполненным газом. Баллончик помещают в объект регулирования. При нагревании газ расширяется, а поскольку объем баллончика и капилляра неизменен, повышается давление газа, что и улавливает манометр, шкала которого проградуирована прямо в единицах температуры. Если же на шкале поместить две стрелки, одна из которых вручную будет устанавливаться на заданную температуру, а на кончиках стрелок сделать контакты, подключенные к электрической цепи, то при совмещении стрелок будет тот же эффект, какой имеем на ртутном контактном термометре.

С третьим датчиком температуры ты, читатель, наверняка сталкивался, хотя, возможно, об этом и не знаешь. Это так называемый биметаллический датчик. Он представляет собой две склепанные пластинки, состоящие из металлов с разным коэффициентом линейного расширения. При нагревании пластинки удлиняются по-разному, а значит, двойная пластинка изгибается и электрическая цепь разрывается (см. рисунок). При охлаждении пластины цепь замыкается вновь. Именно так устроен регулятор температуры во всех электрических утюгах. Здесь нет ошибки — именно регулятор. В данном случае датчик не нуждается во всех остальных элементах и выполняет функции регулятора в целом. Правда, от такого регулятора очень высокой точности поддержания температуры ждать не приходится.

Все перечисленные датчики применяются для регулирования сравнительно невысоких температур: первые два — до  $100\text{--}150^\circ\text{C}$ , третий — до  $150\text{--}200^\circ\text{C}$ . Кроме того, для них характерно скачкообразное изменение выходного сигнала (тока в электрической цепи) при дости-



*Биметаллический датчик температуры*



*Термопара*

жении температурой заданного значения. Такие датчики называются датчиками позиционного типа.

Для регулирования более высоких температур применяют терморезисторы и термопары.

Терморезисторы — это специальные резисторы, электрическое сопротивление которых меняется при изменении температуры. Их изготавливают из меди, платины или некоторых полупроводниковых материалов. Если такой резистор включить в электрическую цепь, то изменение его сопротивления будет приводить в соответствии с законом Ома к изменению тока в цепи, причем ток будет меняться (при изменении температуры) не скачкообразно, а плавно.

Термопара (или термоэлектрический термометр) представляет собой два разнородных проводника из специальных материалов (применяются такие пары материалов, как хромель — копель, хромель — алюмель, железо — константан и др.), спаянных с одного конца. Место соединения проводников называют горячим спаем, а противоположные концы — свободными (или холодными) концами. Если горячий спай и свободные концы находятся при разной температуре, то термопара вырабатывает так называемую термо-ЭДС, величина которой зависит от разности температур горячего спая и свободных концов. Последние обычно держат при постоянной (например, комнатной) температуре и подключают к ним измерительный прибор (милливольтметр), а горячий спай помещают в объект регулирования. Тогда по показаниям прибора можно судить о температуре объекта.

Этот датчик, как и терморезисторы, тоже дает плавно меняющийся сигнал.

Датчики с плавно меняющимся сигналом называются датчиками непрерывного типа.

Перейдем теперь к *датчикам уровня*.

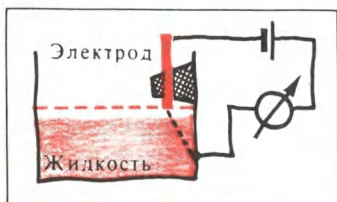
Уровень жидких и сыпучих сред также является часто встречающимся технологическим параметром в текстильной промышленности: приходится регулировать уровень волокна в бункерах трепальных и чесальных машин, благодаря чему волокно более равномерно подается к рабочим органам машин и получаемый на выходе материал имеет лучшее качество; требуется регулировать уровень самых различных растворов в машинах красильно-отделочного производства и шлихтовальных машинах.

Для жидкостей широко применяются поплавковые, электродные и емкостные датчики.

На поплавковых датчиках подробно останавливаться не стоит: принцип их действия и так понятен. Скажем только, что поплавок может сам воздействовать на регулирующий орган (например, клапан), как это сделано в знакомом всем сливном бачке, и тогда мы имеем так называемую систему прямого действия, а может и перемещать движок реостата или другого элемента, преобразующего это перемещение в электрический сигнал (изменение тока), и уже этот сигнал станет управлять исполнительным механизмом (такие системы оказываются более точными и называются системами непрямого действия).

Электродные датчики исключительно просты, дешевы и надежны, но годятся только для электропроводящих жидкостей. Оговорка эта не должна нас смущать, поскольку практически все жидкости, используемые в текстильной промышленности, электропроводящие (даже чистая вода, где всегда есть ионы растворенных солей). Датчик представляет собой металлический стержень (электрод), установленный в металлическом сосуде на электроизолирующем кронштейне. Электрод и корпус сосуда включены в электрическую цепь, и появление в цепи тока можно использовать для прекращения подачи жидкости в сосуд.

В отличие от поплавкового электродный датчик является датчиком позиционного типа.



*Если уровень жидкости не доходит до электрода электродного датчика уровня, электрическая цепь разорвана. Когда же уровень достигнет нижнего конца электрода, цепь замкнется*



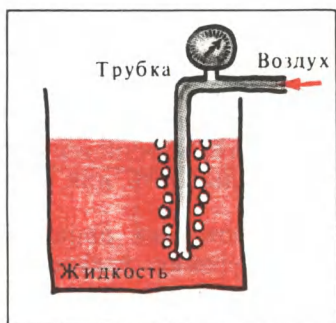
*Емкостный датчик уровня*

Еще один непрерывный датчик уровня — емкостный. Это своеобразный конденсатор. Как известно, конденсатор имеет две обкладки, разделенные изоляцией, а емкость его зависит от расстояния между обкладками, диэлектрической проницаемости изоляции и площади обкладок. В емкостном датчике одна обкладка выполнена в виде металлического стержня и заключена в изолирующую трубку, а второй обкладкой является сама жидкость (опять же электропроводящая). Здесь расстояние между обкладками и диэлектрическая проницаемость изоляции постоянны, а площадь обкладок зависит от уровня жидкости: чем выше уровень, тем большая часть центрального стержня «перекрывается» жидкостью. Но ведь чем больше емкость конденсатора, тем меньше его сопротивление протеканию переменного электрического тока. Вспомнив опять закон Ома, можно утверждать, что переменный ток в цепи, в которую включен рассмотренный датчик, будет тем больше, чем выше уровень жидкости.

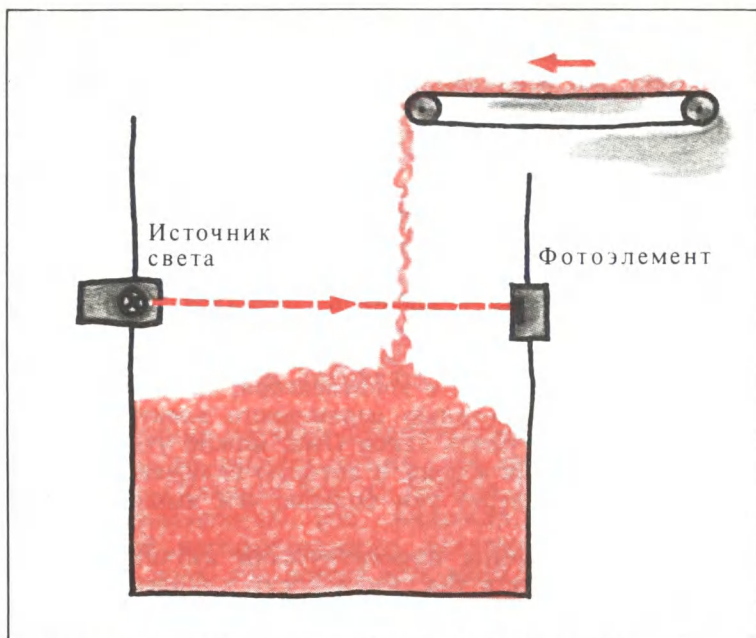
Реже используется пневматический датчик уровня. Здесь идея состоит в том, что в сосуд с жидкостью погружается трубка. Через трубку продувается сжатый воздух. Сопротивление выходу воздуха из трубки в жидкость будет тем больше, чем больше давление жидкости на нижнем срезе трубки, а значит, чем выше уровень жидкости. От упомянутого сопротивления будут зависеть показания манометра, фиксирующего давление воздуха в трубке.

Если возникает задача регулирования уровня сыпучих материалов (например, волокон), то чаще всего при-

*Пневматический датчик уровня*  
Из рассмотренных датчиков это первый, в котором формируется не электрический, а пневматический сигнал (изменение давления воздуха), характеризующий значение регулируемой величины







*Фотоэлектрический датчик уровня*

меняют фотоэлектрический датчик, основной частью которого является фотоэлемент. Какими бы фотоэлементами ни были, все они непременно реагируют на освещенность, либо меняя свое сопротивление (как фоторезисторы), либо вырабатывая ЭДС, зависящую от освещенности (генераторные фотоэлементы).

Предположим, в бункер подается волокно. Установим в этом бункере источник света, формирующий направленный луч, а на противоположной стенке поместим фотоэлемент. Дальше все ясно: как только волокно перекроет луч света, резко уменьшится освещенность фотоэлемента и он создаст электрический сигнал (как это делали терморезистор или термопара), который можно использовать для прекращения подачи волокна в бункер.

По тому же принципу работает и радиоактивный датчик уровня, только в нем источник света и фотоэлемент заменяют источник и приемник радиоактивного излучения. Достоинство этого датчика в том, что он спо-

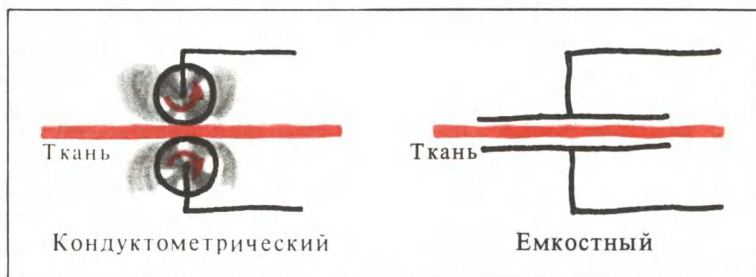
способен реагировать и на толщину слоя волокон, перекрывающего луч (другими словами, если волокно насыпается в бункер узким «холмом», то систему с таким датчиком можно заставить сработать тогда, когда толщина «холма» на уровне датчика достигнет определенного значения).

Еще одним важным технологическим параметром, определяющим качество текстильной продукции, является влажность. Необходимость в регулировании влажности возникает, например, при шлихтовании основы и при многих «мокрых» обработках ткани в красильно-отделочном производстве. Указанный параметр важно контролировать и при поступлении хлопка на фабрику; ведь приемка кип ведется по массе (и оплата поставщику — тоже). Чем больше влажность хлопка, тем больше в кипе воды, которая оплачивается по цене хлопка. Влажность можно определять высушиванием: взять из кипы небольшое количество хлопка, точно взвесить его, потом хорошенько высушить и снова взвесить. Разница в массе покажет нам влажность. Но такая операция требует времени — от 1 до 2 часов. А проверка на электровлажномере, использующем датчики, о которых сейчас пойдет речь, занимает всего 1—3 минуты.

В настоящее время широко применяются *датчики влажности* двух основных типов: кондуктометрический и емкостный.

Название «кондуктометрический» происходит от слова «кондуктор» (или «проводник»).

Действие датчика основано на способности влажной ткани, пропускаемой между стальными роликами, проводить электрический ток, причем эта способность (электрическое сопротивление слоя ткани между роли-



*Датчики влажности*

ками) зависит от влажности ткани: чем влажность выше, тем сопротивление ткани меньше (абсолютно сухая ткань вовсе не проводит ток, являясь хорошим изолятором). Если ролики включить в электрическую цепь, то опять, как и в случае с терморезистором, получим зависимость тока в цепи от уровня регулируемого параметра.

Емкостный датчик представляет собой конденсатор, между обкладками которого пропускается ткань. Диэлектрическая проницаемость ткани зависит от ее влажности; следовательно, от влажности будет зависеть и емкость конденсатора.

В настоящее время ведутся работы по созданию других датчиков влажности ткани — инфракрасных, радиоактивных, но всерьез говорить о них пока еще рано.

Если ты, читатель, помнишь, мы, когда рассказывали о прядильном и ткацком производствах, отмечали важность поддержания определенной влажности воздуха в цехах. Но как ее измерять?

Прежде всего существует метод сухого и мокрого термометров. Такие спаренные термометры, называемые психрометрами (от греческих «ψυχρος» — холодный, «μετροω» — измеряю), висят во всех музеях. Баллончик с ртутью одного из термометров обмотан тряпочкой, погруженной в воду. Чем ниже влажность воздуха в помещении, тем интенсивнее испаряется с тряпочки вода. А поскольку при испарении температура воды понижается, мокрый термометр показывает более низкую температуру, чем сухой. По разности этих температур с помощью специальных таблиц можно судить о влажности воздуха.

Все бы хорошо, да такой прибор не годится в качестве датчика автоматической системы; его доработка (в духе контактного термометра, рассмотренного выше) была бы неоправданно сложной.

Есть другой датчик, названный гигрометром (γυρος — влажный). Его действие основано на способности пряди обезжиренных человеческих волос либо животной пленки изменять свою длину при изменении влажности воздуха.

Гигрометр впервые изобретен Леонардо да Винчи, причем за 300 лет до Соссюра, которому официально приписывается это изобретение. Изменение длины пряди волос может с помощью рычажка привести к перемещению движка чувствительного реостата, а значит, вы-

звать формирование необходимого нам электрического сигнала.

Уже разработаны и используются датчики, основанные на способности некоторых полупроводниковых материалов менять свое электрическое сопротивление при изменении влажности окружающего воздуха. Тут уж совсем просто: не надо никакой механики, никаких рычажков. Достаточно включить такой элемент в электрическую цепь, и при изменении влажности воздуха в цепи будет меняться ток.

С влажностью, можно считать, справились. Перейдем к давлению воздуха, пара и газов.

С необходимостью регулировать давление воздуха или пара мы встречаемся в красильно-отделочном производстве при некоторых видах обработки ткани в котлах под давлением. Сжатым воздухом определенного давления иногда осуществляют прижим валов, отжимающих ткань после пропитывания ее в ваннах (плюсовках) различными растворами.

*Датчики давления* — все одного типа. Это манометры (*манос* — редкий, неплотный), которые с помощью трубчатой пружины, мембраны или металлической гармошки (*сильфона*) преобразуют давление газа в линейное перемещение, а последнее, как мы уже говорили, превратить в электрический сигнал нетрудно.

Довольно часто приходится регулировать частоту вращения валов в самых различных машинах прядельного, ткацкого и красильно-отделочного производств. *Датчики частоты вращения* тоже единообразны. Это тахометры (*тахос* — быстрота, скорость) — маленькие электрические генераторы, имеющие, как и большие генераторы, статор и ротор. При вращении ротора тахометра на его обмотке появляется ЭДС, зависящая от частоты вращения ротора, а значит, и того вала, с которым связан ротор. Задача решена.

Очень важным технологическим параметром, от которого зависит качество продукции во многих процессах красильно-отделочного производства, является концентрация растворов кислот, щелочей, солей, красителей и т. п.

Из *датчиков концентрации* укажем сначала на кондуктометрический датчик, в котором используется зависимость электропроводности раствора от его концентрации. С кондуктометрическими датчиками мы уже встре-



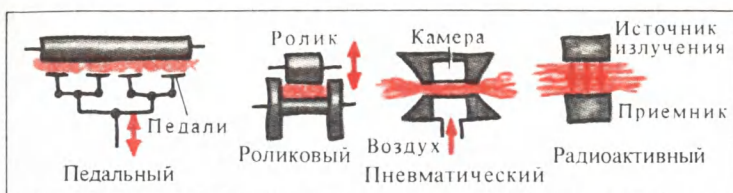
*Кондуктометрический датчик концентрации представляет собой разъемный цилиндр, в который вставлены четыре кольцевых электрода из нержавеющей стали*

чались, когда говорили о влажности. Здесь принцип тот же, но устройство иное.

Датчик погружается в раствор. К наружным электродам подводится напряжение переменного тока (при постоянном токе активно происходил бы процесс электролиза и его продукты оседали бы на электродах). При этом в столбе жидкости внутри датчика протекает ток, зависящий от электропроводности раствора и, следовательно, от его концентрации. Этот ток вызывает падение напряжения на внутренних электродах, которое тоже будет зависеть от концентрации раствора. Так получается нужный электрический сигнал.

Рассмотренный принцип, однако, может быть применен не во всех случаях. В частности, при высоких концентрациях раствора его электропроводность велика и очень мало меняется при изменении концентрации. Это плохо. Значит, надо искать другой путь. И таким путем может стать использование зависимости плотности раствора от его концентрации (указанная зависимость ощутима как раз при высоких концентрациях). Здесь помогут поплавки, называемый ареометром, и знакомый с детства закон Архимеда: на погруженное в жидкость тело действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости. Чем больше плотность жидкости, тем больше весит вытесненная жидкость и тем с большей силой выталкивается из нее поплавок. И если уровень жидкости в контрольном сосуде неизменный, то по положению поплавка можно судить о концентрации раствора.

Конечно, не все проблемы регулирования концентрации «перекрываются» этими датчиками. Много, напри-



*При использовании датчиков ровноты волокнистого материала регулирование ровноты осуществляется по их сигналам изменением либо подачи материала в зону обработки, либо его вытяжки. Педаальный и радиоактивный датчики измеряют ровноту широкого материала (холста), а роликовый и пневматический — узкого (ленты)*

мер, хлопот с концентрацией красителей, но об этом позже.

Есть еще один технологический параметр, очень специфичный для текстильной промышленности, о котором нельзя не сказать. Речь идет о ровноте волокнистого материала (холста, ленты). Регулирование ровноты исключительно важно на чесальном и ленточном переходах.

Датчик ровноты должен измерить либо толщину продукта, обеспечив при этом его постоянную плотность, либо одновременно толщину и плотность продукта. Первый способ реализован в педаальном и роликовом датчиках (постоянство плотности материала достигается определенным усилием прижима педалей или подвижного ролика, а положение подвижных элементов характеризует толщину материала), а второй — в пневматическом и радиоактивном датчиках. Причем в пневматическом датчике от плотности материала, пропускаемого через сопло определенного диаметра, зависит давление воздуха в камере, а радиоактивный датчик использует зависимость степени поглощения радиоактивного излучения волокнистым материалом от его толщины и плотности.

Думается, на этом можно закончить разговор о датчиках технологических параметров. Он получился довольно длинным, потому что параметров немало, а датчиков еще больше и все они довольно разнообразны. Но дальше дело пойдет быстрее: остальные звенья регулятора не потребуют от нас столько внимания.

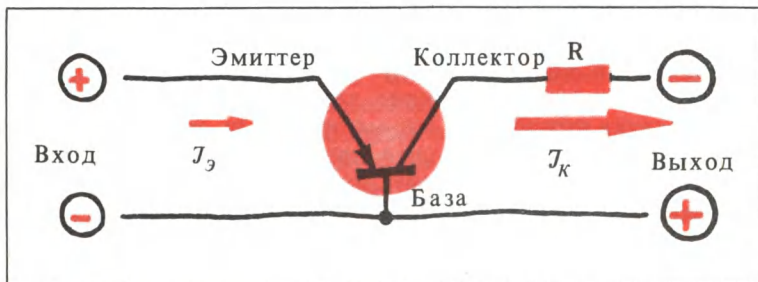
## О ДРУГИХ ЧЛЕНАХ КОМПАНИИ

*Усилители* — как все же себе представить, что это такое?

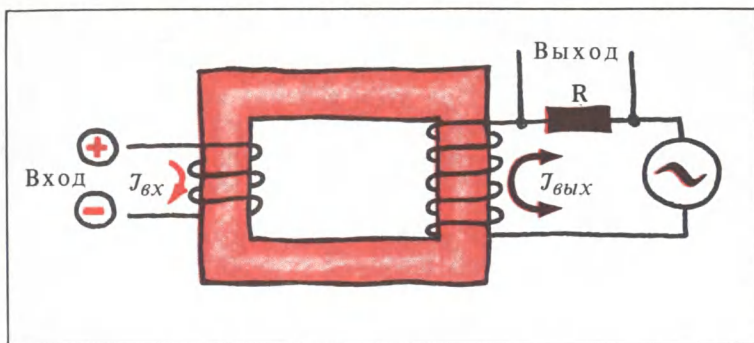
Возьмем водопроводный кран. Чтобы его открыть, достаточно легкого движения пальцев, а вот струю воды, которая пошла, никакой рукой не удержать. Почему? Потому что вода имеет большую энергию благодаря давлению, созданному на водопроводной станции. Любой усилитель — по существу, тот же кран, в котором малым входным усилием открывается мощный поток энергии, созданный внешним источником.

В полупроводниковом усилителе основным элементом является транзистор. Не вдаваясь подробно в теорию, отметим, что внешний источник энергии создает значительное напряжение, подаваемое в цепь коллектор — база. Это напряжение как давление на водопроводной станции, оно позволяет получить большой поток энергии на выходе ( $I_k$ ). В качестве резистора  $R$ , включенного в выходную цепь, может выступать, например, спираль электронагревателя. И тогда, меняя совсем немного входной сигнал ( $I_a$ ), мы сможем активно управлять нагревом спирали. Изменение мощности на входе может составлять доли ватта, а на выходе — десятки и даже сотни ватт.

Есть и другой усилитель, называемый магнитным. В левую обмотку подается небольшой входной ток ( $I_{вх}$ ). К правой обмотке подключен источник переменного напряжения (внешний источник энергии). Небольшие изменения входного постоянного тока вызывают изменения намагниченности сердечника, а это, оказывается, сильно влияет на сопротивление правой катушки переменному



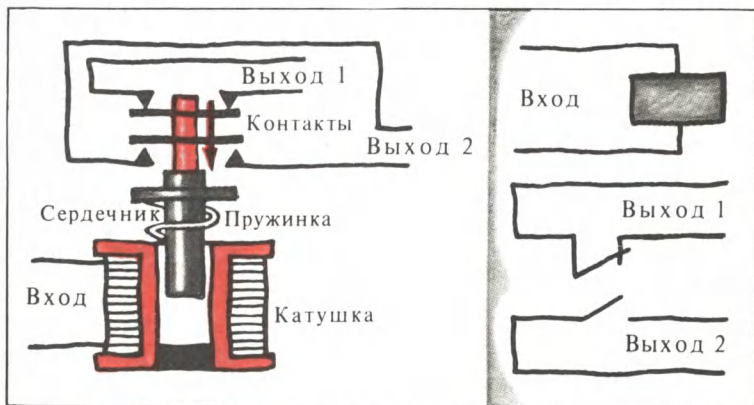
*Похож ли транзистор на кран? Похож. Ведь малым эмиттерным током ( $I_a$ ) удастся вызвать большой коллекторный ток ( $I_k$ )*



*Конструктивно магнитный усилитель исключительно прост: это стальной сердечник, на который намотаны две обмотки*

току. Следовательно, согласно закону Ома выходной ток ( $I_{\text{вых}}$ ) значительно меняется. И опять получился кран — малые изменения энергии на входе вызывают большие изменения энергии на выходе.

К усилителям можно отнести еще одно устройство, которое чрезвычайно широко используется в автоматике, но почти никогда не называется усилителем, хотя, по существу, и является им. Речь идет о реле, изобретенном в 1830 году русским ученым П. Л. Шиллингом.



*Коротко говоря, реле — маленький электромагнит с контактами. А если чуть поподробнее, то реле состоит из катушки, сердечника, пружинки и контактов (рядом с изображением электромагнитного реле показано, как условно обозначаются катушки и контакты в электрических схемах)*



Если на вход реле (в обмотку катушки) подать небольшой ток, то в катушке возникнет электромагнитное поле, которое втягивает сердечник, преодолевая сопротивление пружинки. При этом верхние контакты размыкаются (они называются размыкающими), а нижние замыкаются (они называются замыкающими). Об этом состоянии говорят «реле сработало» (или «реле включено»).

Если к выходным цепям, называемым «Выход 1» и «Выход 2», подключить внешний источник значительного напряжения, то при сработавшем реле в цепи «Выход 2» появится большой ток, а в цепи «Выход 1» тока не будет. Если же входной сигнал снять (выключить ток в катушке), то пружинка поднимет сердечник и тогда реле вернется в исходное состояние (говорят «реле отпустило», или «реле выключено»). В результате большой ток окажется в цепи «Выход 1», а в цепи «Выход 2» тока не будет.

Усилителем реле можно назвать потому, что ток в выходных цепях может быть в сотни и даже в тысячи раз больше, чем входной ток, вызывающий срабатывание реле. Все зависит от того, какое напряжение подать на выходные цепи. Правда, переборщить здесь тоже нельзя — при слишком больших токах на выходе могут обгорать контакты.

Итак, реле — усилитель, но весьма своеобразный: выходной сигнал в нем может меняться только скачком (от нуля до некоторого фиксированного значения и обратно). Скачок этот происходит при таком значении входного тока, при котором созданная им электромагнитная сила сможет преодолеть сопротивление пружинки и втянуть сердечник.

Очень часто реле используют просто для включения или отключения каких-то механизмов, для формирования скачкообразных команд и т. п., даже не задумываясь о его усилительных свойствах.

Несколько слов о пневматическом усилителе. Он уж и вовсе похож на кран, только сам клапан, пропускающий воздух высокого давления, открывается не «барашком», а воздухом низкого давления.

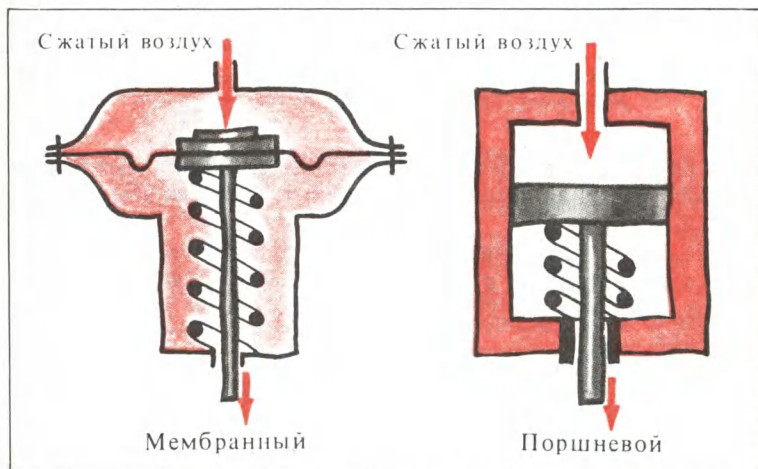
*Исполнительные механизмы* — трудяги. Их задача — крутить, тянуть, толкать регулирующие органы. Значит, это двигатели. Какие? Главным образом, электрические и немного пневматические.

Обычный электродвигатель тебе, читатель, конечно же, знаком. Принцип его действия — как у генератора, только наоборот. Тот же ротор с обмоткой в магнитном поле статора, но там ротор приводился во вращение внешним устройством и за счет этого в его обмотке наводился ток, а тут в обмотку ротора подается ток и за счет этого ротор вращается.

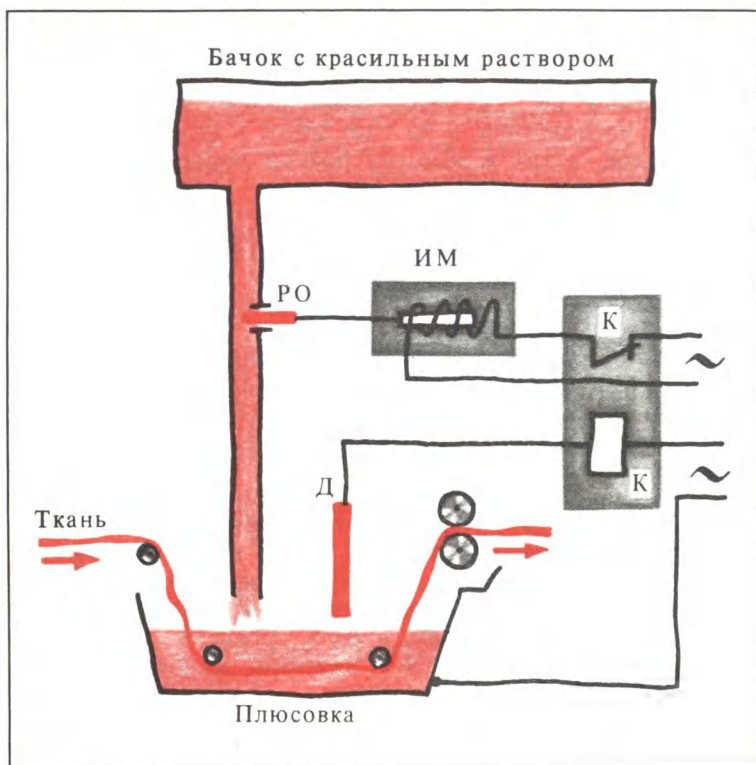
Электродвигатели используют для обеспечения плавного перемещения регулирующего органа. Если же необходимо скачкообразное перемещение, то применяются электромагниты, но достаточно мощные (слабые электромагниты — для реле).

Пневматические исполнительные механизмы могут быть мембранными или поршневыми. Входным воздействием является подача сжатого воздуха в полость над мембраной или поршнем. Выходное воздействие — перемещение штока.

Осталось кратко обсудить *регулирующие органы*. Они зависят от того, что мы регулируем и чем. Если регулируем температуру подачи пара, то регулирующий орган — паровой клапан, а если нагрев электрический, то, возможно, реостат. Если регулируем уровень жидкости, то, наверное, это кран, а если уровень хлопка, то заслонка или конвейер. Эти примеры можно было бы продолжить, но, пожалуй, хватит.



*Пневматические исполнительные механизмы*



*Система автоматического регулирования уровня красильного раствора в плюсовке*

Теперь мы в состоянии собрать *систему автоматического регулирования* любого технологического параметра.

Возьмем для примера регулирование уровня красильного раствора в ванне (плюсовке) красильной машины. Система может выглядеть так, как показано на рисунке.

Если уровень раствора в плюсовке ниже электродного датчика *Д*, то электрическая цепь, в которую включена катушка *К* реле, разорвана, реле выключено и, значит, его размыкающий контакт *К* замкнут (реле здесь играет роль усилителя). При этом по цепи питания обмотки электромагнитного исполнительного механизма

*ИМ* протекает ток, сердечник втянут и клапан, играющий роль регулирующего органа *РО*, открыт. В результате раствор из бачка поступает в плюсовку.

Как только уровень в плюсовке достигнет нижнего конца электрода, цепь питания катушки *К* замкнется (через раствор), реле сработает, его контакт разомкнется, электромагнит окажется выключенным, клапан закроется и раствор перестанет поступать в плюсовку.

Поскольку раствор все время уносится из плюсовки движущейся тканью, регулятор будет по мере необходимости пополнять плюсовку.

Завершая этот раздел, хотелось бы вновь вернуться к датчикам. Часто на практике используют комбинацию датчик — измерительный прибор. Такая комбинация называется *системой автоматического контроля* (САК). Она, конечно, проще и дешевле, чем САР, ибо не требует ни усилителя, ни исполнительного механизма. Но информацию о ходе технологического процесса она дает. Тем и ценна.

Если какой-то технологический параметр не нужно поддерживать очень строго на определенном уровне или процесс регулирования оказывается не слишком обременительным, то ограничиваются системой автоматического контроля, а функции регулирования оставляют человеку, который сам в случае необходимости воздействует на регулируемый орган. Поработать физически тоже иногда полезно. К тому же учитывается и экономический фактор — так дешевле.

## ОПЕРАЦИИ ПОРУЧЕНЫ АВТОМАТАМ

Только автоматическое регулирование и автоматический контроль недостаточны. В текстильной промышленности часто возникает необходимость автоматической выдачи определенных команд в определенных ситуациях. Разберемся-ка в этих командах и ситуациях.

Начнем с работающих механизмов, которых в текстильной промышленности предостаточно. Для безопасности людей их закрывают защитными ограждениями. Можно, конечно, повесить на ограждения таблички «Не открывай — опасно!», «Не влезай — убьет!» и т. п. Но человек привыкает к тому, что написано, и перестает обращать на это внимание. Вот тут к нему на помощь и приходят автоматические средства защиты, или так на-

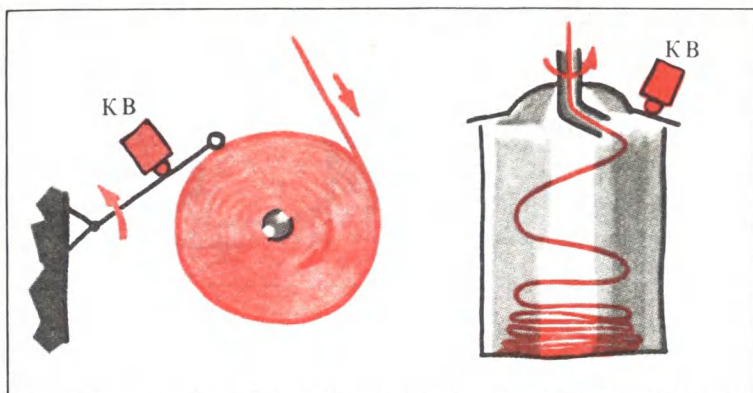
зываемые *защитные блокировки*. Они исключительно просты — кнопочный выключатель и реле, замыкающий контакт которого находится в цепи питания двигателя установки. Ограждение, когда его закрывают, нажимает на кнопку выключателя, через него ток подается на реле, оно срабатывает, и контакт замыкается. Теперь двигатель может быть запущен. Если же при работающем двигателе ограждение по неосторожности открыли, то кнопочный выключатель разрывает цепь питания реле и оно, размыкая свой контакт, обесточивает двигатель. Машина останавливается.

Фактически речь здесь идет о средствах автоматической защиты человека, но надо защищать и оборудование — от коротких замыканий, от перегрева и т. д. Опять нужна автоматика.

От коротких замыканий защищают всем хорошо известные *плавкие предохранители*, или попросту пробки. В электрическую цепь включается элемент из специального легкоплавкого материала. При сильном возрастании тока, вызванном коротким замыканием, элемент расплавляется и цепь разрывается. Для восстановления цепи элемент надо заменить. Сейчас выпускают более удобные пробки, работающие по принципу реле: электромагнит и размыкающий контакт, поджатый пружиной. При нормальном токе пружина не позволяет электромагниту разомкнуть контакт. Зато при коротком замыкании электромагнит оказывается сильнее и разрывает цепь. Для ее восстановления достаточно нажать на кнопку, вновь замыкающую контакт.

Если двигатель машины или станка перегрузить, т. е. приложить к его валу момент больший, чем тот, на который он рассчитан (допустим, станок заклинило), то двигатель начинает усиленно нагреваться, что может вывести его из строя. Для защиты двигателей от перегрева применяют биметаллические датчики (которые мы уже рассматривали), разрывающие цепь питания двигателя при нагреве его до определенной температуры. Они называются *тепловыми реле*.

Вернемся к кнопочным выключателям. Кстати, они пришли к нам из середины XIX века, где возникли как важный элемент электрического телеграфа — телеграфный ключ. Нажал на кнопку — есть электрический контакт, отпустил — нет контакта. Теперь такие выключатели используются в автоматике очень широко. На одни из

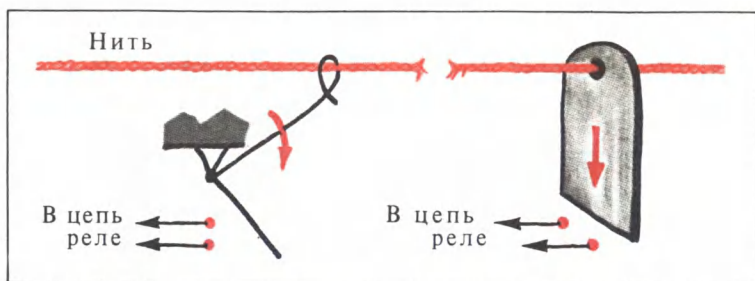


*Концевой выключатель можно использовать для останова машины при наработке полной паковки с пряжей или ровницей и заполнении таза лентой. В первом случае (слева) по паковке скользит щуп в виде рычага. По достижении определенного диаметра паковки он нажимает на концевой выключатель КВ. Во втором случае (справа) таз с лентой закрывается крышкой. Когда таз наполняется, крышка приподнимается и тоже нажимает на выключатель КВ*

них нажимает человек, подавая машине команды, на другие — сама машина, и тогда они называются *путевыми*, или *концевыми*.

На путевой выключатель машина нажимает «мимоходом», т. е. проходя какое-то положение, которое почему-либо важно для ее работы (например, в этом положении на машину следует подать обрабатываемое изделие или, наоборот, снять его). Концевые выключатели устанавливаются в крайних положениях машины, за которые она не должна выходить. Можно, конечно, поставить механические упоры, но тогда двигатель, будет стараться их сломать. Если же стоит концевой выключатель, то он просто в нужном положении выключит двигатель или изменит направление его вращения — машина пойдет «обратно». Именно такую роль играют концевые выключатели в рассмотренной нами выше разрыхлительной машине, где контейнер с кипами хлопка должен совершать возвратно-поступательные перемещения.

А как организовать контроль за обрывом нитей? Ведь *сигнализаторы обрыва* нитей нужны на многих ма-

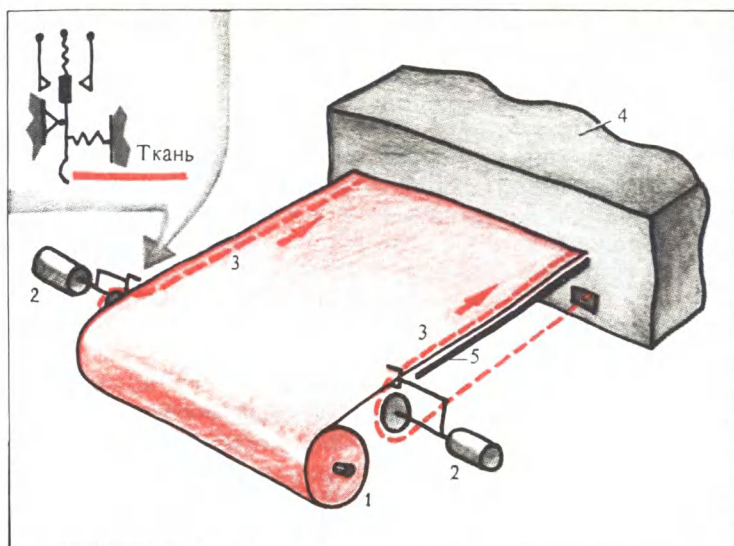


*Сигнализаторы обрыва нитей*

шинах прядильного и ткацкого производств. Наиболее простой и распространенный способ заключается в том, что натянутая нить продевается через ушко легкого рычажка на прядильных машинах или легкой пластинки — ламели на ткацких станках. При обрыве нити рычажок поворачивается, а ламель опускается. В обоих случаях замыкается электрическая цепь питания реле. Оно срабатывает и останавливает машину.

На ленточных машинах для контроля обрыва ленты может применяться фотодатчик. Каждая лента продевается в кольцо, в котором установлен маленький источник света, а напротив него фотоэлемент. Лента перекрывает луч света между лампочкой и фотоэлементом. Как только она обрывается, свет попадает на фотоэлемент и последний заставляет сработать реле, останавливающее машину.

Для автоматизации *смены шпули* в челноке ткацкого станка надо контролировать наличие на шпуле уточной нити. Это осуществляется так называемым электрощупом, представляющим собой вилку (две металлические пластины, разделенные изолятором), которая перед каждым пробросом челнока автоматически прижимается к тому месту шпули, где на бумажный патрон надета металлическая гильза. Если гильза закрыта уточной нитью, то электрического контакта между пластинами вилки не происходит (нить тока не проводит). Но как только в процессе сматывания уточной нити гильза оголится, щупло выдаст электрический сигнал, из челнока будет выброшена пустая шпуля, а на ее место подана из магазина новая.



*Схема сушильно-ширильной машины*

Интересные задачи предлагает автоматике красильно-отделочное производство. Вот одна из них.

На завершающих стадиях обработки мокрую ткань надо высушить в растянутом состоянии, чтобы она имела стандартную ширину. Выполняется эта операция на сушильно-ширильной машине. В такой машине ткань, сматываясь с рулона 1 (см. рисунок), захватывается специальными зажимами (клубпами) двух цепей 3, движущихся по направляющим 5 на расстоянии друг от друга, равном требуемой ширине ткани. Цепи проводят растянутую ткань через сушильную камеру 4. Задача состоит в том, чтобы четко *фиксировать обе кромки* в зажимах, не захватывая ткань слишком глубоко и тем более не упуская ее (иначе придется останавливать машину и вручную заправлять ткань в клубпы). Решить эту задачу не так-то просто, потому что кромка ткани, сбегаящей с рулона, все время «гуляет», т. е. смещается вправо или влево не предвидимым заранее образом.

Пришлось поставить специальные устройства слежения за каждой кромкой. В устройство входит двигатель 2, который может смещать вправо или влево (вслед за



кромкой) участок цепи 3 до ее входа в направляющие 5. Вдоль машины цепь перемещается совсем другим двигателем. Двигатель 2 управляется датчиком кромки, который представляет собой подпружиненный рычажок, все время «прощупывающий» положение кромки движущейся ткани (она в натянутом состоянии оказывается достаточно жесткой). Если ткань смещается, например, влево, рычажок поворачивается и его верхний конец касается правого контакта, замыкая электрическую цепь питания соответствующего реле. Это реле заставляет двигатель 2 вращаться в такую сторону, чтобы цепь смещалась вслед за кромкой. Вместе с цепью смещается и датчик.

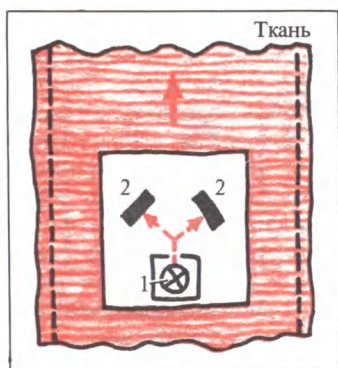
Как только устройство захвата займет правильное положение по отношению к кромке, рычажок датчика займет вертикальное положение, контакт разомкнется и двигатель 2 отключится.

На сушильно-ширильной машине решается еще одна задача, не менее важная, чем высушивание растянутой ткани. Это правка утка.

Дело в том, что нормальное расположение уточных нитей относительно нитей основы — перпендикулярное. Такое расположение закладывается при ткачестве и обуславливает определенное распределение упругих свойств ткани, учитываемое швейной технологией. (Если ты, читатель, умеешь шить, то прекрасно знаешь, что выкройки деталей платья или костюма раскладывать на ткани как попало нельзя, иначе твое изделие при носке может «косить». Надо обязательно учитывать направление нитей основы и утка.)

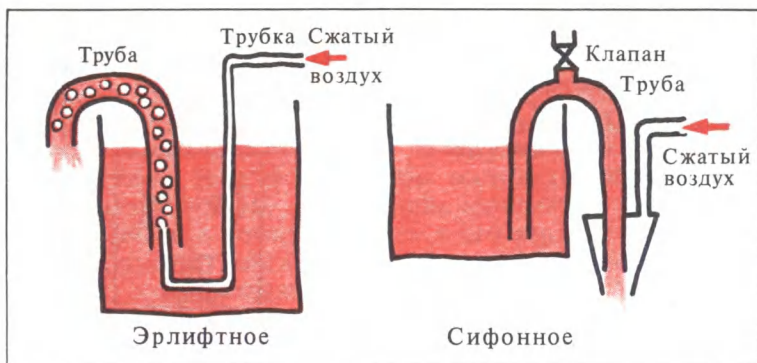
Все было бы хорошо, если бы расположение нитей от момента ткачества до выпуска готовой ткани не менялось. Но, к сожалению, при некоторых обработках в красильно-отделочном производстве, когда ткань активно взаимодействует с растворами, может происходить перекося утка, т. е. уточные нити на некоторых участках ткани становятся не перпендикулярны основному. Этот дефект ткани нужно и можно исправить именно на сушильно-ширильной машине, где ткань захвачена за кромки на значительной длине. Достаточно ведь просто «перетянуть» ткань, заставив одну из цепей двигаться немного быстрее другой, пока уточные нити вновь не станут перпендикулярны основе. Но сначала надо еще «увидеть» перекося!

Чтобы устранить перекосы уточных нитей, созданы разные автоматы правки утка. Один из них состоит из источника света 1 и двух фотоэлементов 2, размещенных по обе стороны от средней линии ткани



Придумано несколько вариантов автоматов правки утка. В том автомате, который показан на рисунке, свет от лампочки, отраженный тканью, попадает на фотоэлементы, причем уточные нити в значительной степени направляют световой поток. Если перекоса утка нет, то оба фотоэлемента будут освещены одинаково. Но стоит появиться перекоосу, как один из фотоэлементов оказывается освещенным сильнее, и это позволяет получить электрический сигнал, изменяющий скорость одного из двигателей перемещения цепей. Как только перекос утка устранен, цепи вновь движутся с одинаковой скоростью.

Весьма любопытной задачей в красильно-отделочном производстве является автоматическое дозирование жидкостей. Обычно растворы, применяемые здесь, содержат по несколько различных компонентов, и концентрации последних должны быть вполне определенными. Так, в красильный раствор кроме самого красителя могут добавляться кислота, соль и некоторые другие вещества. Все эти вещества в растворенном состоянии надо уметь точно дозировать. Казалось бы, ничего сложного: достаточно использовать мерные сосуды (определенного объема), различные датчики уровня — и вопрос решен. Но вся беда в вентилях, клапанах, которыми управляется подача этих, как правило, агрессивных жидкостей. Вся эта запорная арматура обычно долго не выдерживает, начинает плохо открываться и закрываться, снижая точность дозирования, а потом и вовсе выходит из строя. В последнее время на смену ей



### *Безарматурные устройства дозирования*

приходят так называемые *безарматурные устройства дозирования* — эрлифтные и сифонные.

В трубу эрлифта, погруженную в жидкость, снизу вставлена еще одна трубка, через которую подается сжатый воздух. При определенной интенсивности подачи воздуха образующиеся пузыри начинают поднимать жидкость в трубе дозатора до ее перелива через верхнее колено. Стоит перекрыть подачу воздуха — и дозирование прекращается. Точность отмеренной дозы зависит от нескольких причин: времени дозирования, стабильности давления воздуха, постоянства уровня жидкости в дозаторе и некоторых других. Это означает, что и над эрлифтным дозатором надо еще поработать, чтобы заставить его дозировать точно. Например, постоянство уровня можно обеспечить подкачкой жидкости из другого резервуара (с помощью монжуса, т. е. передавливанием сжатым воздухом) по сигналам какого-нибудь датчика уровня. Главное, однако, в другом: на линии дозирования нет никаких клапанов, и это обеспечивает высокую надежность устройства.

Принцип действия сифонного дозатора тоже очень прост. В воронку, охватывающую нижний конец трубы дозатора, подается короткий импульс сжатого воздуха. В результате, как и в обычном пульверизаторе, в трубе создается разрежение, жидкость подсасывается в трубу, переливается через верхнее колено и дальше продолжает идти самотеком. Чтобы прекратить дозирование, надо

открыть клапан, соединяющий верхнюю точку трубы с атмосферой; при этом столб жидкости в трубе разрывается: слева жидкость возвращается в дозатор, а справа сливается «потребителю». Точность работы этого дозатора главным образом зависит от времени дозирования и постоянства уровня жидкости в дозаторе. Здесь тоже на линии движения раствора нет клапанов (через верхний клапан, соединяющий трубу с атмосферой, раствор не протекает). Значит, и этот дозатор отличается высокой надежностью. А точность дозирования вполне может быть обеспечена средствами автоматики.

## Поговорим об АСУ

Все, о чем мы говорили в этом разделе до сих пор, относится к так называемым *локальным* устройствам автоматики, т. е. к устройствам, автоматизирующим отдельные операции или регулирующим отдельные технологические параметры. Но пора перейти к более сложным системам, а именно к *автоматизированным системам управления технологическими процессами (АСУ ТП)* и *автоматизированным системам управления производством (АСУП)*.

В текстильной промышленности встречаются очень сложные технологические процессы, зависящие от множества взаимосвязанных параметров. Взять, к примеру, процесс непрерывного крашения тканей, когда ткань, сматываясь с рулона, пропитывается красильным раствором в плюсовке, отжимается валами, направляется в запарную камеру, где обрабатывается паровой средой, затем поступает на промывку горячей и холодной водой, после чего сушится. Качество крашения здесь зависит от таких факторов, как температура, уровень и концентрация красильного раствора, степень отжима ткани, температура в запарной и сушильной камерах, температура промывной воды, скорость движения ткани через машину. Сказываются и свойства самой ткани, такие, как белизна, способность впитывать красильный раствор и другие, приобретенные в процессах предыдущих обработок. От всех этих факторов зависят полученный цветовой тон, ровнота окраски, ее прочность при стирке и выцветании.

Если бы удалось обеспечить абсолютно стабильный режим крашения и свойства ткани были бы неизменны,

то качество крашения всегда оказывалось бы идеальным. К сожалению, так не бывает.

Начнем с того, что свойства ткани всегда немного «гуляют» хотя бы потому, что само волокно бывает разного качества. Далее, разные партии одного и того же красителя могут иметь разную окрашивающую способность. Наконец, есть сложности и в регулировании параметров технологического процесса. Некоторые из них довольно крепко взаимосвязаны: если нужно в плюсовке «исправить концентрацию, доливая подкрепляющий раствор, то изменяются непременно уровень и, как правило, температура. При регулировании уровня вместе с ним меняются концентрация и опять же температура. Таким образом, все эти три параметра, регулируя их независимо один от другого, очень трудно удержать на заданных уровнях.

Однако можно реализовать совсем иной подход к управлению процессом: изменения одних параметров, которые трудно или вовсе невозможно регулировать, сопровождать целенаправленным изменением других параметров так, чтобы качество крашения оставалось на требуемом уровне. Предположим, изменение концентрации красильного раствора можно компенсировать (в смысле влияния на цвет ткани) определенным изменением или степени отжима, или скорости движения ткани, или температуры в запарной камере.

Подобный подход позволяет справиться и с вредным влиянием неподвластных нам изменений свойств самой ткани. Правда, для этого мы должны иметь возможность контролировать некоторые показатели качества окраски ткани на выходе машины (например, цветовой тон) и состояние красильного раствора, ибо так называемая выбираемость красителя из раствора, т. е. скорость осветления красильной ванны, характеризует свойства ткани, поступающей в машину.

Само собой разумеется, в этом случае требуется, чтобы вся система, контролирующая и регулирующая отдельные параметры, работала слаженно, как единый организм, подчиняющийся общему мозговому центру, который определяет, какой части системы и что надо делать, чтобы качество технологического процесса оставалось неизменно высоким. Например, система «обнаружила», что выбираемость красителя увеличилась; значит, окраска ткани станет более темной. Чтобы этого не

произошло, нужно на вполне определенную величину или повысить степень отжима ткани после пропитывания ее красильным раствором, или увеличить скорость движения ткани, или уменьшить температуру запаривания. Количественные соотношения могут быть весьма сложными. Их определение требует серьезных исследований, результаты которых должны быть заложены в память мозгового центра, и тогда он будет «знать», как ему управлять процессом в той или иной ситуации.

Таким мозговым центром может быть электронная вычислительная машина, имеющая большую память, способная анализировать ситуации и принимать решения.

Только что рассмотренная нами в самом общем виде система может быть с полным правом названа АСУ ТП. Кстати, ей можно поручить и более сложную задачу, которая очень характерна для систем такого рода, — задачу *оптимизации* процесса.

Оптимальный процесс — это процесс, наилучший в некотором смысле (например, потребляющий минимальное количество пара или красителя, обеспечивающий максимальную производительность машины и т. п.). При этом, конечно, качество процесса страдать не должно. И что очень важно, оптимальный режим работы система должна искать *сама*; метод же поиска, довольно сложный, реализуемый лишь с помощью ЭВМ, закладывается в нее человеком. Зато оптимальная система не просто выполняет заранее заданную программу работы, она «выжимает» из себя все, на что способна, добиваясь максимально или минимально возможного уровня выбранного показателя качества процесса.

Очень широк круг задач, поручаемых АСУП. Эти системы управляют уже не отдельными технологическими процессами, а целыми цехами и предприятиями. Решают они главным образом задачи организации производства (учет простоев оборудования с указанием их причин, учет запасов сырья и готовой продукции на складах, учет продвижения полуфабрикатов по цехам, оперативное и долгосрочное планирование производства, разработка оптимальных схем проводки полуфабрикатов через данный цех для обеспечения максимальной загрузки оборудования и т. д.). Поручают АСУП и бухгалтерские расчеты.

Для решения перечисленных задач в АСУП, конечно же, должна входить большая ЭВМ. Ей надо собирать и обрабатывать с большой скоростью огромные массивы информации, очень многое помнить, решать задачи оптимизации производства, предлагать руководству цеха или предприятия рациональные варианты организационного управления производством, т. е. работать в качестве «советчика». АСУП, в частности, может подсказать, куда следует направлять наладчиков оборудования, какие станки нужно поставить на профилактический ремонт и как организовать работу в цехе, чтобы отсутствие этих станков минимально отразилось на выпуске продукции.

Чтобы АСУП могла работать, ей необходимо множество источников информации (о состоянии оборудования, о выпуске продукции и т. д.). Такими источниками могут быть датчик останова станка, счетчик метража ткани, выпущенной машиной, и т. п. Но этого еще мало. Датчик останова станка фиксирует только факт, но не его причину. А причина должна быть сообщена самим рабочим. Для этого у него есть пульт с кнопками, позволяющими подавать сигнал о причине каждого простоя (обрыв основной нити, обрыв уточной нити, не сработал механизм смены шпули в челноке и др.).

У мастера или начальника цеха тоже есть пульт, позволяющий сигнализировать АСУП о непоступлении сырья в цех, о нарушениях в работе транспорта, системы кондиционирования и пр.

Есть пульта у диспетчера, главного инженера, директора предприятия. На них выводится с помощью печатающих устройств, телевизионных экранов, световых табло информация, уже обработанная ЭВМ (сводные данные о простоях оборудования, выпуске продукции, числе вызовов ремонтных бригад и т. д.). С них же можно отдавать распоряжения персоналу и указания ЭВМ, если требуется изменить режим работы цеха или характер обработки данных, поступающих в АСУП.

При решении оптимизационной задачи должен быть четко сформулирован показатель оптимальности (например, максимальная загрузка оборудования, минимальные его простои и т. п.). В ЭВМ должны быть введены данные об ограничениях, которые не следует переступать (количество обслуживающего персонала, потребление энергии и др.). ЭВМ с огромной скоростью

просчитывает множество вариантов управления производством, в каждом из них вычисляет показатель оптимальности, сравнивает по нему варианты и выбирает наилучший. Но и в этом случае окончательное решение остается за человеком, так как всегда есть факторы (психологическое состояние коллектива, характер взаимоотношений с предприятиями-смежниками и др.), которые невозможно формализовать и ввести в ЭВМ.

И все же АСУП является мощным средством совершенствования производства.

Одна из задач, решаемых в рамках АСУП, — речь идет об определении сроков ремонта оборудования — предполагает использование систем автоматизированной *диагностики*.

Диагностика — это, как в медицине, постановка диагноза: надо выяснить, чем «болен» станок. Оборудование, особенно в прядильном и ткацком производствах, имеет множество деталей, движущихся с большими скоростями и ускорениями. В них возникают значительные усилия, приводящие к довольно быстрому износу. Достаточно вспомнить, что на прядильных машинах веретено вращается с частотой до 18 тыс. оборотов в минуту (а прядильная камера на безверетенных машинах — до 45 тыс. оборотов в минуту); при этом даже малейшее смещение центра тяжести вызывает сильные биения веретена. Скорость вращения бегунка по кольцу около 30 метров в секунду, а центробежная сила, действующая на него, превышает вес бегунка в 3000 раз. Он прижимается к кольцу, развивая давление свыше  $2 \cdot 10^5$  килопаскалей. В ткацких станках боевой механизм ударяет по челноку с силой до 250 ньютонов. Батан, амплитуда колебания которого составляет 30—40 сантиметров, при частоте работы 160 ударов в минуту развивает по инерции усилие в 20 000 ньютонов.

Добавим еще, что при трехсменной работе станок производит за сутки 300 тыс. ударов батана, и столько же ударяет по челноку погонялка. С наименьшей интенсивностью работает также ремизоподъемный механизм.

Разве тут долго выдержишь? Детали изнашиваются, в сочленениях увеличиваются зазоры, нарушается расчетный режим работы, увеличиваются циклические нагрузки на нити (проще говоря, рывки), повышается обрывность, а значит, возрастают простои оборудования, снижается качество пряжи и тканей.



Что же делать? Как выявить «больные» веретена, узлы ткацкого станка? Можно, конечно, разобрать узел и проверить все важные размеры. Но это процедура слишком долгая, которая к тому же иногда дает обратный эффект (например, при переборке хорошего веретена может нарушиться его балансировка и тогда обрывность на нем увеличится).

Есть другой выход — контролировать работу узлов, не разбирая и даже не останавливая оборудования, а просто «прослушивая» его, как врач прослушивает больного. Для этого и служит аппаратура технической диагностики. Ее действие основано на том, что работающий станок вибрирует, причем в разных точках вибрирует по-разному. Вибрации очень сложны, они содержат множество колебаний различных частот. Так вот, спектр колебаний, т. е. распределение их амплитуд по частотам, зависит от величины зазоров в сочленениях движущихся элементов, от балансировки вращающихся деталей (т. е. совпадения их центров тяжести с осью вращения). Все это означает, что есть возможность контролировать состояние оборудования «на ходу». Нужно только решить три задачи: 1) найти так называемые диагностические точки, т. е. точки станка, в которых характер вибраций наиболее сильно зависит от состояния интересующих нас узлов; 2) выбрать подходящие датчики вибраций, преобразующие механические колебания в электрический сигнал; 3) научиться разлагать полученный сигнал в спектр синусоидальных колебаний.

Сегодня эти задачи для целого ряда узлов прядильных машин и ткацких станков практически решены. Найдены соответствующие диагностические точки. Для преобразования вибраций в электрический сигнал используются пьезо- и тензодатчики: первые реагируют на приложенное к ним усилие появлением на пьезокристалле некоторой ЭДС, зависящей от усилия; вторые меняют свое электрическое сопротивление при деформациях, а преобразовать эти изменения в ток совсем просто. Что касается разложения переменного сигнала в спектр, оно осуществляется специальными устройствами — спектроанализаторами. Но ведь надо не только осуществить это разложение, но еще по полученному спектру определить, какова степень износа узла, можно ли ждать от него неприятностей, не пора ли его ремонтировать. Для этого пришлось выполнить немало исследований. Труд, одна-

ко, всегда вознаграждается, и теперь системы технической диагностики уже стали реальностью, позволяя поддерживать оборудование в состоянии высокой работоспособности.

Итак АСУ ТП и АСУП занимаются в основном управленческой деятельностью: собирают информацию о состоянии производства, регулируют различные технологические параметры, выдают команды, дают советы, т. е. в определенной степени освобождают человека на производстве от умственной деятельности или, во всяком случае, помогают ему в этой деятельности. А освободиться от тяжелого физического труда, которого еще очень много в текстильной промышленности, человеку должны помочь роботы — подвижные, неутомимые, точные, сообразительные. О них мы немного уже говорили, пора поговорить более детально.

## ЧТО МОГУТ РОБОТЫ

Сначала о задачах, которые можно поручить роботам, вернее — о некоторых из задач, потому что с развитием робототехники и текстильной промышленности задачи будут множиться.

Если пройти, к примеру, по хлопчатобумажному производству с самого начала, то уже первая операция — распаковка кип хлопка и установка их в разрыхлительную машину — нуждается в роботизации. Кипа весит до 300 килограммов, спрессована под большим давлением и стянута стальным бандажом. Снять бандаж не так-то просто, это даже опасно: перекушенная лента или проволока стремительно распрямляется и может серьезно поранить. Но роботу не страшно; правда, чтобы перекусить бандаж, он должен сначала его «нащупать». Распакованную кипу надо затем аккуратно взять, чтобы она не развалилась, перенести к разрыхлительной машине и поставить в свободную зону контейнера (в него помещается несколько кип).

После разрыхления и трепания волокно транспортируется воздухом, а вот тазы с лентой с чесальных машин надо снимать с этих машин и переносить к ленточным машинам. Далее необходима транспортировка продукта к ровничным или безверетенным прядильным машинам. Все это тоже может сделать робот.

А обслуживание прядильных машин? Здесь для ро-

ботов широкое поле деятельности: съём наработанных початков, установка на веретена новых патронов, может быть даже заправка машин и ликвидация обрывов нитей.

На сновальных машинах и ткацких станках робот может снимать и устанавливать навои, снимать рулоны наработанной ткани, которые весят сотни килограммов.

Перемещать рулоны ткани нужно и в красильно-отделочном производстве. Кроме того, там существует неприятная операция загрузки в красильный аппарат и выгрузки из него паковок с пряжей (пряжу тоже красят). Паковки должны быть аккуратно надеты на вертикальные штыри специального загрузочного устройства высотой около 2 метров, а потом так же аккуратно сняты с них. В устройстве 37—40 штырей, а каждая паковка весит примерно 1 килограмм. Такой работе явно не позавидуешь. Пусть лучше трудится робот.

Наконец, роботам можно поручить погрузочно-разгрузочные операции на складах и, наверное, многое другое.

Чтобы робот мог активно действовать в различных ситуациях, выполнять разные работы, он должен иметь три основных элемента:

двигательные рабочие органы, приводимые в действие исполнительными механизмами. Это его руки;

информационные устройства, воспринимающие внешнюю обстановку. Это его органы чувств;

ЭВМ — его мозг.

Хоть роботы и призваны выполнять двигательные и мыслительные функции за человека, но по внешнему виду они вовсе не обязаны походить на него. ЭВМ отнюдь не должна иметь форму человеческой головы, а корпус — человеческого тела. Руки робота очень часто сильно отличаются по кинематике от рук человека: они могут иметь не только поворотные сочленения (суставы), но и выдвижные звенья. Роботы в состоянии реагировать на ультразвук, инфракрасные лучи, недоступные органам чувств человека. И зрение, и слух, и осязание у них уже есть, зато обонянием и вкусом они пока не пользуются.

Все ныне действующие роботы можно разделить на три основные группы:

1. Роботы первого поколения — действующие по жесткой программе.

2. Роботы второго поколения — очувствленные.

3. Роботы третьего поколения — интеллектные, или обучающиеся.

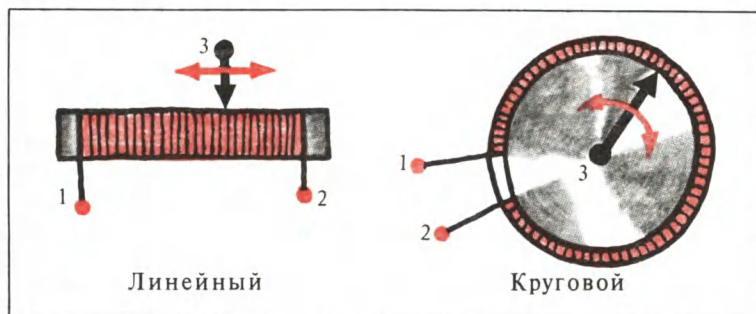
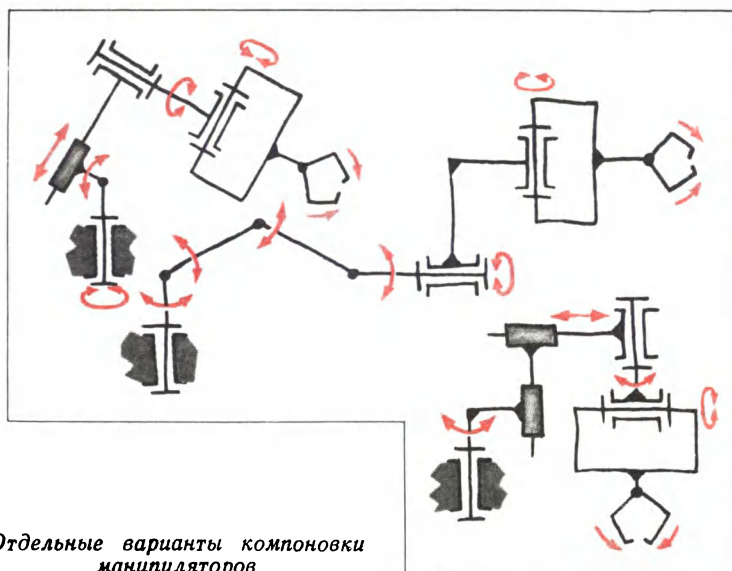
Рассмотрим теперь основные элементы робота.

Любой робот имеет механическую часть, называемую *манипулятором* и представляющую собой многозвенную конструкцию с приводами в сочленениях. Звенья манипулятора соединятся друг с другом либо поворотными шарнирами, либо поступательными (телескопическими) направляющими. Одним концом манипулятор крепится к корпусу робота (плечевой сустав), а на втором, свободном, конце (кистевой сустав) устанавливается схват или какой-нибудь инструмент. Телескопические сочленения позволяют руке робота удлиняться и укорачиваться. Отличие от человеческой руки, имеющей три основные части, может состоять и в том, что у робота иногда бывает больше элементов (4—5); это делает его руку более «гибкой», позволяет обходить сложные препятствия.

Взаимные перемещения звеньев манипулятора осуществляются с помощью исполнительных механизмов — управляемых приводов (электрических, пневматических или гидравлических). Система управления должна обеспечить их согласованное движение таким образом, чтобы кисть манипулятора осуществила вполне определенное перемещение в пространстве, пришла в заданную точку, а схват или инструмент оказались под нужным углом к объекту, с которым надо работать.

Чтобы манипулятору попасть в любую точку рабочего пространства, необходимо обеспечить три степени свободы его движения (каждая степень свободы достигается с помощью одного сочленения). Еще три степени свободы нужны, чтобы дать схвату или инструменту любую угловую ориентацию в той точке, куда он должен попасть. Значит, в общем случае требуется, чтобы манипулятор обладал шестью степенями свободы. Для решения конкретных задач иногда достаточно и меньшего их числа — то, бывает, нужно и больше степеней свободы (если требуется гибкость в обходе препятствий).

Для обеспечения согласованных движений звеньев манипулятора каждое сочленение должно иметь датчик положения, чтобы устройство управления «знало», в какой позиции находится сейчас данный сустав. Простейшими датчиками положения являются линейный и кру-



Линейный и круговой датчики можно просто включить в электрическую цепь выводами 1 и 3 (или 2 и 3); тогда при перемещении движка будет меняться сопротивление цепи и, следовательно, ток в ней. Можно также подать постоянное напряжение на выводы 1 и 2; тогда на выводах 2 и 3 (или 1 и 3) мы будем получать напряжение, зависящее от положения движка. Таким образом вновь получается необходимый нам электрический сигнал

говой реостаты. И тот, и другой имеет три вывода. Два из них (1 и 2) сделаны с концов обмотки, а третий (3) — с движка, скользящего по обмотке. Есть и другие датчики положения: вращающиеся трансформаторы, сельсины. Некоторые датчики дают сигнал прямо в виде цифрового кода, который можно направлять непосредственно в ЭВМ.

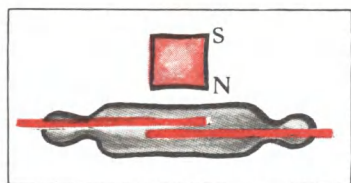
Но какой бы датчик ни использовался, в любом случае выдается сигнал о положении элемента манипулятора. Его можно сравнить с командным сигналом от устройства управления, а их разность подать на исполнительный привод соответствующего сустава. Привод начнет работать и перемещать элемент до тех пор, пока сигнал датчика положения не станет аналогичным командному сигналу.

Закончив с руками роботов, перейдем к их органам чувств, а говоря более точным техническим языком, — к *устройствам очувствления (или сенсорным устройствам)*.

Наиболее просто реализуются органы осязания. Их роль выполняют так называемые тактильные сенсорные устройства. Они служат для сигнализации о соприкосновении схвата манипулятора или корпуса робота с окружающими предметами и могут использоваться для определения размеров предмета, его распознавания.

Технически эти устройства могут реализоваться на концевых выключателях и пьезодатчиках (о тех и других мы уже говорили), а также на герметизированных магнитоуправляемых контактах, которые сокращенно именуется герконами. Нетрудно сделать так, чтобы концевой выключатель или геркон замыкался лишь при определенном усилии, приложенном к кнопке первого или магниту второго. Для этого достаточно под кнопку или магнит поставить пружинку определенной жесткости. А пьезодатчики и без того реагируют на давление. Если такой датчик поместить в схват манипулятора, то робот будет «чувствовать» усилие, с которым схват зажимает какой-то предмет.

Можно позволить роботу определить размеры и форму предмета. Для этого в схват надо поместить не один, а множество датчиков, собранных в так называемую матрицу. При захвате предмета одни контакты концевых выключателей окажутся замкнуты, другие нет, и это позволит определить геометрию предмета.



*В герконе две стальные пластиночки, расположенные на очень небольшом расстоянии одна от другой, заключены в стеклянный вакуумный баллон диаметром 3—6 и длиной 30—50 миллиметров. Если к геркону поднести постоянный магнит или же его поместить в поле электромагнита, то пластиночки намагнитятся и замкнутся. Если магнит убрать, они разомкнутся снова.*

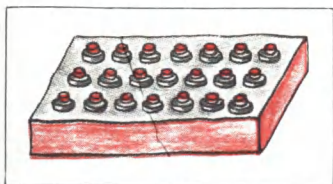
Тактильные датчики нужны не только для регистрации самого факта захвата предмета, но и для дозирования усилия, с которым берется предмет. Данное обстоятельство особенно важно, если предмет хрупкий или его поверхность легко повредить (довольно «нежную» поверхность имеют паковки с пряжей или катушки с ровницей). Для этих целей более всего подходят пьезодатчики, сигнал которых при изменении усилия меняется плавно.

Роль органов зрения в роботах выполняют бесконтактные локационные сенсорные устройства. Они бывают в основном двух типов: светолокационными и ультразвуковыми.

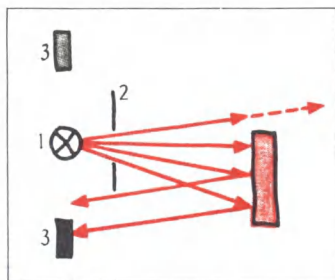
В светолокационных устройствах световой поток, создаваемый инфракрасным источником 1 (чтобы меньше мешал свет в помещении), проходит через направляющую диафрагму 2. Если в «поле зрения» луча появляется предмет, то излучение, отражаясь от него, попадает на фотоэлементы 3, формируя электрический сигнал. Разместив вокруг источника несколько фотоэлементов (например, четыре), можно позволить роботу «почувствовать», с какой стороны появился предмет.

Недостатком светолокационных устройств является их относительная «близорукость». Они хорошо видят только на расстоянии 10—100 мм.

Более «зрячими» следует признать ультразвуковые устройства, у которых диапазон действия 10—1000 мм. Их компоновочная схема такая же, как и светолокационных устройств, только вместо источника света 1 используется специальный электростатический капсюль. На него с генератора высокого напряжения периодичес-



*Матричный тактильный датчик. Концевые выключатели в матрице бывают столь малыми, что на площадке размерами  $35 \times 35$  миллиметров их число может достичь 256*



*Светолокационное устройство. Здесь предмет оказался ниже центральной оси диафрагмы 2. Поэтому отраженный световой поток попал только на нижний фотоэлемент 3*

ки подаются короткие импульсы. Под действием этих импульсов мембрана капсуля деформируется и излучает в воздух ультразвуковую волну.

Отражаясь от предмета, волна попадает на подобный же капсюль, применяемый вместо фотоэлемента 3. Он преобразует волну вновь в электрический импульс, который и свидетельствует о появлении предмета в поле зрения устройства.

У ультразвукового сенсора есть еще одно несомненное достоинство: он может определять расстояние до предмета, оценивая время пробега волны от излучателя до приемника.

Еще в 1932 году англичанином Г. Меем был создан робот «Альфа», который по командам, подаваемым голосом, мог садиться, вставать, двигать руками и говорить. И тем не менее органы слуха роботов относятся пока к наименее разработанным. Предназначены они для восприятия роботом команд, которые оператор подает голосом. Тут необходима очень сложная система. Она должна провести тонкий анализ спектрального состава сигнала, в который микрофоном преобразованы звуковые колебания голосовой команды. Ведь требуется выявить смысл сказанного. А для этого придется сравнить полученный сигнал с множеством возможных команд, хранящихся в памяти системы. Любопытно, что на расшифровку команды роботом влияют даже такие факторы, как тембр голоса, дикция; поэтому робот предпочитает общаться со знакомым оператором. Чужой голос может сбить его с толку.



## РОБОТ РОБОТУ РОЗНЬ

«Мозг» робота... Он тоже может быть разным в зависимости от сложности задач, поручаемых роботу.

Относительно просты роботы первого поколения, работающие по жесткой программе. Но и они подразделяются на цикловые, позиционные и контурные.

У *цикловых* роботов движения по всем степеням свободы (подвижности) совершаются от упора до упора. Устройство управления по заранее заданной программе включает привод того или иного звена (или одновременно 2—3 звеньев) манипулятора. Звено движется до соответствующего упора, где установлен концевой выключатель. Контакт с упором служит сигналом на включение следующего этапа движения и т. д., пока не завершатся все стадии программы. Затем автоматически весь цикл повторяется, пока робот не будет выключен.

Устройство управления в данном случае может быть совсем простым. Очень часто это валик, вдоль которого установлено несколько кулачков. Валик вращается с постоянной скоростью, а кулачки в определенные моменты замыкают контакты, включающие приводы манипулятора.

Если честно, то какой уж тут мозг! Даже рептилии дадут ему сто очков вперед. И все же подобные роботы используются достаточно широко, например в процессах штамповки. В текстильной промышленности они могут переставлять тазы с лентой.

В *позиционных* роботах программируются движения манипулятора от точки к точке. Число таких точек в одном цикле движения может составлять десятки тысяч. И, естественно, без микроЭВМ или довольно сложного программного устройства, обладающего способностью легко перенастраиваться (ведь программу, может, придется сменить!), не обойтись. При использовании позиционных роботов можно обеспечить сложные движения манипулятора, такие, к примеру, какие необходимы при надевании паковки на загрузочное устройство пряжекрасильного аппарата (при условии, что и устройство, и загружаемые паковки будут строго ориентированы в пространстве, чтобы роботу не приходилось ничего «искать»), перемещении навоев и рулонов ткани, упаковке и транспортировке ваты.

*Контурные* роботы действуют по принципу замкнутых автоматических систем с обратной связью, т. е. по принципу регулирования по отклонению. Сигнал обратной связи формируется датчиками положения (см. с. 108). Манипуляторы совершают плавные движения по сложным траекториям, они могут останавливаться в любой точке пространства. При этом положение объектов, с которыми работает робот, уже не должно быть привязано к фиксированным точкам пространства, но все же должно быть известно роботу.

Контурному роботу можно поручить складские операции, распаковку кип хлопка (с известным расположением бандажа), обслуживание ткацких станков и т. п. Его «мозг», безусловно, должен быть на уровне микро-ЭВМ.

К первому поколению можно отнести и роботы, *копирующие* и *запоминающие* действия человека. Принцип их действия, по существу, тот же, что и у контурных, только программа действий не вводится заранее, а запоминается роботом. Человеку стоит один лишь раз собственными движениями показать роботу, что надо делать. Для этого существует специальный задающий механизм, который кинематически подобен манипулятору. Каждый сустав задающего механизма связан электрически с соответствующим суставом манипулятора. При этом манипулятор всеми звеньями повторяет движения, производимые оператором на задающем механизме, но оператору, конечно, не требуется прилагать практически никаких усилий. Все перемещения не только копируются манипулятором, но и заносятся в память робота, для чего используются сигналы датчиков положения суставов.

После выполнения одного рабочего цикла робот способен неоднократно повторять его уже без помощи человека.

Такого рода роботы используются, например, при окраске автомобилей. В текстильной промышленности они пока не получили распространения, но в перспективе могут быть задействованы во всех случаях, когда требуется многократно повторять одни и те же сложные манипуляции, программирование которых оказывается обременительным.

Более сложны и совершенны роботы второго поколения — *очувствленные*. Они способны, приспособившись

к обстановке, работать в неожиданных для них ситуациях. А таких ситуаций может быть множество: предмет лежит произвольным образом или движется на конвейере, или из двух разных предметов нужно выбрать один, или предмет надо положить на свободное место, не пытаясь «втиснуть» в уже занятое. Да мало ли еще случаев, когда от робота требуется гибкость поведения! Во всех них, однако, ему необходимы органы чувств. Он должен «увидеть» искомое свободное место или предмет, «ощупать» его, чтобы понять, тот ли это предмет и как он ориентирован; наконец, он должен ухитриться правильно взять его.

Если вернуться опять к задаче надевания паковок с пряжей на штыри загрузочного устройства красильного аппарата, но исходить из предположения, что паковки подвозятся в контейнере навалом, то она по зубам только очувствленному роботу.

Очувствление играет и еще одну важную роль: оно обеспечивает безопасность как самого робота (предотвращение поломок от ударов о препятствия), так и человека (исключение травм, нанесенных роботом). Здесь в самый раз вспомнить о трех законах, сформулированных американским писателем-фантастом и ученым Айзеком Азимовым:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться командам, которые ему дает человек, кроме тех случаев, когда эти команды противоречат первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности, поскольку это не противоречит первому и второму законам.

Понятно, что эти законы должны соблюдаться и роботами первого поколения, но тут уж все зависит от человека, который должен так продумать условия и программы функционирования роботов, чтобы безопасность была обеспечена.

Наиболее совершенны роботы третьего поколения — *интеллектуальные, или обучающиеся*. Предназначенные не столько для имитации физических действий человека, сколько для автоматизации его интеллектуальной деятельности, они должны обладать способностью обучаться на собственном опыте.

Необходимость самообучения хорошо просматривается на примере транспортного робота, которому поручили обслуживать незнакомый ему участок цеха. Поначалу он будет двигаться неуверенно, «осматривая» и «ощупывая» препятствия, объекты, с которыми надо работать. Но когда запомнит все особенности новой трассы и работы, когда, другими словами, научится работать в новых условиях, обретет уверенность, станет стремительным в своих движениях.

Перед роботом можно ставить оптимизационные задачи. Например, транспортный робот, выполняя свою работу, может экономить электроэнергию. Пробуя разные траектории и сравнивая их по величине израсходованной энергии, он научится переносить тяжести по траекториям, требующим минимальных затрат энергии, т. е. при улучшении энергетического показателя робот будет продолжать менять траекторию в том же направлении, а при ухудшении менять направление поиска на противоположное.

Надо признать, что сегодня в промышленности все еще преимущественно используются роботы с жесткой программой управления, но разработка и создание высокоорганизованных роботов идут полным ходом.

Интересно заглянуть в историю промышленной робототехники (раньше это делать было преждевременно). История эта вообще-то очень коротка, если, конечно, иметь в виду именно промышленных роботов, а не тех андроида, которые создавались в давние времена.

Первые современные промышленные роботы типа «Версатран» и «Юнимейт» были выпущены в США в 1962 году. В Англии производство роботов началось в 1967 г., в Швеции и Японии — в 1968, в ФРГ — в 1971, во Франции — в 1972 и в Италии — в 1973 году. Около 3 тыс. роботов насчитывалось в мире в 1972 году, а в 1980 году их число перевалило за 20 тыс. Из них на долю Японии, занимающей первое место в мире по производству и использованию роботов, приходится 8 тыс.

Сегодня производством роботов в мире занято более 150 фирм, выпускающих серийно свыше 250 различных типов промышленных роботов, а разработано уже около 500 моделей.

Чем же вызвано такое увлечение роботами? В капиталистическом мире главным образом экономическими соображениями. В одной из американских газет в связи

с появлением на заводах первых промышленных роботов была напечатана статья, где говорилось: «В металлообрабатывающей промышленности появился новый тип производственного рабочего. Он не состоит в профсоюзе, не пьет кофе в обеденный перерыв, работает по двадцать четыре часа в сутки и не интересуется пособиями или пенсионной оплатой. Он осваивает новую работу за несколько минут и всегда выполняет ее хорошо. Он никогда не жалуется на жару, пыль и запахи и никогда не получает увечий на работе. Он — промышленный робот». В 1975 году в США расходы на одного робота были в 1,5 раза меньше, чем оплата рабочего. В настоящее же время эта разница еще больше возросла в пользу робота, и прежде всего за счет резкого снижения стоимости микроЭВМ (ведь «мозг» берет на себя одну треть общей стоимости робота).

Сегодняшние роботы не только сравнительно дешевы, они неутомимы и надежны. Например, робот типа «Юнимейт», не устаревший до сих пор, может работать, не требуя остановки на обслуживание, 500—700 часов, а общий срок его службы достигает 40 тыс. часов. Затраты на покупку и эксплуатацию робота окупаются за 1,5—2,5 года. Ежегодная экономия от 25 роботов типа «Юнимейт» составляет 100 тыс. долларов.

По оценкам экономистов, в 1984 году в США было продано 2650 промышленных роботов на сумму 82 млн. долларов; в 1990 году будет выпущено 23 тыс. роботов, и цена каждого упадет до 10 тыс. долларов. При этом надо иметь в виду, что к 1990 году в развитых капиталистических странах роботы могут вытеснить до 75 % рабочей силы. Понадобится, конечно, новый высококвалифицированный персонал — наладчики, программисты, конструкторы, но в несоизмеримо меньших количествах. Проблема безработицы станет еще острее.

В Советском Союзе промышленная робототехника родилась в 1966 году, когда был выпущен первый автоматический манипулятор для переноса и укладывания металлических листов. В 1971 году появились первые современные промышленные роботы УМ-1, «Универсал-50» и УПК-1. К 1980 году было создано более 100 различных типов роботов, причем их общий парк превысил 6 тыс. (в 1982 году — более 10 тыс.).

Главными проблемами развития робототехники в нашей стране сейчас являются повышение надежности

роботов и управляющих ими микроЭВМ, снижение их стоимости. На повестке дня стоит роботизация машиностроительных отраслей промышленности, в частности текстильной.

В 1982 году было заключено Генеральное соглашение по промышленной робототехнике между странами — членами СЭВ, на основании которого развиваются специализация и кооперация этих стран в области создания, производства и применения средств робототехники. По количеству используемых роботов Советский Союз вошел в число ведущих стран в мире. Мы имеем роботов-машиностроителей и пекарей, космонавтов и подводников, шахтеров и часовщиков, автомобилестроителей и животноводов. Но роботы-текстильщики еще только начинают свою жизнь. И начинают ее в Ленинградском институте текстильной и легкой промышленности имени С. М. Кирова.

Роботизация промышленности в социалистических странах дает не только экономический, но и большой социальный эффект, освобождая человека от тяжелого рутинного труда, позволяя ему заняться интересной творческой деятельностью, снижая непреходящий острый дефицит рабочей силы.

### ЕСТЬ ЕЩЕ САПР И ГАП

С появлением роботов возникли такие новые понятия, как *система автоматизированного проектирования (САПР)* и *гибкие автоматизированные производства (ГАП)*.

Не зря говорят, что роботы уже проектируют себе подобных. На самом деле они могут проектировать не только себе подобные машины, но и другие машины (правда, делают это не в полном объеме). Роботы берут на себя важную и очень трудоемкую часть — чертежно-конструкторскую работу. Такие специализированные роботы представляют собой графопостроители в комплекте с ЭВМ. Они могут очень быстро и с высокой точностью выполнять самые сложные чертежи и схемы, причем, если требуется, в несколько цветов.

Чертеж, создаваемый квалифицированным конструктором за целый рабочий день, может быть изготовлен роботом за несколько минут, причем и конструктор, и робот не просто механически вычерчивают, а творят:

продумывают рациональную компоновку, размещают детали, согласуют размеры. В отличие от конструктора, который опирается на свои образование и опыт, робот опирается на ЭВМ, на ее огромную память, на ее способность с невероятной быстротой решать самые разнообразные логические задачи типа «если — то» (например, если так расположить деталь, то ее взаимодействие с остальными — размерное и функциональное — будет таким-то).

В последнее время одной из специальностей роботостроения стали разработка и вычерчивание сложных электрических схем, выполняемых методом печатного монтажа, или, короче, печатных плат. Материалом для печатной платы служит фольгированный гетинакс, т. е. пластина из изолятора, покрытая с одной или двух сторон токопроводящей фольгой. На этой пластине нужно мысленно расположить все элементы будущей электрической схемы (резисторы, конденсаторы, интегральные микросхемы и т. п.), а потом нарисовать на фольге специальным защитным материалом (например, лаком) необходимые соединения между этими элементами. После этого плата опускается в раствор хлорного железа, вся фольга, не покрытая защитным слоем, растворяется (травится), и в итоге получается требуемая схема соединений.

Казалось бы, что тут сложного? Но стоит этим заняться, и сразу понимаешь, что рационально разместить элементы на плате и нарисовать требуемые соединения между ними так, чтобы они пересекались только в нужных местах (всякое пересечение означает электрический контакт), необычайно трудно, если схема мало-мальски сложная. Нужны большой опыт, сообразительность и время.

А роботы научились это делать прекрасно. Они выполняют даже двусторонний монтаж, когда часть соединений делается на одной стороне платы, а часть — на другой. Появился очень хороший помощник проектировщикам электросхем.

Но проектирование, конечно же, не ограничивается чертежно-конструкторской работой. Требуется множество расчетов — прочностных, кинематических, динамических, электрических, тепловых и т. д., требуются выбор материалов, подбор стандартных деталей из числа выпускаемых промышленностью, решение других задач,

определяемых спецификой проектируемой машины. И практически все эти задачи можно поручить ЭВМ. В ее памяти должны храниться в виде так называемых банков данных характеристики всех материалов, номенклатура всех стандартных деталей, программы всех расчетов, которые могут понадобиться при данном типе проектирования.

Следует, однако, подчеркнуть, что в составе САПР всегда остается человек. Он формирует задачу проектирования, вводит необходимые ограничения (на габаритные размеры, массу, мощность, энергопотребление и т. п.), перекидывает мостик между расчетной частью и чертежно-конструкторской, проверяет результаты работы и, самое главное, создает саму САПР (банки данных, программы расчетов и пр.).

Еще одним важным современным направлением совершенствования народного хозяйства являются гибкие автоматизированные производства (ГАП). По существу, они включают в себя комплекс уже рассмотренных нами систем: АСУ ТП, АСУП, САПР и широкую гамму робототехнических устройств.

Задачами гибкой автоматизации являются:

- автоматическое производство изделий сколь угодно малыми партиями с легкой перестройкой на выпуск других изделий;

- практически безлюдное производство, в котором число занятых раз в сто меньше, чем сейчас;

- комплексная автоматизация всех частей производства, включая сами технологические процессы (АСУ ТП), разработку конструкторской документации (САПР), планирование и управление производством в целом (АСУП).

Техническое обеспечение гибкого производства базируется прежде всего на таких основных средствах автоматизации, как ЭВМ и промышленные роботы. Первые предназначены для обработки информации и управления процессами, вторые — для обслуживания процессов. ЭВМ несут на себе основную «умственную» нагрузку, а роботы — «физическую».

Управление гибким производством обеспечивается целой системой ЭВМ, собранных в так называемую иерархическую структуру. На нижнем уровне работают микроЭВМ (например, типа «Электроника-60»), осуществляя управление отдельными технологическими



процессами и машинами. На среднем уровне оказываются мини-ЭВМ (например, типа управляющего вычислительного комплекса СМ-4), они управляют группами оборудования и целыми цехами, причем микроЭВМ им подчиняются. И наконец, на верхнем уровне — уровне АСУП — находится большая ЭВМ серии ЕС с ее мощной памятью и огромным быстродействием. Она должна координировать деятельность всей иерархической структуры и решать специфические задачи организационного управления предприятием в целом...

Ну как, читатель, ты достаточно прочувствовал огромную роль ЭВМ в решении современных проблем автоматизации? Если да, то попытаемся прочувствовать и саму ЭВМ.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ МОЗГ

Прежде чем говорить об устройстве и принципе действия электронной вычислительной машины, т. е. о том, как она работает, надо разобраться, с чем она работает.

Мы уже не раз произносили слова: ЭВМ предназначена для обработки информации. А что же такое информация? Ясное понимание здесь необходимо, ведь еще Сократ говорил: «Точное логическое определение понятий — главное условие истинности знания».

В повседневной жизни под информацией понимают всякого рода сообщения, сведения о чем-либо, которые передают и получают люди. Информация содержится в словах, цифрах, показаниях различных приборов. Конечно, сами слова, цифры, текст — не информация, это лишь носители информации, которая заложена в смысле, в содержании сказанного или написанного.

Информация помогает нам пополнить знания об окружающем мире. Мы познаем его, получая информацию.

Какое-либо сообщение, адресованное некоему получателю, несет в себе информацию лишь в том случае, если оно до того не было известно этому получателю. Предположим, читатель, я сообщу тебе, что Земля — планета Солнечной системы. Есть ли в этом сообщении информация? Определенно нет. А если я скажу, что информация измеряется в битах и объясню, что это такое (я действительно это сделаю, только чуть позже), то здесь, полагаю, информация будет.

Чтобы могла появиться информация, должна существовать некая неопределенность, неизвестность, которая ликвидируется получением информации.

...Я бросаю монету, которую ты, читатель, не видишь. Но тебя интересует, что выпало — «орел» или «решка». Возможен один из двух результатов — такова степень неопределенности. Сообщая тебе результат, я ликвидирую эту неопределенность, а значит, передаю информацию.

Если бы я бросал не монету, а игральную кость, то степень неопределенности результата была бы выше (один вариант из шести). Следовательно, и переданная с сообщением о результате информация была бы больше. Это не важно, что в обоих случаях результат сообщается одним словом. Количество информации зависит не от числа слов, а от степени ликвидируемой сообщением неопределенности.

Количество информации... Раз есть количество, его надо измерять в каких-то единицах. Договорились принять за единицу то количество информации, которое передается с одним из двух равновероятных сообщений (как в случае с монетой). Эту единицу называли «бит».

Еще в 1928 году Хартли предложил формулу для определения количества информации  $I$  в случае  $n$  равновероятных результатов:

$$I = \log_2 n.$$

В случае с монетой с сообщением о получении конкретного результата передается следующее количество информации:

$$I = \log_2 2 = 1 \text{ бит.}$$

В случае с костью

$$I = \log_2 6 = 2,6 \text{ бита.}$$

Конечно, существует множество случаев, когда результаты не равновероятны (например, если у кости оказался смещенный центр тяжести). Тогда количество информации, передаваемой с сообщением о полученном результате, определяется по формуле Шеннона:

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i,$$

где  $p_i$  — вероятность  $i$ -го результата (из  $n$  возможных).

В численном виде представляют реальные физические величины (длину, температуру, скорость, напряжение и др.), характеризующие те или иные процессы, экономические показатели (производительность, стоимость, процент брака), нужные для оценки состояния производства, и множество иных данных, требующих обработки.

Можно оценить количество информации, содержащееся в числах. Если некую величину измерять целыми числами в диапазоне от 0 до 9, причем все цифры используются одинаково часто, то одна цифра несет информации  $I = \log_2 10 = 3,32$  бита. Если же чисел будет не 10, а 10 000, то  $I = \log_2 10\,000 = 13,28$  бита.

На этом примере легче ощутить информативность чисел. Другой вопрос — в какой форме предложить эти числа машине. Во времена машины Паскаля применялась привычная нам десятичная форма записи чисел. Цифры от 0 до 9 наносились на барабанчики, связанные сложной системой зубчатых и других зацеплений. Обработка чисел происходила механически. При этом и быстродействие, и сложность решаемых задач были весьма ограниченными.

Развитие электроники открыло совершенно новые возможности автоматизации процесса вычислений. Вычислительная машина стала электронной. И тогда оказалось, что аппаратура для преобразования, передачи и хранения информации будет простой (а в этом залог надежности машины) только в том случае, если некий стандартный электрический сигнал будет использоваться для передачи лишь двух значений — 0 и 1. В качестве такого сигнала приняли электрическое напряжение в диапазоне от 0 до 5 вольт. Когда напряжение мало, скажем меньше 1 вольта, сигнал имеет значение 0. Когда напряжение больше 4 вольт, сигнал имеет значение 1. Теоретически в машине используются только два уровня напряжения — 0 и 5 вольт, но практически допускаются некоторый разброс.

Скорость переключения электрического сигнала с одного уровня на другой может быть очень большой: время, потребное для переключения, исчисляется сегодня наносекундами (миллиардными долями секунды). Это значит, что машина может работать необычайно быстро.

Сигналы, представляющие только два значения (0 и 1), называются двоичными сигналами. Если счи-

тать, что оба значения равновероятны, то, по Хартли, каждое из них несет 1 бит информации. Именно в этой форме, в так называемом двоичном счислении, оперируют числами ЭВМ. Иногда говорят и по-другому: числа в ЭВМ представляются в двоичном коде.

Двоичную систему счисления разработал в XVII веке немецкий ученый Готфрид Вильгельм Лейбниц.

Сколько же нужно двоичных знаков, или разрядов, для представления того или иного числа? С помощью одного знака можно представить только два числа (например, 0 и 1). Два знака (двухразрядный двоичный код) образуют уже четыре комбинации: 00, 01, 10, 11. Значит, с помощью двух знаков можно представить четыре числа (например, от 0 до 3), соответственно для трехразрядного двоичного кода имеем восемь комбинаций (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111) и восемь чисел (например, от 0 до 7). Чтобы не продолжать долго в том же духе, отметим, что для  $n$ -разрядного двоичного кода число возможных комбинаций (и, следовательно, кодируемых чисел) равно  $2^n$ . С увеличением  $n$  число комбинаций нарастает лавинно: при  $n=8$  имеем 256 комбинаций, а при  $n=16$  оно достигает уже 65536. Цифры эти (8 и 16) приведены здесь не случайно: в современных ЭВМ используется обычно восьми- или шестнадцатиразрядный двоичный код.

Существует и так называемый двоично-десятичный код, при котором каждая цифра десятичного числа записывается в двоичном коде. Так, число 9580 можно изобразить следующим образом:

$$\begin{array}{cccc} 1001 & 0101 & 1000 & 0000 \\ 9 & 5 & 8 & 0 \end{array}$$

Научившись представлять числа в удобной для машины форме, посмотрим, из чего складывается процесс вычислений и что требуется для его организации в ЭВМ.

Предположим, требуется вычислить выражение

$$\frac{ab + c^d}{e - f}$$

при заданных конкретных значениях всех входящих в нее величин:  $a=5$ ,  $b=4$ ,  $c=2$ ,  $d=3$ ,  $e=13$ ,  $f=6$ .

Если вычисления выполняются вручную, то осуществляются последовательно промежуточные действия с

исходными данными (умножение, возведение в степень, вычитание), результаты этих действий запоминаются или записываются (20, 8, 7), далее осуществляются действия с промежуточными результатами (сложение, деление), после чего получается ответ (4), который тоже запоминается или записывается.

Фактически то же самое должна проделать машина. При выполнении каждой составляющей операции она должна откуда-то взять исходные числа, выполнить с ними нужное действие, а результат куда-то отправить, чтобы освободить себе руки для следующего действия. И так до получения окончательного результата.

Отсюда следует, что в машине обязательно должны быть по крайней мере два устройства: одно — откуда берутся исходные числа и куда записываются все результаты, другое — выполняющее действие над числами. Первое устройство называется *памятью*, а второе — *процессором*.

Но этого мало: исходные данные человек должен в машину ввести, а результат вычислений — получить. Для этого служат соответственно *устройства ввода и устройства вывода*.

Однако и это не все. Мы отлично знаем из школьного курса, что операции над числами надо выполнять не как попало, а в определенном порядке с учетом известной предпочтительности действий и специальных указаний (в виде скобок и пр.). Машина тоже должна это знать. Метод решения задачи, т. е. предписание, в котором указано, какие действия и в каком порядке следует выполнять с определенными числами, чтобы получить искомый результат, называется *алгоритмом*, а сами действия принято называть *операторами* алгоритма.

Алгоритм должен быть введен в машину, в ее память, чтобы машина знала, по каким правилам, в каком порядке ей нужно действовать. Для этого алгоритм записывается в виде *программы*.

Форма программы зависит от структуры устройства машинной памяти, где она хранится. Указанная память — склад информации, она состоит из *ячеек*, в каждой из которых может храниться двоичная кодовая комбинация. Такая комбинация может обозначать как число, с которым придется работать, так и оператор алгоритма, указывающий, что делать с числами (в по-

следнем случае говорят, что в ячейках хранится слово информации). Чтобы любую ячейку всегда можно было найти, она имеет номер, или *адрес*. Если надо записать в память слово или число, то следует указать адрес ячейки, в которую его надо поместить, и подать само слово или число на вход памяти.

Операторы алгоритма представляются в программе в виде *команд*. Каждая команда имеет следующую структуру:

Код операции	Адрес	Адрес	Адрес
-----------------	-------	-------	-------

Она тоже записывается в определенную ячейку памяти.

Код операции показывает, что надо сделать с числами, записанными в ячейках с первым и вторым адресами. А третий адрес указывает, куда следует отправить полученный результат.

Операции кодируются цифрами. Например, сложить — 01, вычесть — 02, умножить — 03, разделить — 04 и т. д.

Если в приведенном выше примере считать, что числа  $a$  и  $b$  записаны в ячейках с номерами 120 и 135, а результат их перемножения надо отправить в ячейку 180, то соответствующая команда будет иметь вид

03	120	135	180
----	-----	-----	-----

В память она, естественно, записывается просто в виде числа 03 120 135 180 (машина знает, сколько позиций отведено каждой части команды, и поэтому никакой путаницы не происходит).

После того как одна команда программы выполнена, должна выполняться следующая команда. Ее местонахождение — следующая ячейка памяти. Кстати, для хранения программы отводится определенная группа ячеек (например, от 0 до 100), в которые уже не посылают ни исходные числовые данные, ни результаты вычислений.

Всем процессом вычислений руководит процессор: он не только выполняет требуемые действия с числами, он

запрашивает из памяти очередные команды, числа, отправляет в память результаты, может скомандовать устройству ввода передать в память какие-то недостающие данные, приказать устройству вывода взять из памяти и напечатать интересующие нас результаты.

Не останавливаясь на технике выполнения процессором арифметических операций над числами, представленными в виде двоичных электрических сигналов (это завело бы нас довольно далеко), поговорим немного подробнее о существующих средствах реализации машинной памяти.

Помнить нужно, как мы уже выяснили, двоичные сигналы, представляющие значения 0 и 1. Одним из типов подходящих для этой цели устройств являются ферритовые запоминающие устройства. В них в качестве запоминающих элементов используются тороидальные (кольцевые) сердечники из феррита — специального магнитного материала, которые имеют небольшие размеры: их наружный диаметр и высота равны приблизительно 1 миллиметру. Под действием тока, подаваемого в обмотки сердечников, последние могут намагничиваться с той или иной полярностью: одна соответствует 0, другая — 1. Таким образом, один сердечник обеспечивает запоминание одного бита информации. Считывание информации осуществляется другой обмоткой, которая улавливает состояние намагниченности сердечника, но не меняет его. Это значит, что при считывании информация сохраняется.

Ферритовые запоминающие устройства имеют довольно высокое быстродействие: затраты времени на запись или считывание слова составляют 1—2 микросекунды.

Еще бóльшим быстродействием обладают полупроводниковые запоминающие устройства, использующие элементы, называемые триггерами. Триггер построен на транзисторах и обладает двумя устойчивыми состояниями: в одном из них на выходе триггера имеем сигнал 5 вольт, в другом — 0 вольт, т. е. и здесь реализуются значения двоичных сигналов (1 и 0). В таких устройствах время на запись или считывание слова составляет 0,25 микросекунды, зато пока они несколько дороже ферритовых.

На ферритовых или полупроводниковых устройствах базируется *оперативная память ЭВМ* (она называется

еще памятью с непосредственным доступом). С этой памятью непосредственно общается процессор.

Сделать такую память на большой объем запоминаемой информации довольно трудно. Так, для хранения миллиона бит информации требуется миллион ферритовых сердечников или столько же триггеров. Сооружение получается несколько громоздким и сложным. А ведь машине приходится помнить и значительно большие объемы информации. Для их описания бит — очень мелкая единица, и поэтому объем памяти ЭВМ характеризуют количеством символов информации (букв, цифр, знаков), описываемых восьмиразрядным двоичным кодом. Такая более крупная единица информации называется *байтом*. Байт — это 8 бит.

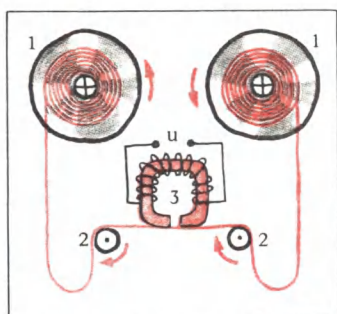
Для решения сложных задач машине может потребоваться память объемом в миллионы и миллиарды байт, она уже измеряется в килобайтах и мегабайтах. Реализовать ее, однако, с помощью рассмотренных устройств просто нереально. Выручает то, что не вся хранимая в памяти информация требуется машине поминутно. Часть ее действительно необходимо держать под рукой, т. е. в оперативной памяти, а остальное можно «отложить» подальше — в так называемую *внешнюю память*, которая реализуется на специальных накопителях.

В накопителе на магнитной ленте блок магнитных головок может содержать, например, девять таких головок, размещенных по линии, перпендикулярной краю ленты. Каждая головка имеет щель шириной менее 10 микронов, через которую магнитный поток, возникающий в головке при прохождении через ее обмотку импульса тока, попадает на движущуюся магнитную ленту и наводит на ней магнитное пятнышко, причем характер намагниченности зависит от того, подан ли сигнал 0 или 1. В конечном счете на ленте образуется девять дорожек сигналов. При считывании сигнала магнитное пятнышко индуцирует в обмотке головки электрический импульс.

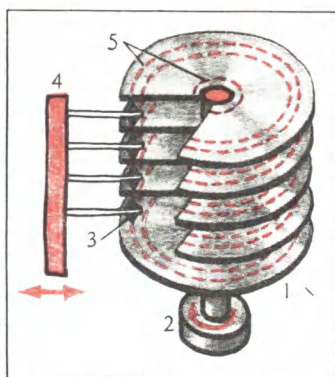
На 1 миллиметре длины дорожки каждой головкой удается записать до нескольких десятков двоичных сигналов; значит, количество информации, хранимой на одной магнитной ленте, составляет около 10 млн байт.

Поскольку скорость движения ленты 2 метра в секунду, время доступа к соседнему участку информации составляет доли секунды. Правда, если информация нахо-





*Это накопитель на магнитной ленте, похожий на обычный магнитофон. На бобины 1 находится магнитная лента, которая приводными роликами 2 перемещается под блоком магнитных головок 3*



*В накопителе на магнитных дисках 1 последние приводят в движение электродвигателем 2. Магнитные головки 3 связаны с механизмом доступа 4*

дится далеко от того места, которое соприкасается с головкой, время поиска информации может исчисляться минутами. Подобное быстроедействие устройства следует оценивать невысоко; даже доли секунды по сравнению со скоростью работы процессора — это много. Зато магнитная лента дешева, бобины легко заменяются. Все это позволяет при малых затратах хранить неограниченно большое количество информации.

Более оперативный доступ к информации обеспечивает накопитель на магнитных дисках.

На каждую сторону дисков (а они служат для хранения информации) нанесено магнитное покрытие. Частота вращения дисков 50 оборотов в секунду. Механизм доступа с головками может перемещаться вдоль радиуса дисков и фиксироваться в 200 позициях. Другими словами, с каждой стороны диска получается 200 кольцевых дорожек 5. На перемещение механизма доступа тратится в среднем 40—100 миллисекунд, еще некоторое время уходит на ожидание, когда необходимый участок дорожки окажется у магнитной головки. После этого и осуществляется запись или чтение информации.

Такие накопители сравнительно дешевы (хотя и дороже рассмотренных выше), обладают большим объе-

мом памяти (десятки и сотни миллионов байт) и имеют довольно высокое быстродействие. Можно еще более повысить в них скорость доступа к информации. Для этого исключают необходимость перемещения магнитных головок по дискам, ставя на каждую дорожку свою головку. Тогда время доступа к информации соответствует в среднем времени половины оборота диска, т. е. 10 миллисекундам.

Итак, машина может «помнить» неограниченно много, что очень важно, в частности, для создания банков данных в САПР, о которых уже говорилось. Правда, следует иметь в виду, что процессор не может непосредственно пользоваться внешней памятью (он обменивается информацией только с оперативной памятью), но зато он может «дирижировать» перекачкой информации из внешней памяти в оперативную и наоборот.

## ОНИ ОБЕСПЕЧИВАЮТ СВЯЗЬ С ВНЕШНИМ МИРОМ

*Устройство ввода*, как уже отмечалось выше, предназначено для ввода в машину программы и исходных данных. Носителями того и другого могут быть перфокарты, перфоленты и магнитные ленты.

*Перфокарта*, изобретенная еще Жаккаром в XVIII веке, представляет собой прямоугольник тонкого картона размерами  $187,4 \times 82,5$  миллиметра. Информация наносится на него путем пробивания отверстий. Каждый символ кодируется определенной комбинацией отверстий, расположенных в столбик параллельно короткой стороне карты. Таких столбиков (а значит, и закодированных символов) на карте может быть 80 (число строк 12).

Пробивание отверстий в перфокарте выполняется человеком на специальном устройстве, называемом перфоратором. Это устройство имеет клавиатуру подобно пишущей машинке с буквами русского и латинского алфавитов, с цифрами и особыми знаками, используемыми в программе. При нажатии каждой клавиши срабатывает соответствующая комбинация электромагнитов, имеющих наконечники для пробивания отверстий.

Устройство ввода как раз и считывает информацию с перфокарт. Оно «просматривает» каждый столбик пробивок фотоглазом, который имеет источник света (над картой) и набор фотоэлементов (под каждой

строчкой карты). Образующиеся на засвеченных фотоэлементах электрические импульсы передаются в машину, образуя код прочитанного символа. Делается это очень быстро — скорость ввода составляет 600—1200 карт в минуту.

Аналогичным образом происходит ввод данных с *перфоленты* (бумажной ленты шириной от 17,5 до 25,4 миллиметра), на которой — тоже с помощью перфоратора, но несколько другой конструкции — пробиваются комбинации отверстий по ширине ленты (от 6 до 9 дорожек).

Ввод с перфоленты осуществляется фотоспособом со скоростью 1500 символов в секунду.

Наконец, можно записывать информацию и на *магнитную ленту* и вводить ее в машину через накопители на магнитных лентах, которые были рассмотрены выше.

Существуют варианты непосредственного ввода информации в машину прямо с дисплея (от английского «display» — показ, выставка). Это специальное устройство «общения» человека с ЭВМ, имеющее телевизионный экран и клавиатуру. На экране дисплея высвечиваются данные, печатаемые человеком-оператором и предназначенные для передачи в машину. На этот же экран выводятся результаты решения и «вопросы» машины к оператору.

Здесь мы уже говорим по сути дела об *устройствах вывода* информации из машины. Это, во-первых, дисплей. Это, во-вторых, *алфавитно-цифровое печатающее устройство* (АЦПУ), которое обеспечивает автоматическую печать на широкой бумажной ленте (до 132 символов в строке) информации, выводимой из ЭВМ. Такой информацией могут быть любые данные, запрошенные оператором: окончательные результаты решения задачи, промежуточные результаты, исходные данные, участки программы, программа в целом и т. д. Устройство выводит информацию со скоростью до 1200 строк в минуту.

Существуют устройства и для вывода графической информации — графиков, чертежей, схем (стоит вспомнить, читатель, графопостроитель, который мы упоминали, когда рассказывали о роботах).

Теперь надо ненадолго вернуться к проблеме составления программы. Именно проблеме, если составлять программу по тем правилам, которые перечислялись выше: каждая команда должна записываться отдельно,

включать код операции и адреса используемых ячеек. Ведь даже сравнительно несложная программа может содержать тысячи и десятки тысяч команд. При ее составлении нужно помнить, какие ячейки уже заполнены и что в них содержится. Малейшая ошибка может погубить всю программу, а найти ошибку очень непросто. Только весьма опытные программисты могут составлять программу в машинных кодах, но и они тратят на это массу времени.

Что же делать? Как вывести на общение с машиной научного работника, для которого программирование — не его специальность, просто инженера, студента, даже школьника? Для этого разработаны так называемые *алгоритмические языки* высокого уровня (Алгол, Фортран, Паскаль, Аналитик и др.). Их существует сейчас около полутора тысяч. На этих языках по определенным правилам (которые, конечно, надо знать, изучив соответствующий язык) записывается лишь содержательная часть алгоритма: что и в каком порядке надо делать для решения задачи. Запись ведется на русском или, чаще, английском языке (его тоже желательно знать). А специальное устройство, называемое *транслятором*, автоматически переводит эту программу в машинные коды, распределяет по ячейкам и загружает в память машины, т. е. берет на себя львиную долю работы по составлению машинного варианта программы.

Транслятор входит в устройство ввода.

Если ЭВМ предназначена для непосредственного управления каким-то объектом (технологическим процессом, станком, роботом), она должна иметь, кроме того, *устройства связи с объектом* (УСО).

Одно из них предназначено для получения машиной от объекта сигналов, характеризующих его состояние. Эти сигналы формируются датчиками в виде токов или напряжений, плавно меняющихся при изменении соответствующего технологического параметра, и называются аналоговыми сигналами. Их надо преобразовать в форму, которую понимает ЭВМ, т. е. в цифровой кодовый сигнал. Поэтому описываемое устройство называется *аналого-цифровым преобразователем* (АЦП).

Другое устройство должно передать объекту (а точнее — его исполнительным механизмам) управляющее воздействие, выработанное машиной. Воздействие это, естественно, имеет форму цифрового кода, а исполни-

тельные механизмы обычно «понимают» только аналоговые сигналы. Значит, это устройство является *цифро-аналоговым преобразователем* (ЦАП).

Работу УСО координирует все тот же процессор, давая команды, когда нужно у объекта взять информацию, а когда отправить ему управляющее воздействие.

## ЭВМ БЫВАЮТ РАЗНЫЕ

В настоящее время существует довольно большое число различных ЭВМ, отличающихся одна от другой главным образом назначением и быстродействием.

*ЭВМ общего назначения* используют в вычислительных центрах (ВЦ), автоматизированных системах управления производством, отраслями народного хозяйства и транспортом. На эти ЭВМ возлагаются различные функции: научные и инженерные расчеты, решение экономических задач и др. Диапазон их быстродействия очень широк — от десятков тысяч до миллионов операций в секунду (в зависимости от марки ЭВМ и года ее разработки). Есть четкая тенденция к постоянному повышению быстродействия ЭВМ общего назначения.

Особо выделяют супер-ЭВМ, быстродействие которых исчисляется десятками и сотнями миллионов операций в секунду. Если же объединить несколько параллельно работающих ЭВМ в один вычислительный комплекс, то быстродействие такого комплекса будет достигать миллиарда операций в секунду. Как видишь, читатель, реальность уже сегодня перекрывает всякое воображение.

Важно, однако, подчеркнуть, что машины с быстродействием до 1 млн операций в секунду, которые пока еще дороги, занимают много места и требуют очень тщательного обслуживания, не всегда и нужны. Для управления многими объектами (технологическими процессами, энергетическими установками), регистрации, накопления и обработки данных, выполнения не очень сложных расчетов вполне можно использовать машины попроще, поменьше и подешевле. Подобные ЭВМ ориентированы на решение ограниченного круга задач и называются *проблемно-ориентированными*. Среди них выделяют мини-ЭВМ, микроЭВМ и электронные клавишные вычислительные машины (ЭКВМ).

Мини-ЭВМ, или малые вычислительные машины, служат для инженерных расчетов, работы в информационно-измерительных системах и системах управления сложными технологическими процессами. В последнее время наиболее широко используется система малых ЭВМ. Они имеют быстроедействие от 500 тыс. до 1 млн операций в секунду и запоминающие устройства различной емкости.

МикроЭВМ — сверхмалые вычислительные машины, предназначены в основном для встраивания в технологические объекты (в том числе и в роботы) в качестве систем управления. Вместе с тем они могут применяться и для выполнения сравнительно несложных расчетов. Наиболее распространенные сегодня микроЭВМ имеют быстроедействие порядка 250 тыс. операций в секунду.

Электронные клавишные вычислительные машины помогают человеку в выполнении вычислений при непосредственном его участии. Лишь некоторые из ЭКВМ имеют совсем небольшую память и позволяют пользоваться коротенькими программами.

*Специализированные ЭВМ* реализуют какой-то один алгоритм, а потому конструктивно просты и работают достаточно быстро.

Если говорить о современных тенденциях в развитии ЭВМ, то они состоят, с одной стороны, в создании машин все большей мощности и подключении к каждой из них с помощью электрических линий связи все большего числа пользователей, а с другой стороны, в производстве все большего количества сравнительно дешевых ЭВМ и использовании их для широкой автоматизации технологических процессов, инженерных и экономических расчетов, для создания разнообразных робототехнических устройств. Начинают формироваться так называемые сети ЭВМ, в которых большое количество машин, соединенных между собой, может работать совместно над решением какой-то очень сложной проблемы, но может и решать отдельные задачи, обмениваясь, если требуется, информацией. К таким сетям в состоянии подключаться и малые машины (чтобы использовать «чужую» память, а в случае необходимости и «попросить помощи» у больших машин).

Трудно, наверное, в полной мере представить, какого могучего помощника приобрела в лице ЭВМ автоматика.

## ТЕКСТИЛЬНАЯ ФАБРИКА БУДУЩЕГО

Кажется, мы довольно долго уже говорим о довольно серьезных вещах. Давай теперь помечтаем. Помечтаем о том, какой в недалеком будущем станет текстильная фабрика.

Весь путь от кипы хлопка или шерсти, партии льна или химического волокна до готовых ниток, тканей, нетканых полотен, трикотажа материал будет проходить только через «руки» станков, машин, роботов. Все станки и машины будут управляться тончайшей автоматикой, обеспечивающей строгое соблюдение технологических режимов, а значит, высокое качество продукции. Автоматы станут оптимизировать технологические процессы: экономить сырье, энергоресурсы, время. Планирование и организационное управление производством возьмут на себя АСУП. Разработкой новых технологических процессов и нового оборудования займутся САПР. Роботы станут заправщиками, съемщиками, транспортировщиками, складскими рабочими.

Что же останется человеку? Роль оператора, координатора, руководителя, и здесь ему помогут информационно-измерительные системы, которые будут бдительно следить за всеми важными показателями состояния производства: выпуском продукции по переходам, ее передвижением по фабрике, текущим наличием сырья и готовой продукции на складах, немногочисленными (будем надеяться!) простоями оборудования и их причинами. Вся эта информация будет учитываться, обрабатываться и в удобной для обозрения форме выводиться на экраны, табло, пульта в цехах, у диспетчера, главного инженера, директора. Руководители всех уровней смогут с помощью промышленных телевизионных установок наблюдать за любым участком производства, вызывать на экран информацию об уровне любого технологического параметра любой машины, чтобы контролировать точность и безотказность работы средств автоматизации. И еще человеку останется роль «лекаря» машин и автоматов, и здесь ему помогут системы технической диагностики.

Конечно, работа на таком предприятии потребует от человека очень высокой квалификации, прекрасного знания не только технологии текстильного производства (чтобы в случае необходимости прийти на помощь авто-

матам), но и электроники, автоматике, вычислительной техники. Лишь широкая техническая эрудиция позволит в любой производственной ситуации принять единственно правильное решение.

## ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ ТЕОРИИ

### И У ТЕОРИИ ЕСТЬ ИСТОРИЯ

Теория автоматического регулирования и управления тоже имеет свою историю, хотя и не такую древнюю, как сама автоматика. Правда, первые книги об автоматах — «Пневматика» и «Механика» — были написаны еще Героном Александрийским, но к теории они не имели отношения: там было просто описано устройство различных автоматов.

Необходимость в разработке теории автоматического регулирования возникла лишь после появления первых автоматов промышленного назначения, так как от них требовалось не просто функционирование, а определенное качество работы.

Ф. Энгельс писал: «Если у общества появляется техническая потребность, то это продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов». Так и случилось. Первой работой по теории регулирования стал труд Максвелла «О регуляторах» (1866 год). Этот выдающийся английский физик был основоположником классической теории электричества и магнетизма. Вслед за ним профессор Петербургского технологического института И. А. Вышнеградский публикует свои работы «Об общей теории регуляторов» (1876 год) и «О регуляторах прямого действия» (1877 год).

До И. А. Вышнеградского исследователи шли по неправильному пути, изучая регулятор отдельно от объекта (машины) и пытаясь судить о возможном поведении системы по свойствам регулятора. Это приводило к неизбежным ошибкам. Русский ученый в качестве технического объекта, подлежащего регулированию, рассмотрел паровую машину, а в качестве регулирующего прибора — наиболее распространенный тогда центробежный регулятор Уатта, причем рассмотрел их во взаимодействии, как единую систему автоматического регулирования. Он дал инженерные методы решения



задачи об устойчивости процесса регулирования, показал границу параметров системы, с одной стороны которой «все регуляторы, как только нарушается их равновесие, колеблются с амплитудами, возрастающими до бесконечности со временем, что делает их непригодными для регулирования движения двигателя», а с другой стороны, «все регуляторы совершают колебания, амплитуды которых уменьшаются с течением времени,... или не совершают совсем колебаний, но движутся постоянно в одном и том же направлении, безгранично приближаясь к положению равновесия, отвечающему равенству между движущей силой и силой сопротивления». Это определение устойчивости процесса регулирования (иногда говорят — устойчивости системы регулирования) используется и поныне, а показанная И. А. Вышнеградским граница называется *границей устойчивости*.

И. А. Вышнеградский исследовал влияние на процесс регулирования таких существенных факторов, как инерция машины, масса регулятора и трение, ввел в регулятор дополнительное устройство, называвшееся раньше катарактом, а теперь демпфером, которое существенно улучшило качество регулирования, гася колебания.

Видное место в теории автоматического регулирования занимают работы последователя И. А. Вышнеградского, словацкого ученого А. Стодолы. Он ввел безразмерную форму уравнений САР, был инициатором решения задачи об общем критерии устойчивости систем, описываемых линейными дифференциальными уравнениями (такие системы называются линейными).

Не смущайся, читатель, если тебе встречаются незнакомые слова, постепенно я постараюсь разъяснить их.

Крупный вклад в теорию автоматического регулирования сделан Н. Е. Жуковским — основоположником теории современной авиации, автором труда «О прочности движения» и первого русского учебника «Теория регулирования хода машин». Н. Е. Жуковский дал интересное решение задачи о регуляторе с сухим трением и изложил начала теории прерывистого регулирования (когда сознательно нарушается плавность изменения регулирующего воздействия).

Основы общей теории устойчивости любых систем, в том числе и нелинейных (т. е. описываемых нелинейными уравнениями), были заложены академиком

А. М. Ляпуновым в работе «Общая задача об устойчивости движения» (1892 год). Он первый дал точное определение устойчивости, наилучшим образом удовлетворяющее многим техническим задачам.

Разработкой различных методов исследования устойчивости занимались Х. Найквист (1932 год), А. В. Михайлов (1938 год), Ю. Н. Неймарк (1948 год).

Лишь сравнительно недавно была осознана важнейшая идея о единстве законов, которым подчиняются процессы управления, где бы они ни протекали — в нервной системе животного или человека, в вычислительной машине, в управляющих устройствах автоматики или в экономических структурах современного общества. Эта идея и была положена в основу кибернетики. Раздел кибернетики, который занимается теорией управления в технических системах, называется *технической кибернетикой*. Это та область автоматики, которая изучает самонастраивающиеся системы. А суть последних заключается в том, что они приспособляются к изменяющимся условиям эксплуатации (могут сами менять свои параметры, программу или даже структуру), сохраняя высокое качество своей работы.

Название «кибернетика» (от греческого «κῆβερνῆτις» — кормчий) было введено еще в 1843 году для несуществовавшей в то время науки об управлении государствами крупным французским ученым Ампером. Сама же наука (кибернетика) возникла лишь 100 лет спустя. Толчком к этому послужило появление и быстрое развитие электронно-вычислительных машин.

Отцом кибернетики считают профессора Колумбийского университета математика Норберта Винера, написавшего в 1948 году книгу, непосредственно посвященную вопросам кибернетики. Это «Кибернетика или управление и связь в животном и машине». Нужно отметить, что Винер вложил в слово «кибернетика» иной смысл, чем предполагал Ампер. По Винеру, в самом общем понимании кибернетика есть наука о контроле, связи и управлении в живых организмах, машинах, коллективах людей. Все эти объекты изучаются главным образом с точки зрения их способности воспринимать информацию, хранить ее в памяти, преобразовывать, передавать по каналам связи и определенным образом реагировать на нее. Слова «хранить в памяти, преобразовывать, передавать информацию» свидетельствуют о

том, что в системах технической кибернетики большую роль должны сыграть ЭВМ.

Совместное изучение процессов управления и связи в живой природе и технике является источником новых открытий: живая природа необычайным совершенством и разнообразием своих возможностей (достаточно вспомнить самые чуткие локаторы у летучих мышей, поразительную ориентацию в пространстве у перелетных птиц, необычайную чувствительность к источникам тепла и вибрациям у змей, остроту зрения орлов, адаптацию хамелеонов, обоняние собак и многое другое) обогащает технику, а последняя в свою очередь позволяет разлагать процессы на элементы, анализировать их по крупницам, фиксировать во времени и пространстве, а тем самым облегчает познание живой природы.

Рождение кибернетики ознаменовалось созданием различных игрушек, моделирующих поведение насекомых и животных и внешне несколько на них похожих. Первые простейшие схемы таких устройств разработал сам Винер: это моль, способная двигаться на свет, и клоп, убегающий от света. Весьма известны были три черепахи, созданные английским биофизиком Г. Уолтером в 1950—1951 годах. Они могли двигаться на свет или от него, обходить препятствия, заходить в «кормушку» для подзарядки разрядившихся аккумуляторов и т. п. Черепашка У. Грея тоже двигалась на свет. Подойдя к источнику света, она кружила на определенном от него расстоянии, поддерживая оптимальные «условия существования». Белка Э. Беркли собирала мячики (как бы орехи), разбросанные по полу. Она захватывала их лапками и относила в свое гнездо.

Нас с тобой, читатель, будут интересовать не биологические, а технические аспекты кибернетики. Говоря о них, следует иметь в виду, что хоть и принято называть кибернетическими высокоорганизованные автоматические системы (оптимальные, самонастраивающиеся), но даже обычная система автоматического регулирования, работающая с использованием обратной связи, является, по существу, кибернетической, потому что регулятор получает (с помощью датчика) информацию о состоянии объекта регулирования, обрабатывает ее (усиливает, преобразует), передает от звена к звену (если нужно, запоминает), формирует регулирующее воздействие и с помощью регулирующего органа влияет

на состояние объекта. Уже в такой системе просматриваются основные проблемы создания работоспособной, высококачественной САР, проблемы, решение которых не всегда оказывается столь уж простым и однозначным. Вот и займемся ими.

## КАК ПОДСТУПИТЬСЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ САР

Начнем с того, что нередко регулятор, собранный из функционально необходимых элементов (датчика, задатчика, схемы сравнения, усилителя, исполнительного механизма, регулирующего органа), отказывается работать либо вовсе, либо так, как нам требуется. В чем дело? Надо выяснить. А это значит, что надо исследовать синтезированную (собранную) САР. Заметим попутно: под синтезом САР понимают обычно не только выбор основных ее элементов и способа их соединения, но и задание характеристик (параметров) этих элементов.

Исследование САР может проводиться экспериментальным или аналитическим способом. При экспериментальном способе сознательно прикладывают к системе внешние воздействия (возмущающие или задающие) и смотрят, как система реагирует на них при различных значениях параметров звеньев регулятора. Такой путь бывает связан с определенными трудностями: не всегда легко изменить параметры того или иного звена; иногда неясно, какое именно звено является главным виновником в плохом качестве регулирования и в какую сторону надо менять его характеристики. Предпочтительным в этом смысле является аналитический способ исследования, при котором необязательно наличие реальной системы. Можно исследовать то, чего еще нет. Но ведь что-то все же должно быть? Да. Должен быть математический образ системы — ее *математическая модель*.

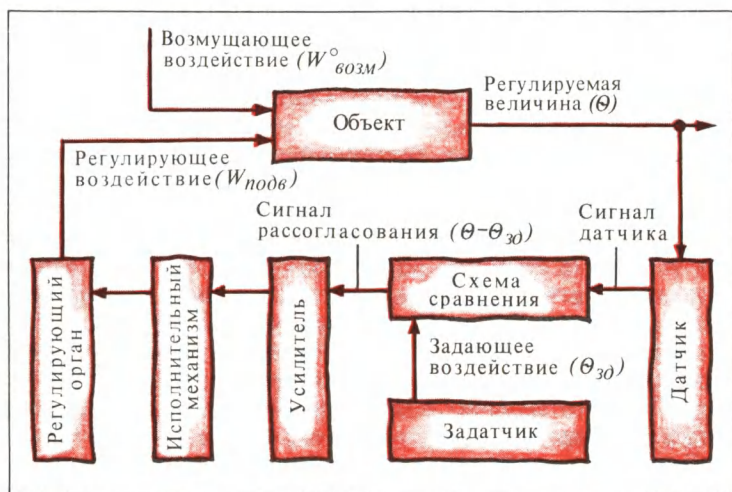
Вот и выясняется, что должен знать автоматчик — человек, занимающийся синтезом, анализом (исследованием) и эксплуатацией систем автоматического регулирования и управления. Прежде всего он должен хорошо знать математику, быть с ней, что называется, на «ты». Законы дифференциального и интегрального исчисления, высшей алгебры, аналитической геометрии, теории случайных функций, рядов, методы решения дифференциальных уравнений и многое другое должно быть для него открытой книгой. Иначе трудно будет по-

строить математическую модель исследуемой системы и успешно с ней работать.

Зададимся следующим вопросом: что такое математическая модель системы и как ее построить?

Реальная система состоит из отдельных элементов, или звеньев. Каждое звено имеет входную и выходную *координаты*, т. е. переменные величины (воздействия), определяющие его состояние. Входной координатой мы называем воздействие, приложенное к звену и влияющее на его состояние, а выходной координатой — воздействие, сформированное в звене, характеризующее его состояние и приложенное (как правило) к следующему звену системы. Выходная координата у звена обычно одна, а входных может быть и больше.

Приведенная на рисунке функциональная система называется замкнутой, потому что звенья в ней собраны



Если изобразить достаточно типичный вариант САР в виде так называемой функциональной схемы, на которой звенья условно изображены прямоугольниками, а координаты (воздействия) стрелками, то у объекта, например, две входные координаты (возмущающее и регулирующее воздействия) и одна выходная (регулируемая величина). То же можно сказать и о схеме сравнения: две входные координаты (сигнал датчика и задающее воздействие) и одна выходная (сигнал рассогласования). У остальных звеньев по одной входной и одной выходной координате

как бы в кольцо, образуют замкнутый контур, причем выходная координата каждого звена является одновременно входной для следующего звена (если двигаться по направлению стрелок). Для системы в целом входными координатами обычно считают возмущающее и задающее воздействия, а выходной координатой — регулируемую величину.

Вернемся к математической модели. Входная и выходная координаты каждого звена связаны определенной зависимостью, отражающей физические процессы, протекающие в звене. Если эту зависимость выразить математически, в виде уравнения, то и получим математическую модель звена. А если модели всех звеньев собрать вместе (в систему уравнений), то получим математическую модель САР.

Теперь ясно, что еще должен знать автоматчик, чтобы уметь описать математически самые разнообразные процессы в звеньях (электрические, тепловые, гидравлические, пневматические, оптические и многие другие). Он должен знать физику.

Перечисленные выше процессы обычно описываются дифференциальными уравнениями, с которыми ты, читатель, возможно, и незнаком. Но это не беда, сейчас мы с ними разберемся в той мере, в какой это нам будет необходимо.

Возьмем для примера тепловой объект (сушильную камеру, красильную ванну или просто комнату), в котором требуется регулировать температуру (она и будет регулируемой величиной — выходной координатой объекта). Будем для простоты считать, что нагрев объекта электрический, т. е. регулирующим воздействием (входной координатой) является изменение подачи электрической мощности в нагреватели (при паровом нагреве пришлось бы дополнительно учитывать условия теплопередачи в калориферах). Возмущающим воздействием (второй входной координатой) является отвод тепла обрабатываемым материалом или при проветривании комнаты.

В соответствии с законами физики скорость изменения температуры тела (объекта) пропорциональна разности потоков подводимого и отводимого тепла, а коэффициентом пропорциональности служит теплоемкость тела. Если вспомнить теперь, что скорость изменения любой величины математически описывается производ-

ной от этой величины по времени, то уравнение объекта почти готово:

$$C \frac{d\theta}{dt} = W_{\text{подв}} - W_{\text{отв}}.$$

В этом уравнении  $C$  — теплоемкость объекта;  $\theta$  — температура объекта;  $t$  — время;  $W_{\text{подв}}$  — поток подводимого тепла;  $W_{\text{отв}}$  — поток отводимого тепла.

Поток подводимого тепла определяется мощностью, подаваемой в электронагреватель, а поток отводимого складывается из двух составляющих: возмущающего воздействия (о котором мы говорили) и естественной неизбежной отдачи тепла в окружающую среду, имеющую температуру более низкую, чем объект. Значит,

$$W_{\text{отв}} = W_{\text{возм}} + \alpha F (\theta - \theta_{\text{о.с}}),$$

где  $W_{\text{возм}}$  — возмущающее воздействие;  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи;  $F$  — площадь теплоотдачи;  $\theta_{\text{о.с}}$  — температура окружающей среды.

Теперь уравнение объекта можно переписать в следующем виде (собрав в левой части все члены, зависящие от  $\theta$ ):

$$C \frac{d\theta}{dt} + \alpha F \theta = W_{\text{подв}} - W_{\text{возм}} + \alpha F \theta_{\text{о.с}}.$$

Следует отметить, что член  $\alpha F \theta_{\text{о.с}}$  тоже характеризует возмущающее воздействие, вызванное возможными изменениями температуры окружающей среды; это воздействие добавляется к проветриванию или к теплоотводу обрабатываемым материалом.

Если общее возмущающее воздействие обозначить через  $W_{\text{возм}}^{\circ}$  ( $W_{\text{возм}}^{\circ} = W_{\text{возм}} - \alpha F \theta_{\text{о.с}}$ ), то уравнение объекта примет следующий вид:

$$C \frac{d\theta}{dt} + \alpha F \theta = W_{\text{подв}} - W_{\text{возм}}^{\circ}.$$

Это уравнение связывает выходную координату объекта ( $\theta$ ) и ее производную  $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$  с входными координатами ( $W_{\text{подв}}$  и  $W_{\text{возм}}^{\circ}$ ); оно называется *дифференциальным уравнением объекта*.

Стоит сделать еще одно преобразование с этим уравнением, разделив правую и левую части на  $\alpha F$ ;

тогда

$$\frac{C}{\alpha F} \frac{d\theta}{dt} + \theta = \frac{1}{\alpha F} (W_{\text{подв}} - W_{\text{возм}}^{\circ}).$$

Именно в такой форме обычно записываются уравнения звеньев (чтобы сама выходная координата имела коэффициент 1), и называется эта форма *нормализованной*. Коэффициент  $\frac{C}{\alpha F}$  при производной обозначают, как правило, через  $T$  и называют *постоянной времени* звена, а коэффициент  $\frac{1}{\alpha F}$  при правой части — через  $K$  и называют *коэффициентом усиления* (или коэффициентом передачи) звена.

В окончательном виде уравнение объекта запишется так:

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = K(W_{\text{подв}} - W_{\text{возм}}^{\circ}).$$

Вот мы и получили в окончательном виде математическую модель объекта. Повозились, правда, но игра стоила свеч. Теперь ясно, что подобным образом можно построить математическую модель любого звена (пользуясь соответствующими законами физики), а значит, и системы в целом.

Что же нам дает полученная модель? Она дает нам возможность определить характер изменения выходной координаты при любых изменениях входных координат. Для этого надо решить уравнение и тем самым определить интересующий нас характер зависимости  $\theta$  от  $t$ .

Как решить уравнение? На этот вопрос отвечает теория дифференциальных уравнений. Не будем в нее углубляться, заметим лишь, что для решения нужно точно задать характер изменения входных координат и так называемые начальные условия, количество которых равно порядку дифференциального уравнения (равному порядку высшей производной). В нашем примере необходимо одно начальное условие, а именно — температура объекта в начале процесса регулирования, для которого принимают  $t=0$ .

Если, например, считать, что  $W_{\text{возм}}^{\circ} = 0$ ,  $W_{\text{подв}} = W_0 = \text{const}$ , а начальная температура имеет значение  $\theta_{0.c}$ , то (придется тебе, читатель, поверить мне на слово)



после решения уравнения объекта получим:

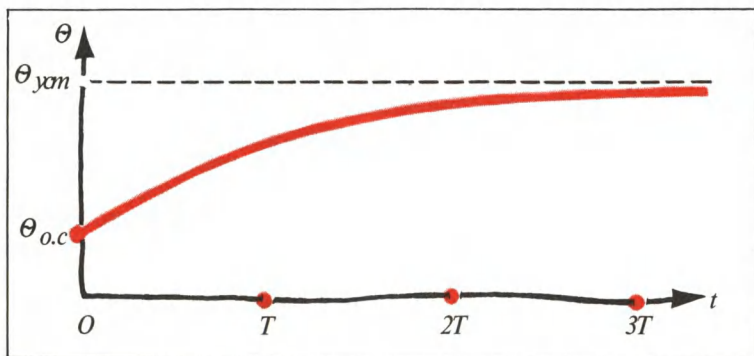
$$\theta = KW_o \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_{o.c.}$$

Как видно из рисунка, температура плавно нарастает и стремится к некоторому значению, называемому установившейся температурой  $\theta_{уст}$ , причем  $\theta_{уст} = KW_o + \theta_{o.c.}$ , т. е. установившаяся температура будет тем выше, чем больше подводимая мощность  $W_o$  и чем больше коэффициент усиления объекта  $K$ . Время выхода на установившуюся температуру примерно равно утроенной постоянной времени объекта, т. е. постоянная времени характеризует быстроту протекания процессов в объекте (или в любом другом звене). Другими словами, она характеризует инерционность объекта (или любого другого звена). Понятие инерционности очень широко используется в теории автоматического регулирования.

Чтобы перейти к системе в целом, надо составить уравнение регулятора. Не хочется тратить на это много времени, а посему рассмотрим идеализированный регулятор, мгновенно реагирующий на входные воздействия. Как же будет выглядеть его уравнение?

Прежде чем ответить на данный вопрос, нужно решить, каким *законом регулирования* мы воспользуемся.

Законом регулирования называется уравнение, связывающее регулирующее воздействие  $W_{подв}$  с сигналом



Кривая  $\theta = KW_o \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_{o.c.}$ , описывающая изменение температуры объекта при постоянной интенсивности нагрева

рассогласования  $\theta - \theta_{зд}$ . Одним из простейших является пропорциональный закон (или сокращенно П-закон). При нем регулирующее воздействие обычно состоит из двух частей ( $W_{подв} = W_1 + W_2$ ).

Одна часть регулирующего воздействия  $W_1$  пропорциональна отклонению регулируемой величины  $\theta$  от ее заданного значения  $\theta_{зд}$ , т. е.

$$W_1 = K_{рег}(\theta - \theta_{зд}),$$

причем, если это отклонение положительно, т. е. фактическая температура выше заданной, то подводимую мощность надо уменьшить, и наоборот, если отклонение отрицательно, то мощность следует увеличить. Значит, соответствующий член должен входить в закон регулирования со знаком «минус». Эта часть регулирующего воздействия отлична от нуля только при  $\theta - \theta_{зд} \neq 0$ .

В последнем уравнении  $K_{рег}$  — коэффициент усиления регулятора.

Другая часть регулирующего воздействия  $W_2$  определяется следующими соображениями. Из записанного выше выражения для установившегося режима объекта ( $\theta_{уст} = KW_0 + \theta_{о.с}$  при  $W_{возм} = 0$ ) нетрудно заключить, что если мы хотим, чтобы установившаяся температура  $\theta_{уст}$  при отсутствии возмущения была равна заданной  $\theta_{зд}$ , и если при этом мы вспомним, что сигнал рассогласования, а значит и  $W_1$ , равны нулю, то придется обеспечить условие

$$W_2 = \frac{1}{K}(\theta_{зд} - \theta_{о.с}).$$

Мощность, подводимая к объекту при нулевом рассогласовании, должна быть именно такой, и тогда при  $W_{возм} = 0$  мы получим  $\theta_{уст} = \theta_{зд}$ .

Итак, в нашем случае закон пропорционального регулирования выглядит следующим образом:

$$W_{подв} = \frac{1}{K}(\theta_{зд} - \theta_{о.с}) - K_{рег}(\theta - \theta_{зд}).$$

Это уравнение и является математической моделью идеализированного регулятора. (В действительности, конечно, регулятор тоже имеет определенную инерционность, учесть которую можно было бы составлением дифференциальных уравнений всех звеньев регулятора. Для нас это сейчас не очень важно. К тому же часто

инерционность регулятора оказывается во много раз меньше, чем инерционность объекта, и тогда в первом приближении инерционностью регулятора можно пренебречь.)

Теперь мы располагаем математической моделью системы в целом. Иногда бывает удобно объединить уравнения объекта и регулятора в одно уравнение, сохранив в нем входные и выходную координаты системы.

В нашем примере такое объединенное уравнение системы будет иметь следующий вид:

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = K \left[ \frac{1}{K} (\theta_{ад} - \theta_{о.с}) - K_{рег} (\theta - \theta_{ад}) - W_{возм}^o \right].$$

Если и для системы в целом рассмотреть установившийся режим (в котором  $\frac{d\theta}{dt} = 0$ ) и вспомнить записанное выше выражение для  $W_{возм}^o$ , то получим:

$$\theta_{уст} = K \left[ \frac{1}{K} (\theta_{ад} - \theta_{о.с}) - K_{рег} (\theta - \theta_{ад}) - W_{возм} + \alpha F \theta_{о.с} \right],$$

откуда

$$\theta_{уст} = \theta_{ад} - \frac{K}{1 + KK_{рег}} W_{возм}.$$

Что следует из этого выражения? А то, что в системе с рассмотренным регулятором при отсутствии возмущений ( $W_{возм} = 0$ ) температура объекта в установившемся режиме будет точно равна заданной. Если же появляются возмущения, то возникает и отличие  $\theta$  от  $\theta_{ад}$ , называемое *установившейся ошибкой*, причем эта ошибка будет тем меньше, чем больше коэффициент усиления регулятора  $K_{рег}$ .

Установившаяся ошибка характеризует показатель качества САР, называемый *точностью*. Значит, при использовании пропорционального закона регулирования точность системы будет тем выше, чем больше коэффициент усиления регулятора.

Ты можешь спросить, читатель, в чем же дело, почему бы не использовать регуляторы с большим коэффициентом усиления — тогда мы будем иметь очень точные САР. К сожалению, это не так: не всегда можно

использовать регуляторы с большим коэффициентом усиления. И здесь все дело в устойчивости, той самой, о которой мы уже упоминали. Конечно, если система устойчива, это еще не значит, что она нас удовлетворит. И тем не менее именно устойчивость является первейшим условием работоспособности системы.

Беда в том, что, повышая коэффициент усиления регулятора в целях получения большей точности системы, мы рискуем сделать ее неустойчивой. В такой системе при малейшем возмущении возникают колебания, которые сами собой нарастают по амплитуде, и увеличиваются они до тех пор, пока система не сломается, не сгорит, не станет на механические упоры или каким-то другим способом не выйдет из рабочего состояния. Причина? Инерционность звеньев системы.

Инерционность звена, как уже отмечалось в примере с тепловым объектом, приводит к тому, что изменение его выходной координаты несколько отстает от изменения входной. В примере был рассмотрен случай, когда переходный процесс в объекте был вызван тем, что его начальное состояние (по температуре) не соответствовало входному воздействию (подведенной мощности). Такой же процесс возник бы, если после прихода объекта в установившееся состояние подведенная мощность скачком изменилась бы до некоторого нового уровня. Тогда объект перешел бы в новое установившееся состояние, но опять не сразу, а за время, примерно равное трем постоянным времени объекта.

Теперь обратимся к системе в целом, т. е. к объекту и регулятору, работающим совместно. Преположим, что не только объект, но и регулятор обладает инерционностью, а возмущающее воздействие переменное и даже может менять знак.

Назначением регулятора, как мы уже говорили, является выработка регулирующего воздействия, компенсирующего вредное влияние возмущения. В идеальном случае регулирующее воздействие всегда равно возмущающему и противоположно ему по знаку. Если объект и регулятор, как говорят, безынерционны, т. е. мгновенно реагируют на входные воздействия, то так оно и будет: объект немедленно среагирует на возмущение изменением регулируемой величины, а регулятор тут же выработает соответствующее регулирующее воздействие.

В действительности дело обстоит иначе. Регулируе-

мая величина отреагирует на возмущение с опозданием. Это опоздание будет дополнено опозданием регулятора. В итоге может оказаться, что регулятор станет действовать «невпопад» (например, возмущение уже успело изменить знак, а регулятор, пытаясь подавить старое возмущение, которого уже нет, «помогает» новому; регулирующее воздействие вместо того, чтобы вычитаться из возмущающего, складывается с ним, еще больше увеличивая изменение регулируемой величины). Если повысить коэффициент усиления регулятора, этот эффект действия «невпопад» тоже возрастет.

Случай с переменным возмущением приведен просто для наглядности. В принципе же неустойчивой системе вовсе не требуется какого-то особого характера возмущения (переменного, да еще меняющего знак). В ней регулятор работает настолько «невпопад» (за счет инерционностей объекта и собственной), что умудряется сам «раскачивать» систему. Регулирующее воздействие и регулируемая величина оказываются в таком соотношении, которое способствует не подавлению, а увеличению отклонения регулируемой величины от заданного значения. Это и есть потеря устойчивости. И опасность ее возникновения тем выше, чем больше коэффициент усиления регулятора.

Далее, риск потери устойчивости тем больше, чем выше порядок системы (суммарный порядок дифференциальных уравнений, описывающих систему). На практике очень редко приходится иметь дело с системами ниже третьего порядка, а систем выше третьего порядка — сколько угодно. Исследование устойчивости таких систем само по себе уже связано с определенными трудностями; поэтому и разработаны различные способы ее оценки, критерии устойчивости, которые мы вскользь упоминали, говоря об истории развития теории автоматического регулирования.

Итак, малая точность и потеря устойчивости являются Сциллой и Харибдой, между которыми приходится проскальзывать, синтезируя САР. Стараясь избежать одной, мы сталкиваемся с другой. Особенно отчетливо это проявляется при использовании простых законов регулирования (например, пропорционального).

И все же есть пути достижения высокой точности системы при сохранении ее устойчивости. В реализации этих путей нам опять-таки помогает ЭВМ.

В последнее время все шире применяются так называемые *цифровые регуляторы*. В них все функции регулирования (в том числе реализация любого закона регулирования) поручаются ЭВМ. Оно и понятно: в ЭВМ можно реализовать очень сложные и совершенные алгоритмы регулирования и управления, в частности — организовать оперативную идентификацию (т. е. автоматическое узнавание) параметров объекта, а значит, в случае их изменения, сразу подправлять параметры закона регулирования, обеспечивать неизменно высокое качество системы. Такая система уже относится к самонастраивающимся. Можно также реализовать прогнозирование поведения системы на недалекую перспективу, оценку возмущений и выработку оптимальных регулирующих воздействий, наилучшим образом учитывающих соображения точности, быстродействия и устойчивости системы. Можно, наконец, строить системы, оптимальные по другим критериям, например по экономичности. При этом ЭВМ будет просчитывать разные варианты регулирующих воздействий, вычислять в каждом из них затраты энергии и выбирать наилучший с этой точки зрения. Такой вариант системы реализуется только на базе ЭВМ, причем достаточно быстродействующей: ведь регулирование должно быть оперативным (объект не станет ждать, пока машина будет возиться с вычислениями, он просто выйдет из заданного режима).

Говоря о быстродействии ЭВМ, нельзя забывать, что цифровой регулятор всегда обеспечивает *прерывистое регулирование*. Но об этом немного подробнее.

В чем заключаются функции ЭВМ в составе цифрового регулятора? Она получает информацию от датчика о текущем значении регулируемой величины, сравнивает его с заданным значением, хранящимся в ее памяти, вычисляет в соответствии с заложенным в нее законом регулирования регулирующее воздействие и выдает его исполнительному механизму.

Попутно заметим, что датчик и исполнительный механизм работают как правило, на аналоговых (непрерывных) сигналах, а ЭВМ — только на цифровых (дискретных) сигналах; поэтому-то в цепи регулятора оказываются аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи (АЦП и ЦАП).

Работа ЭВМ протекает следующим образом. В определенный момент процессор дает команду АЦП на пре-

образование сигнала датчика (эта операция требует некоторого времени — от 0,1 микросекунды до 100 миллисекунд в зависимости от типа АЦП); затем кодированный сигнал поступает в ЭВМ, где происходит вычисление регулирующего воздействия (на это тоже нужно время, зависящее от быстродействия ЭВМ и объема счета), и, наконец, код регулирующего воздействия направляется в ЦАП, который формирует аналоговый сигнал (опять же не мгновенно, а в течение 0,1—10 микросекунд). После этого процессор вновь дает команду на съем показаний датчика. Вот и получается, что между очередными поступлениями информации от датчика проходит некоторое время, в течение которого ЭВМ абсолютно не интересуется, меняется или нет регулируемая величина. Таким образом, суть прерывистого регулирования состоит в том, что операции измерения регулируемой величины и выдачи регулирующего воздействия происходят в фиксированные моменты времени, называемые *тактами регулирования*. Эти такты разделены интервалами времени, называемыми *периодом дискретности регулятора*.

Стоит, наверное, повторить, что внутри периода дискретности ЭВМ никак не реагирует на изменения регулируемой величины, она занята счетом. И это вообще-то плохо. Регулятор все время немного опаздывает. Снижается оперативность регулирования, а значит, и его качество. Что в этой ситуации делать? Уменьшить период дискретности. Здесь есть несколько путей: использование более быстродействующей ЭВМ, исключение из периода дискретности времени работы АЦП и ЦАП, рационализация вычислительного процесса.

Первый путь наименее реален, так как в цифровых регуляторах обычно используются только микроЭВМ, а их быстродействие пока сравнительно невелико.

Вполне реален второй путь, надо лишь заставить АЦП, процессор и ЦАП работать параллельно с той частотой, на какую способен каждый. Например, АЦП не ждет, пока его «коллеги» справятся со своими функциями, а, закончив одно преобразование, тут же начинает следующее. Так же поступают и остальные. Процессор, закончив вычисления и передав результат ЦАП, тут же «хватает» информацию, которая в этот момент находится на выходе АЦП. ЦАП в свою очередь, выдав сигнал исполнительному механизму, тут же берет дан-

ные с выхода процессора. Если взглядеться в этот режим, то станет ясно, что период дискретности теперь равен длительности работы самого медленного из трех рассмотренных устройств. Правда, время прохождения сигнала от датчика до исполнительного механизма (т. е. так называемое запаздывание регулятора) все равно остается равным сумме длительностей работы всех трех устройств, но зато регулятор чаще «интересуется» текущим значением регулируемой величины и чаще выдает новые регулирующие воздействия.

Третий путь, пожалуй, наиболее эффективен, ибо уменьшает запаздывание регулятора за счет сокращения времени счета (при том же быстродействии ЭВМ). Что значит рационализировать вычислительный процесс? Ответ один — добиваться уменьшения числа операций, и прежде всего длительных операций. Надо иметь в виду, что из арифметических операций самыми быстрыми являются сложение и вычитание, умножение требует в среднем в десять, а деление — в двадцать раз больше времени, и т. д. При реализации относительно сложных алгоритмов управления почти всегда есть возможность «сэкономить» длительные операции, но это требует от программиста определенного опыта и изворотливости.

Мы лишь одним глазком заглянули в обширную, очень интересную и важную область аналитического исследования САР. Мы использовали лишь один закон регулирования, коснулись лишь одного показателя качества систем (их точности). А ведь есть и другие законы регулирования. Что же касается качества систем, это понятие значительно богаче. Но всего не охватишь в сравнительно узких рамках этой книжки. Если ты, читатель, всерьез заинтересуешься теорией автоматического регулирования, то наверняка не пожалеешь, а богатейшая специальная литература — к твоим услугам.

## **ВНОВЬ О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Сначала — об автоматическом измерении концентрации красителей в растворе.

Вопрос первый — зачем это нужно. Казалось бы, можно точно взвесить порцию порошкообразного красителя, растворить ее в определенном количестве во-



ды — и проблемы нет, концентрация известна. В действительности все не так просто. Прежде всего порошок красителя может иметь разную влажность, т. е., взвешивая краситель, мы взвешиваем и некоторое неизвестное количество воды (правда, влажность порошка можно измерить, но тоже с некоторой погрешностью). Кроме того, один и тот же краситель от партии к партии может иметь неодинаковую интенсивность цвета, и поэтому при той же навеске порошка окрашивающая способность раствора может получиться другой. И еще, некоторые красители довольно плохо «выбираются» из ванны волокном. Понятно, что объективный контроль концентрации красителей в растворах позволил бы не только точно готовить красильную ванну (это является одним из важнейших условий высококачественного крашения) при нестабильных влажности и интенсивности красителя, но и повторно использовать остаточные ванны, т. е. экономить воду, красители, химические материалы и, что весьма существенно, уменьшить загрязнение окружающей среды.

Вопрос второй — как это сделать. И здесь ответ просматривается довольно ясно. Ведь главной характеристикой большинства красителей является цвет. Поэтому надо исходить из известной теории колориметрии. Согласно ей цвет характеризуется спектром, т. е. разложением светового потока по длинам волн. Для ткани это будет спектр отражения, для раствора — спектр пропускания. Если интенсивность светового потока на всех длинах волн одинакова, то имеем белый цвет; в противном случае цвет зависит от того, на каких длинах волн интенсивность потока больше. Видимый спектр лежит в основном в диапазоне длин волн от 400 до 800 нанометров, а цвета в этом диапазоне, начиная с верхнего предела, распределяются в соответствии с известной тебе, читатель, «ключевой» фазой «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан» (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый).

В колориметрии используются понятия коэффициента светопропускания раствора  $\tau$ , который равен отношению светового потока  $I$ , прошедшего через раствор, к световому потоку  $I_0$ , падающему на раствор ( $\tau = I/I_0$ ), и оптической плотности раствора  $D = \lg \frac{1}{\tau} = -\lg \tau$ . Чем боль-

ше коэффициент светопропускания, т. е. чем прозрачнее раствор, тем меньше оптическая плотность, и наоборот. У идеально прозрачного раствора  $\tau=1$  и  $D=0$ .

Есть еще одно положение, очень важное для решения нашей задачи. В большинстве случаев оптическая плотность раствора прямо пропорциональна концентрации красителя:

$$D=KlC,$$

где  $K$  — так называемый коэффициент экстинкции (зависит от красителя и длины волны);  $l$  — толщина просвечиваемого слоя раствора;  $C$  — концентрация красителя в растворе.

Этот закон как раз нам и нужен. Если раствор поместить в плоский сосуд (с небольшим расстоянием  $l$  между стенками), с одной стороны освещать его определенным световым потоком, а с другой поместить фотозащитный элемент, улавливающий прошедший через раствор световой поток, то сигнал фотозащитного элемента будет зависеть от оптической плотности раствора (чем она выше, тем сигнал меньше), а значит, и от концентрации красителя.

Задача существенно усложняется при использовании красильных растворов из смеси нескольких красителей. В этом случае необходимо контролировать оптическую плотность раствора на большом числе длин волн и проводить довольно сложную математическую обработку результатов измерений. И тем не менее уже получены обнадеживающие результаты, которые позволяют надеяться, что проблема контроля концентрации смесовых красильных растворов непосредственно в производственных условиях будет удовлетворительно решена. Конечно, это потребует создания не только хорошего вычислительного алгоритма, но и надежного, быстродействующего, точного измерительного устройства, которое позволяло бы определять оптические плотности смесового раствора на большом числе длин волн и вводить результаты измерения непосредственно в ЭВМ.

Итак, будем считать, что мы теперь знаем, с каким раствором имеем дело, сколько в нем того или иного красителя. Но ведь это не самоцель. Людям нужен не красильный раствор, а ткань или другой текстильный материал, окрашенные в определенный цвет. В тот, какой придумал художник, на каком настаивает безжалостная мода. Именно «под него» надо готовить кра-

сильный раствор, причем готовить из тех красителей, которые есть на складе.

Определение рецепта красильной ванны — вот еще одна задача. Забегая вперед, скажем, что она уже решена, и опять же с помощью ЭВМ.

Поскольку эта задача имеет немало общего с предыдущей, пройдемся по ней бегло.

Суть решения заключается в следующем. В память ЭВМ закладываются спектральные характеристики всех красителей, имеющихся в распоряжении данного предприятия. Каждая характеристика вводится в виде 36 значений коэффициента пропускания (или поглощения) с интервалом 10 нанометров по шкале длин волн. С эталонного образца, выполненного на ткани или даже на бумаге, снимается на спектрофотометре спектр отражения, тоже для 36 точек с интервалом 10 нанометров. Эти данные, характеризующие цвет эталона, вводятся в ЭВМ непосредственно со спектрофотометра. А дальше машина, перебирая различные комбинации красителей, пытается подобрать в каждой такие соотношения составляющих компонентов, при которых их результирующий спектр с заданной степенью точности совпадал бы со спектром эталона. Естественно, это удастся не для всех, а лишь для некоторых комбинаций красителей, которые машина и печатает в качестве выходных рекомендаций.

Поиск необходимых рецепторов длится, как правило, 40 секунд. При этом обычно указываются не только процентные составы смесей, но и сравнительная стоимость разных рецептов с учетом действующих цен на красители.

Чтобы закончить разговор о «цветовых делах», надо вернуться к трикотажу, к вопросу получения цветных рисунков. На уже применяемых на предприятиях машинах с независимым электромеханическим отбором игл, управляемых ЭВМ, в память последних введена программа вязки. Но программу эту нужно составить исходя из рисунка, созданного художником; если же рисунок многоцветный, то следует указать, какая петля нити какого цвета должна быть провязана.

Нельзя ли облегчить задачу составления программы? Нельзя ли сделать так, чтобы машина сама читала рисунок (по строчкам, по точкам, как в телевизионной камере) и тут же, параллельно с чтением, его вя-

зала? В принципе можно. И черно-белые рисунки уже вяжут так. Выполненный на тонкой бумаге рисунок закрепляется на прозрачном цилиндре, подсвеченном изнутри. Снаружи вдоль поверхности цилиндра по спирали движется фотоглаз (либо цилиндр вращается, а фотоглаз перемещается вдоль образующей), прочитывая строку за строкой весь рисунок. Фотоглаз представляет собой фотоэлемент с очень маленьким, почти точечным полем зрения. При переходе от белых к черным точкам рисунка резко уменьшается освещенность фотоэлемента, что вызывает электрический сигнал, обеспечивающий провязывание нити нужного цвета. Чтение рисунка и вязка происходят одновременно, что требует высокого быстройдействия системы.

Если рисунок многоцветный (а современные машины позволяют вязать трикотаж даже в шесть цветов), то задача существенно усложняется. Надо определить цвет каждой точки рисунка, а точнее, выяснить, какая из ниток, заправленных в машину, ближе всего по цвету к данной точке.

Здесь приходится обращаться к колориметрии. Окажется, если перед фотоглазом установить вращающуюся кассету со светофильтрами, цвета которых соответствуют цветам заправленных ниток, а скорость вращения кассеты сделать настолько большой, что каждая точка рисунка может быть «просмотрена» при всех светофильтрах, то фотоэлемент выдает самый сильный сигнал при том светофильтре, цвет которого ближе всего к цвету контролируемой точки.

В этом и состоит суть решения задачи, хотя трудностей остается множество: создание широкой гаммы высококачественных светофильтров, обеспечение огромных скоростей запоминания, сравнения электрических сигналов, выработки и реализации управляющих воздействий. Не случайно подобные системы еще только разрабатываются.

Зато автоматизированное заблаговременное составление программ вязки уже мало удивляет. Оно осуществляется художником на автоматизированном рабочем месте, оснащенном микроЭВМ и дисплеем. Художник создает рисунок с помощью алфавитно-цифровой клавиатуры микроЭВМ. Самый процесс формирования рисунка делится на два этапа: сначала задаются контуры будущего рисунка или его фрагментов (с исполь-

зованием набора графических элементов — примитивов, к которым относятся точка, отрезок прямой, отрезок параболы и дуга окружности), а затем осуществляется закрашка рисунка, причем цвета тоже задаются с клавиатуры. Рисунок можно исправлять (редактировать), наблюдая за ним на экране телевизора и изменяя при этом цвет фона, окраску различных фрагментов рисунка, вычерчивая и стирая линии, изменяя положение или размеры уже изображенных элементов рисунка. При составлении композиций можно пользоваться библиотекой (банком) образов, хранящихся на магнитном диске.

## И НЕСКОЛЬКО СЛОВ НА ПРОЩАНИЕ

Вот, пожалуй, и все, что я хотел рассказать тебе, читатель, об автоматике и текстиле, о необходимости и возможностях их плодотворного взаимодействия. Надеюсь, хоть в какой-то мере мне удалось пробудить в тебе интерес к этим очень нужным и полезным сферам нашей жизни, хоть немного удовлетворить твою любознательность.

Называя тебя любознательным, я вспоминаю слова гениального физика Льва Ландау: «Без любознательности нормальное развитие человека, по-моему, невозможно. Отсутствие этого драгоценного качества зримо при всяком столкновении с куцем интеллектом, со скучным старичком любого возраста». И еще я хочу напомнить тебе заповедь Пифагора: «Не делай никогда того, чего не знаешь. Но научись всему, что следует знать...».

Итак, любознательный читатель, отправляясь в тернистый путь за истиной, не забудь надеть прочные башмаки школьных знаний. Выйдя к безбрежному морю проблем, садись на надежный корабль науки, смело пускайся в плавание и помни, что истина скрыта за семью сургучными печатями и подобна капусте: сорвав один ее лист, ты тут же обнаружишь под ним другой. Срывая их неумоимо, ты обретишь над миром власть, какой не имели и короли.

Этим пожеланием, дорогой читатель, я и закончу книжку, которую начал обещанием хитроумного Моржа рассказать любопытным Устрицам о башмаках и сургуче, о капусте и о королях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Блиничева И. Б., Мельников Б. Н.* Искусство отделки тканей — в твоих руках. М., 1985.
- Кринецкий И. И.* Автомат принимает решение... . М., 1977.
- Майоров С. А., Новиков Г. И.* Электронные вычислительные машины (введение в специальность). М., 1982.
- Милосидов Н. Н.* Рассказы о текстильном производстве. М., 1967.
- Попов Е. П., Ющенко А. С.* Роботы и человек. М., 1984.
- Черепнев А. И.* Истоки автоматизации. М., 1975.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

О чем предстоит разговор . . . . .	3
Заглянем в прошлое . . . . .	9
Когда родились автоматы и что они делали в детстве	9
Автоматы начинают трудиться . . . . .	22
Вычислительная техника раньше и теперь . . . . .	31
Текстиль вокруг нас и как его сделать . . . . .	40
Без текстиля — не жизнь . . . . .	40
Первый этап — прядение и кое-что еще . . . . .	43
Второй этап — ткачество и кое-что еще . . . . .	51
Немного о нетканых материалах и трикотаже . . . . .	59
Последний этап — крашение, печатание и кое-что еще	62
Некоторые проблемы текстильной технологии . . . . .	67
С автоматикой — и горя мало . . . . .	69
Что такое САУ и САР . . . . .	69
Датчики — «органы чувств» . . . . .	74
О других членах компании . . . . .	86
Операции поручены автоматам . . . . .	91
Поговорим об АСУ . . . . .	99
Что могут роботы . . . . .	105
Робот роботу рознь . . . . .	112
Есть еще САПР и ГАП . . . . .	117
Электронный мозг . . . . .	120
Они обеспечивают связь с внешним миром . . . . .	129
ЭВМ бывают разные . . . . .	132
Текстильная фабрика будущего . . . . .	134
Для любителей теории . . . . .	135
И у теории есть история . . . . .	135
Как подступиться к исследованию САР . . . . .	139
Вновь о некоторых проблемах текстильной технологии	151
И несколько слов на прощанье . . . . .	156
Литература . . . . .	157

*Научно-популярное издание*

*Дмитрий Алексеевич Шурыгин*

**Автоматика завоевывает текстиль**

Редактор *Ф. Н. Духовный*  
Художественный редактор *И. В. Гусев*  
Технический редактор *Н. В. Черенкова*  
Корректор *А. И. Гурычева*

**ИБ № 22**

Сдано в набор 10.02.87. Подписано в печать 17.09.87. Т-18534. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>.  
Бумага офсетная № 1 ВНР. Литературная гарнитура. Офсет. Объем 5,0 п. л.  
Усл. п. л. 8,4. Усл. кр.-отт. 17,05. Уч. изд. л. 8,51. Тираж 15 000 экз.  
Заказ 106. Цена 40 коп.

Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание».  
113035, Москва, 1-й Кадашевский пер., д. 12

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном  
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
109088, Москва, Южнопортовая ул., 24



### **ВНИМАНИЮ ШКОЛЬНИКОВ И МОЛОДЕЖИ!**

Для Вас издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание» выпустит брошюру:

**ГОЙХМАН О. Я.** Путешествие в страну услуг. 8 л., 25 к.

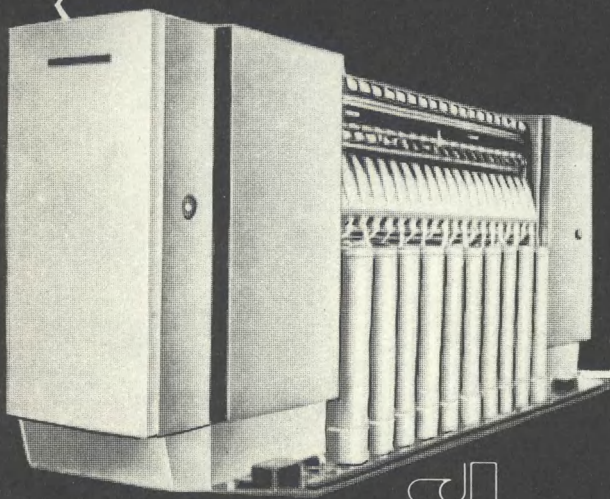
В интересной форме рассказано об организации и технологии оказания некоторых видов бытовых услуг, таких, как пошив и вязание изделий, химическая чистка и др.

Для молодежи и школьников.

Заказать эту книгу можно в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу или направить заказ по адресу: 125422, Москва, ул. Костякова, 9а, книжный магазин № 153 им. Ивана Федорова.

# Автоматика завоёвывает текстиль

Давно состоялось знакомство текстиля и автоматики. О необычайных возможностях, которые открывает их тесное содружество, рассказывает эта книга



ЛЕГПРОМБЫТИЗДАТ