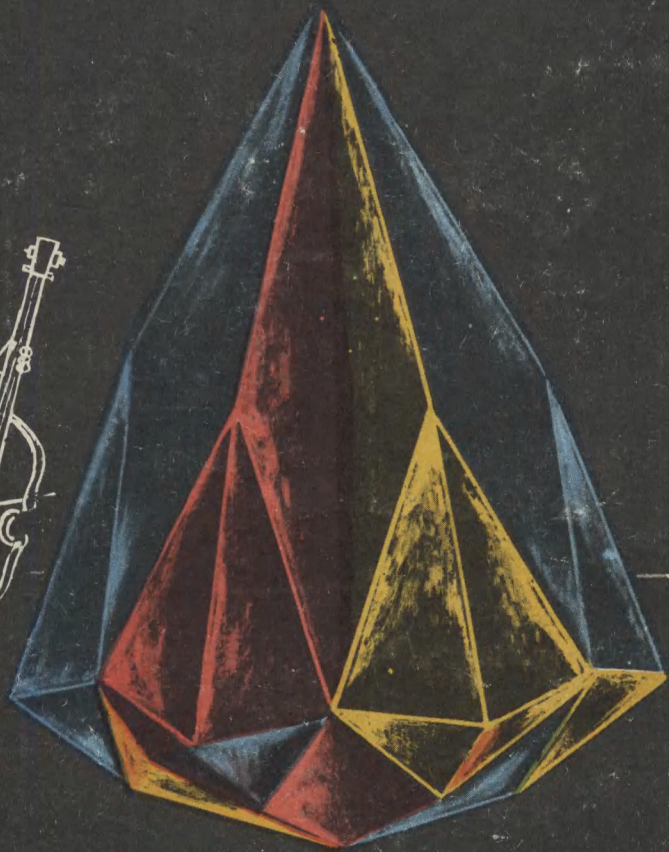


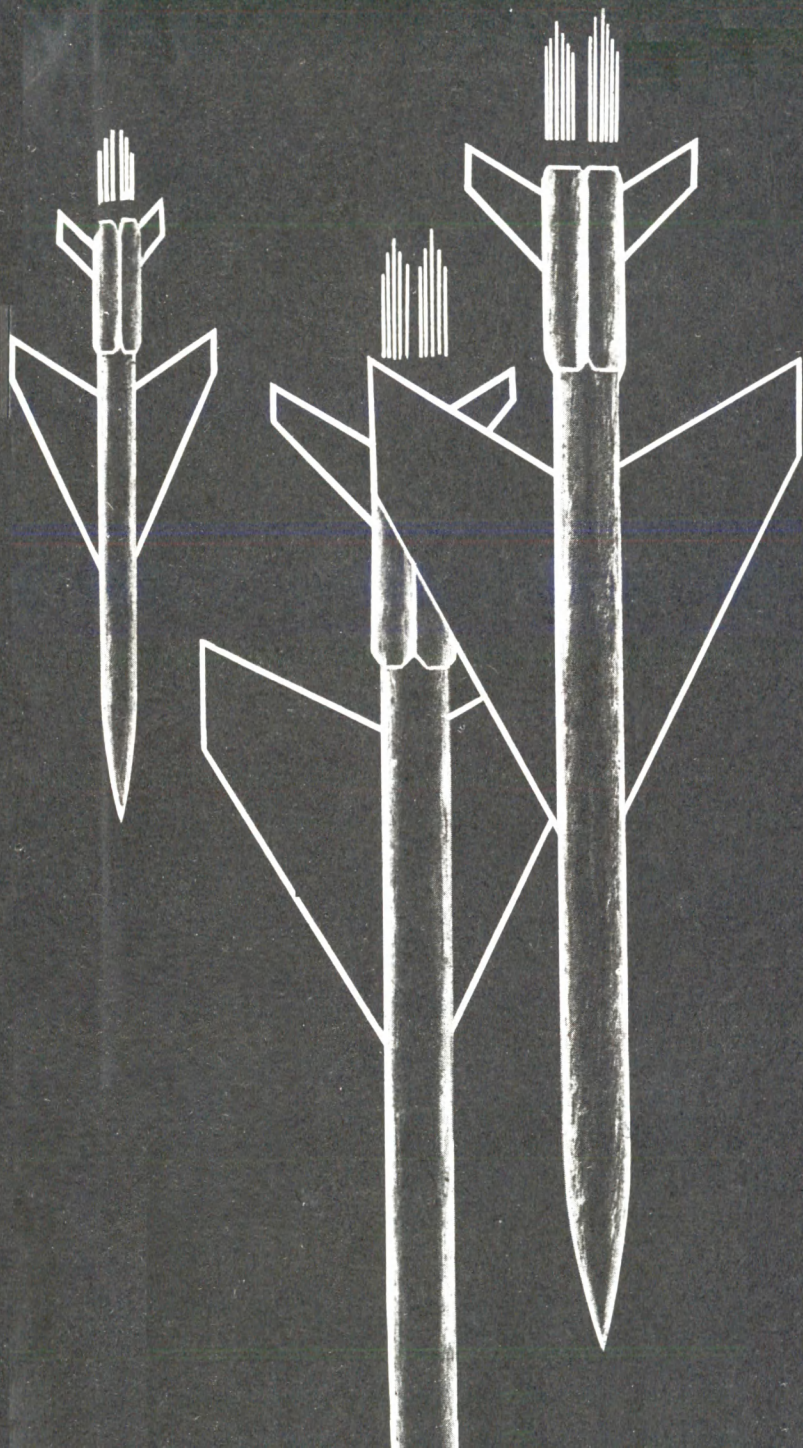
«УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ КИБЕРНЕТИКА»



Д. М. КОМСКИЙ, А. Б. ГОРДИН

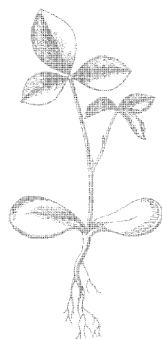
# УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ КИБЕРНЕТИКА











Scan AAW



Д.М.  
КОМСКИЙ  
А.Б. ГОРДИН  
УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ  
КИБЕРНЕТИКА  
СРЕДНЕ-УРАЛЬСКОЕ  
КНИЖНОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
СВЕРДЛОВСК  
1969

Д.М.КОМСКИЙ  
А.Б.ГОРДИН  
УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ  
КИБЕРНЕТИКА  
СРЕДНЕ-УРАЛЬСКОЕ  
КНИЖНОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
СВЕРДЛОВСК  
1969

УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ

• Д. М. КОМСКИЙ

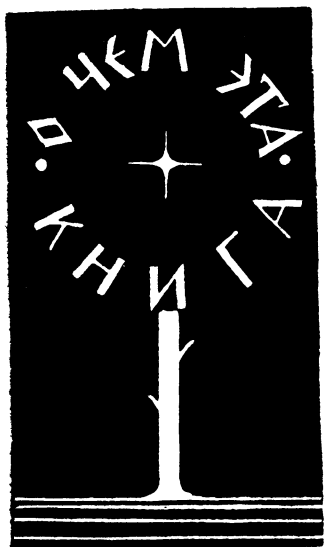


А. Б. ГОРДИН •

ИЗБЕРНЕТИЯ



$$\frac{3\cdot3\cdot14}{101-69}$$



*Современная наука может быть понятна всякому, кто имеет живую душу, самоотвержение и подходит к ней просто.*

*А. Н. Герцен*

*Создание модели — та начальная ступень лестницы, по которой можно подняться до вершин науки и техники.*

*А. И. Микоян*

Вы, дорогой читатель, наверное, уже полистали книгу, просмотрели иллюстрации. И, надо полагать, вас немало озадачила пестрота действующих лиц и предметов, которые по воле авторов и художника оказались на ее страницах.

В самом деле, кого только здесь нет! Средневековый рыцарь в доспехах и древний император, возлежащий на троне, седовласые ученые старцы и молодые люди наших дней... И почти на каждой странице — чертежи, таблицы, схемы. Неужели все это можно связать с содержанием книги, в названии которой модное в наши дни слово — «кибернетика»?

Произнося его, многие подразумевают нечто ультрасовременное, чуть ли не волшебное. Но попросите того, кто произнес это слово, точно и ясно объяснить его смысл. И нередко в ответ вы услышите нечто туманное, апеллирующее скорее к эмоциям, чем к логике.

Впрочем, не удивляйтесь: даже среди крупнейших ученых наших дней нет пока еще единого мнения о том, как правильнее определить термин «кибернетика».

Но немного — о самом слове. Происходит оно от древнегреческого *κυβερνήτης* (кибернетес) — рулевой, кормчий, управ-



ляющий. Кстати, таково же происхождение слов «губернатор» и «гувернер». Когда-то древнегреческий философ Платон называл «кибернетикой» искусство управления кораблем, а в прошлом столетии французский физик Андре Ампер использовал это слово для обозначения науки об управлении государством. Было это давно, и знали о «кибернетике» Ампера лишь немногие.

Но вот двадцать лет назад известный американский ученый-математик Норберт Винер снова ввел в употребление это забытое слово. Он предложил назвать «кибернетикой» новое научное направление — «науку об управлении и связи в животном и машине». С тех пор слово это приобрело большую популярность и действительно стало вездесущим.

Не следует, однако, думать, что «кибернетика» — всего лишь модное, гипнотическое словечко. Вовсе нет.

Кибернетика — отрасль науки, которая живет, развивается и оказывает огромное влияние на научно-технический прогресс. Кибернетика — повсюду, где к анализу давно известных явлений природы и общества применяется новый метод, в основе которого лежат математические идеи теории информации и теории управления, а также широкое использование средств вычислительной техники.

Кибернетические системы, оснащенные быстродействующими электронными вычислительными машинами, управляют производством и ведут конторские дела, обрабатывают результаты научных экспериментов и предсказывают погоду, переводят с одного языка на другой и ставят диагнозы заболеваний, составляют графики движения поездов и обучают школьников правилам грамматики, сочиняют стихи и играют в шахматы...

Можно было бы еще долго перечислять, на что способны созданные человеком кибернетические системы уже в наши дни. И все же неизмеримо большие возможности раскрывает перед человечеством кибернетика в будущем, даже в ближайшие годы. Здесь может оказаться недостаточно богатым воображение самых смелых фантастов! Однако чтобы реализовать эти огромные возможности, недостаточно усилий узких специалистов-кибернетиков — ученых и инженеров. Нужно, чтобы тысячи рядовых тружеников — рабочих, колхозников, служащих — овладели основами кибернетики и подружились с этой наукой надолго и всерьез.

Наша книга — одна из тех, которые должны помочь в этом пытливым и любознательным, всем, кто интересуется достижениями науки и техники. Читатель найдет здесь рассказы о робо-

тах, о математической логике и теории игр, о работе вычислительных, информационно-логических, обучающих и других «умных» кибернетических машин, о биоэлектрических системах и о цветомузыкальных установках, с помощью которых можно не только слушать, но и смотреть музыку. Авторы надеются, что эти рассказы заинтересуют тех, кто желает больше узнать о кибернетике и ее применении.

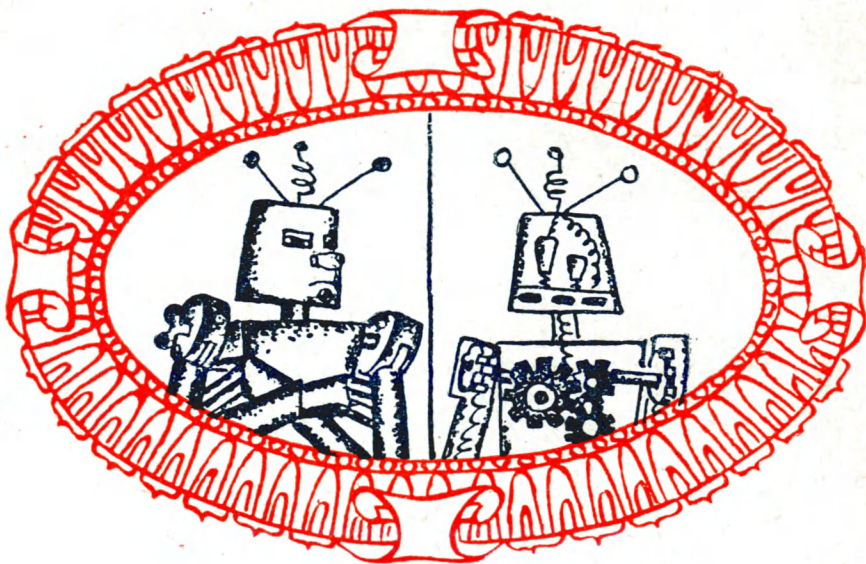
Однако не только этой категории читателей адресована наша книга. В отличие от других подобных популярных изданий в ней поставлена еще одна задача: помочь тем читателям, которые желали бы своими руками построить простые кибернетические устройства и модели. С каждым годом растет армия энтузиастов технического творчества. Прежде всего, это наша молодежь, учащиеся школ и технических училищ, студенты техникумов и вузов, молодые рабочие и колхозники. Немало и людей постарше, которые техническому творчеству охотно посвящают часы своего досуга, сделав это увлекательное занятие своим хобби. Авторы надеются, что эта книга удовлетворит запросы и этой весьма обширной категории читателей всех возрастов и профессий. Они найдут здесь описания многих самодельных кибернетических моделей, приборов и устройств, которые можно использовать в учебе, на производстве, в быту и в часы досуга.

Книга может оказаться полезной для учителей и руководителей физико-технических кружков школ и внешкольных учреждений. Она поможет им в выборе тематики работы кружков и в решении вопроса о конкретном содержании их деятельности.

Все описанные в книге устройства и модели были сконструированы и построены в последние годы энтузиастами технического творчества и юными умельцами в технических кружках школ, вузов, Домов пионеров Свердловска под руководством и при непосредственном участии авторов. Многие из описанных моделей и устройств неоднократно демонстрировались на республиканских, всесоюзных и международных выставках и были отмечены дипломами и медалями.

Может оказаться, что отдельные термины и обозначения на схемах будут незнакомы молодому читателю. На этот случай в нашем «Справочном бюро» (в конце книги) приводятся основные графические условные обозначения на электрических схемах. Если и этих сведений окажется недостаточно, мы надеемся, что читатель сумеет найти ответы на возникшие у него вопросы в учебной и справочной литературе.





## «Ж Е Л Е З Н Ы Е Л Ю Д И»

*Рано или поздно человек находит пути к искусственному повторению всего, что когда-нибудь и где-нибудь создала природа.*

*А. Г. Ивахненко*

*Новое развитие техники... дает человеческой расе новый, весьма эффективный набор механических рабов для выполнения ее работы.*

*Н. Винер*

### ВСЕ НАЧАЛОСЬ С МЕЧТЫ

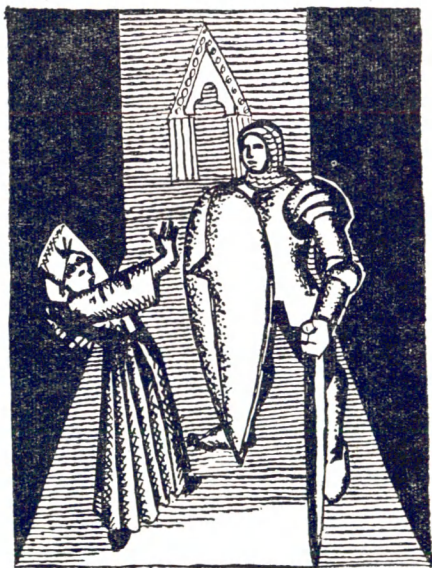
«...Огромный автоматический трактор, тяжело гроыхая, надвигался на Глорию. В считанные доли секунды Вестон опомнился. Но эти доли секунды решили все. Глорию уже нельзя было догнать. Вестон мгновенно перемахнул через перила, но это была явно безнадежная попытка. Мистер Стразерс отчаянно замахал руками, давая знак рабочим остановить трактор. Но они были всего лишь людьми, и им нужно было время, чтобы выполнить команду.

Один только Робби действовал без промедления и точно. Делая гигантские шаги своими металлическими ногами, он устремился навстречу своей маленькой хозяйке. Дальше все произошло почти одновременно. Одним взмахом руки, ни на мгновение не уменьшив своей скорости, Робби поднял Глорию так, что у нее захватило дыхание. Вестон не совсем понимал, что происходит, он скорее почувствовал, чем увидел, как Робби пронесся мимо него, и растерянно остановился. Трактор проехал по тому месту, где должна была находиться Глория, на полсекунды позже Робби, прокатился еще метра три и, заскрежедав, затормозил».

Так современный американский писатель А. Азимов в сборнике фантастических рассказов «Я, робот» описывает поведение искусственного, «железного человека», выполняющего в семье инженера Вестона роль чуткой и внимательной электронной няньки.

Пожалуй, нянька — несколько необычная профессия для робота. А впрочем — почему бы и нет? Ведь выполняют «железные люди» на страницах научно-фантастических рассказов обязанности монтажников, вычислителей, сторожей, диспетчеров, пилотов, разведчиков, исследователей... Чем же хуже мечта о роботеньячке?

Кибернетические и искусственные живые существа — умные, сильные, ловкие помощники человека — стали почти обязательными персонажами художественных произведений писателей-фантастов. Человекоподобные роботы трудятся в шахтах и рудниках, опускаются на дно морей и океанов, поднимаются в заоблачные высоты, улетают в неведомые космические дали, всюду выполняя для человека самую трудную, а порой — и самую опасную работу. Читаешь рассказы об этом, и невольно возникает вопрос: а нельзя ли действительно,





используя достижения науки и техники, создать искусственный организм, который выглядел бы и действовал как человек?

Мечта о создании искусственных живых существ волнует человечество на протяжении многих веков. Человеку всегда хотелось иметь рядом с собой «существо», похожее на него, но обладающее большой силой, находчивостью, мудростью, — послушного помощника и надежного друга. Эта мечта нашла отражение в многочисленных античных мифах и легендах средневековья, в художественных произведениях писателей и поэтов разных времен (Э. Гофман, Х. Андерсен, И. Гете, А. Толстой, К. Чапек и многие другие).

Интересна древняя легенда, записанная чешским писателем Алоизом Ирасеком. Во времена императора Рудольфа II жил в Праге ученый мудрец по имени Лев Бен Бецалель. Этот ученый создал глиняного раба — Голема — дровосека и водоноса, обладавшего необычайной силой. Ученый мог оживлять Голема, вкладывая ему в рот записку с каббалистическими заклинаниями — глиняный раб послушно колол дрова и носил воду. Но однажды Лев Бен Бецалель ушел из дому, позабыв вынуть записку, и Голем изрубил всю мебель и затопил жилище. Никто не мог его остановить. Голем вскоре стал грозой всей округи, люди в страхе бежали от него. Испуганный Лев Бен Бецалель вынужден был уничтожить свое детище.

Другая древняя легенда рассказывает, что в XIII веке философ и алхимик Альберт Великий построил железного человека и сделал его привратником в своем доме. Железный привратник открывал дверь и приветствовал входящего поднятием руки. Был он так похож на человека, что однажды очень напугал ученика Альберта Великого — Фому Аквинского, и последний в страхе перед «нечистой силой» разрушил его.

В средние века среди ученых-алхимиков было широко распространено учение о «гомункулюсе», маленьком искусственном человечке, которого якобы можно создать в лаборатории химическим путем. Попыток создать «гомункулюса» было в те времена не меньше, чем попыток получить «философский камень», обладавший якобы чудесным свойством обращать все металлы в золото.

До нашего времени дошло немало преданий о талантливых мастерах древности, которые создавали забавные механические игрушки, имитировавшие внешний вид и движения человека, а также различных животных: летающих птиц, бегающих и рычащих зверей. Герон Александрийский, живший в I веке

до нашей эры, в книге «Театр автоматов» описал даже устройство целого театра, представление в котором разыгрывали фигурки-куклы, приводимые в движение с помощью системы зубчатых колес, блоков и рычагов. Пьеса, которую исполнял «Театр автоматов» Герона Александрийского, передавала легенду о Навплии, относящуюся к временам Троянской войны,— месть Навплия грекам, побившим его сына Паламеда камнями. Пьеса содержала пять актов и восемь картин.

В первом акте зритель видел, как данайцы строят корабли перед походом: они пилят, строгают, бьют молотками; слышны соответствующие звуки. Во втором акте люди тянули построенные суда с помощью веревок в воду. В третьем акте перед зрителями открывалась картина спокойного моря с кильватерной колонной парусников и резвящимися в воде дельфинами. Следующая сцена изображала шторм, строй кораблей нарушался, они собирались вместе. В четвертом акте показывалась месть Навплия, который зажигал факел, стоя на скале; при этом присутствовала Афина. Мореплаватели, приняв огонь факела за свет маяка, направляли корабли на скалы. В последнем, пятом акте развевалась картина кораблекрушения. В волнах появлялся плывущий Аякс, слышался удар грома и сверкала молния, которой Афина поражала Аякса. Аякс скрывался в волнах, фигура Афины исчезала, и представление заканчивалось.

В период расцвета античной механики существовало немало других автоматических игрушек подобного рода, созданных талантливыми мастерами.

## **РОДИЧИ ЧАСОВ И МУЗЫКАЛЬНОЙ ШКАТУЛКИ**

С развитием механики и в особенности часового производства в XVI—XVIII веках механические модели живых существ стали очень популярными, над их конструированием и изготовлением увлеченно трудились многие мастера-часовщики. Создание такой модели-автомата было тогда как бы экзаменом на аттестат технической зрелости механика, сулило ему известность и славу. Собственно говоря, многих мастеров-механиков того времени даже неправильно называть часовщиками. Это были настоящие ученые, талантливые инженеры-конструкторы. Некоторые из них достигали в своей работе столь высокого мастерства и совершенства, что их изделия представляли собой замечательные произведения искусства.

В Музее изящных искусств швейцарского города Невшателя хранятся удивительные машины-автоматы — «механические люди», построенные в XVIII веке талантливыми часовщиками Пьером-Жаком Дро и его сыном Анри Дро. Искусным швейцарским мастерам удалось добиться поразительной слаженности, живости и правдоподобия движений холодных и мертвых механизмов, приводимых в действие обычным часовым устройством с заводной пружиной.

...За столиком на скамейке сидит большая кукла, ростом с пяти-шестилетнего ребенка. Это писец. В его правой руке гушиное перо, перед ним на столике — чернильница и лист бумаги. Писец аккуратно макает перо в чернильницу и, наклонив голову, старательно выводит на бумаге красивыми крупными буквами ровные строчки. Окончив писать, он на несколько мгновений задумывается, поворачивает голову, берет песочницу, сыплет лист песком для просушки и, спустя несколько секунд, стряхивает песчинки.

Рядом с писцом — художник с карандашом в руке. Склонившись над бумагой, он не спеша рисует на листе различные фигурки, время от времени останавливаясь и созерцая нарисованное, размышляет, дует на бумагу, чтобы удалить с нее соринки.

Третий «механический человек» часовщиков Дро — девушка-музыкантша. Это кукла, таких же размеров, как и ее «братья», сидит за фисгармонией. Пальцы ее рук бегают по клавишам, голова поворачивается, как бы следя глазами за движениями рук. Музыкантша четко и легко играет трели и быстрые пассажи, ее грудь подымается и опускается, словно она не в силах сдерживать волнения, навеянного музыкой. Окончив игру, исполнительница слегка наклоняет голову, благодарит слушателей.

Андрониды (так были названы эти выдающиеся произведения механики в честь их талантливых создателей) и в наши дни вызывают большой интерес и неизменное восхищение посетителей Невшательского музея. Хотя «механические люди» имитируют лишь внешнее сходство с человеком и некоторые его движения, у зрителей сохраняется чувство, будто перед ними настоящие живые существа.

Не меньшую популярность в XVIII веке завоевал другой создатель диковинных «механических» людей-автоматов — французский механик Жак Вокансон. Из его работ наиболее известен флейтист — кукла величиной с человека, державшая у губ флейту. Вдувая воздух и перебирая пальцами в определенной после-

довательности клапаны флейты, автомат исполнял 11 различных мелодий.

Другой шедевр Вокансона — утка могла воспроизводить довольно большой комплекс различных движений. Она не только крикала и передвигалась, переваливаясь с боку на бок, но также плавала и плескалась в воде, двигала головой, расправляла крылья и приводила в порядок перья с помощью своего клюва. Кроме того, утка пила воду и клевала зерна, «переваривая» их с помощью химических веществ (для этого у нее в брюшке была устроена своеобразная химическая лаборатория).

Рассказывают, что Вокансон однажды встретился с молодым Анри Дро после того, как последний с большим искусством сделал пару механических рук для юноши, получившего увечье на охоте. Ознакомившись с механизмом этих рук, Вокансон сказал, обращаясь к Дро: «Молодой человек, вы начинаете с того, чем я хотел бы кончить».

Вокансон много ездил по Европе, демонстрируя всюду свои замечательные автоматы. Побывал он и в России. Здесь одна из его уток сгорела во время пожара на Макарьевской ярмарке в Нижнем Новгороде. В настоящее время некоторые из известных автоматов Вокансона хранятся в кабинете его имени в Парижской консерватории искусств и ремесел.

XVIII век дал миру ряд других выдающихся конструкторов механических автоматов. В Венском техническом музее и сейчас находится и действует один из первых механических самописцев, изготовленных в те годы придворным механиком Фридрихом Кнауссом. Этот автомат представляет собой аллегорическую фигуру сидящего на шаре человека, который может писать на листе бумаги текст, содержащий до 79 букв. А в Государственном Эрмитаже в Ленинграде хранится относящийся к этой же эпохе интересный и оригинальный автомат — часы «Павлин» Кокса с подвижными фигурами, изображающими клетку с совой, петуха, павлина, грибы, под шляпками которых помещены цифры, указывающие время. Механизм подвижных фигур заводится и устанавливается на определенное время, при наступлении которого клетка с совой вращается, колокольчики, окаймляющие ее, мелодично звенят, сова хлопает глазами, петух поднимает голову и поет, а павлин распускает хвост и вращается вокруг своей оси. Часы «Павлин» были отремонтированы русским механиком И. П. Кулибиным в самом конце XVIII века и действуют до настоящего времени.

И. П. Кулибин создал ряд любопытных автоматов, в том числе



знаменитые часы «яичной фигуры», которые также хранятся теперь в Государственном Эрмитаже. Часы эти по внешнему виду и величине напоминают гусиное яйцо. В золотом корпусе художественной работы находится не только часовая механизм; здесь же встроен целый миниатюрный театр автоматов, где крохотные фигурки разыгрывают сцену, сопровождаемую мелодичным перезвоном. Чтобы представление началось, надо повернуть специальную стрелку. Ровно в полдень часы играют гимн, а в течение второй половины суток вызывают мелодию, сочиненную самим Кулибиным. Каждый час, полчаса и четверть часа отмечаются особым перезвоном.

В XVII—XVIII веках на Руси было немало других мастеров-умельцев, проявивших чудеса изобретательности и таланта. В известном рассказе русского писателя Н. С. Лескова «Левша» описана история такого умельца, тульского мастерового человека. С мягким юмором рассказывает писатель, как механик Левша ухитрился подковать заводную стальную блоху — миниатюрный механический автомат, привезенный из Англии. Гвоздики, которые выковал для этой цели мастер, нельзя было разглядеть ни в какой «мелкоскоп».

Увлечение заводными автоматами — механическими подобиями человека и животных — продолжалось и в XIX веке и даже в начале XX столетия. Механические игрушки-автоматы стали предметом развлечения взрослых и детей. В одном из номеров журнала «Нива» за 1879 год можно было прочесть, например, такие объявления:

«Продается клетка чудесной конструкции, в ней две райские птицы, поющие как нежный соловей. Цена — 300 руб.»

«Павлин, ходящий и распускающий перья. Цена — 50 руб.»

«Концерт обезьян. Цена — 250 руб.»

Особенно распространены были заводные поющие птицы в клетках. Мехи, нагнетающие воздух в звуковой прибор, приводились в движение все тем же часовым механизмом со стальной пружиной.

Однако «большая» наука в XIX веке заметно охладела к механическим моделям живых организмов, а потом и вовсе потеряла к ним интерес. Андроиды сыграли к тому времени свою роль в развитии техники. Опыт, накопленный поколениями мастеров-механиков при конструировании и постройке всевозможных игрушек-автоматов, помог разработать и проверить на практике основные принципы и технические средства машиностроения и автоматизации, что позволило перейти к машин-

ному производству. Машины и механизмы — потомки «механических людей» Дро и Вокансона, оснащенные тепловыми, а позднее — и электрическими двигателями, заняли решающие позиции в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте. Теперь взору восхищенных обывателей все чаще представлялись уже не диковинные машины-игрушки, созданные для забавы и развлечения, но деловые и серьезные машины-трюженики. Андроиды и другие механические подобия человека и животных нашли свой последний приют в тихих залах технических музеев.

### «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЛЮДИ»

Новые времена принесли с собой и новые идеи. Электричество, радио, достижения физики и техники неизмеримо расширили возможности моделирования живых существ. На смену «механическим людям» — андроидам — пришли «электрические люди» — роботы.

Слово «робот» обязано своим появлением талантливому чешскому писателю Карелу Чапеку.

С его легкой руки название «робот» прочно закрепилось за всевозможными самостоятельно работающими техническими системами — от простейших автоматов, торгующих спичками, до сложных систем автоматической ориентации современных ракет. Сегодняшние роботы не похожи на человекообразных роботов, описанных Чапеком. Это сложные и тонкие приборы, созданные на основе новейших достижений науки и способные совершать огромное количество операций с быстротой и точностью, недоступной человеку и даже группе людей.

Однако понятие «робот» имеет и более узкий смысл — устройство, подражающее внешнему виду и некоторым чертам поведения человека или животных. Такие роботы создаются не для производственных нужд, а в рекламных, учебных и других специальных целях.

Одним из первых человекоподобных роботов был «мистер Телевокс», построенный американским инженером Венсли. Конструктор придал своему творению внешнее схематическое сходство с человеком. «Телевокс» управлялся на расстоянии с помощью свистков. По сигналам свистка он мог пускать в ход пылесос и вентилятор, зажигал лампы в комнате, открывал окна и двери и выполнял некоторые другие элементарные действия. Кроме того, он мог произносить несколько фраз, записанных

на пленку. Впоследствии, после переделки, «Телевокс» был использован в качестве бессменного «дежурного» при водопроводной системе одного из нью-йоркских небоскребов. Он следил за уровнем воды, пускал в ход насосы, отвечал на телефонные запросы о состоянии водопроводной системы и т. п.

Другой «электрический человек» — «Эрик» — был изготовлен в 1928 году английским инженером Ричардсоном. Этот робот, внешне похожий на закованного в доспехи средневекового рыцаря, также управлялся на расстоянии. Выполняя команды, он мог садиться, вставать, отвечал на простые вопросы; при ответе у него светились глаза и во рту загорались маленькие зеленые лампочки.

В 1932 году англичанин Гарри Мэй сконструировал огромный двухтонный робот «Альфа», который умел не только садиться, вставать и двигать руками, но говорил, свистел, пел и даже стрелял из револьвера, причем с расстояния 20 метров всаживал все пули в «яблочко» мишени.

В 1933 году на выставке «Столетие прогресса» в Чикаго робот использовался в качестве лектора. Начиная лекцию о процессе пищеварения, он расстегивал жилет, открывая грудь и живот, стенки которого были прозрачными, и показывал пальцем пищевод, желудок, кишечник и печень, объясняя строение внутренних органов.

Ряд роботов, управляемых по радио, сконструировал и построил в Австрии инженер Август Губер. Эти роботы ходили, двигали головой и руками, мигали, курили, разговаривали по телефону. Немало других конструкторов последних десятилетий отдали дань идее о создании искусственного электрического человека, могучего и покорного слуги своего хозяина. При этом многие из них всерьез полагали даже, что именно такие роботы заменят в будущем (подобно роботам в пьесе Чапека) на заводах и фабриках живых рабочих и служащих. Однако в дальнейшем стало ясно, что подобные роботы — это, в сущности, такие же игрушки, какими были андройды XVIII века, хотя они и построены с применением последних достижений электроники и автоматики.

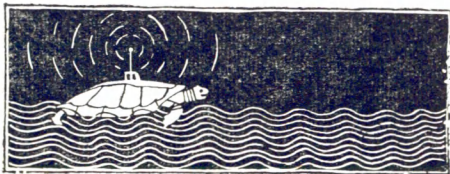
## **КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ЗВЕРИНЕЦ**

В 50-х годах нашего столетия конструкторы роботов стали наделять свои создания некоторыми новыми способностями, такими, каких не было у их старших механических и электриче-

ских собратьев: эти роботы получили способность выполнять не только «жесткую», заранее заданную программу, но и действия, определяющиеся обстановкой, окружающей средой. Самый простой из таких роботов был построен едва ли не в первые годы рождения кибернетики по предложению Норберта Винера. В зависимости от характера регулировки это кибернетическое «животное» можно было рассматривать либо как стремящуюся к свету «моль», либо как бегущего от света «клопа».

Модель представляла собой небольшую тележку с электродвигателем, питающимся от батарейки, помещенной на этой же тележке. Управление движением тележки осуществлялось с помощью двух фотоэлементов и электронных усилителей. При одинаковой освещенности обоих фотоэлементов управляющая система находилась в равновесии, двигатель оставался выключенным, и модель была неподвижна. При более сильной освещенности одного из фотоэлементов равновесие нарушалось, срабатывало реле, включая двигатель. В зависимости от направления вращения двигателя тележка начинала двигаться либо в одну, либо в другую сторону до тех пор, пока не уравнивались освещенности обоих фотоэлементов. «Моль» была отрегулирована так, что при срабатывании реле тележка двигалась в сторону более яркого света. «Клоп» же, наоборот, стремился спрятаться от света и обшаривал комнату в поисках темного угла.

Английский физиолог Грей Уолтер сконструировал несколько более сложных устройств, получивших впоследствии название «черепах», так как они действительно напоминали этих животных своим внешним видом и медлительностью действий. Черепаха «Эльмер» (электромеханический робот) была выполнена в виде небольшой трехколесной тележки, на которой были установлены два мотора (ход вперед и поворот), несколько электромагнитных реле, электронная аппаратура и питающий аккумулятор. Несмотря на простоту устройства этой черепахи, поведение ее было довольно сложным. Пока аккумулятор ее был заряжен, она вела себя как «сытое» животное; при слабом освещении или в темноте она медленно передвигалась по комнате, при столкновении с каким-либо препятствием (буфетом, ножкой стола и пр.) она останавливалась, сворачивала в





сторону и обходила это препятствие. Если в комнате появлялся яркий источник света, «Эльмер» вскоре замечал его и направлялся к свету, но не подходил к лампе слишком близко, боясь «ослепления». По мере разряда аккумулятора черепашка начинала проявлять все больший «интерес» к источнику света, так как он освещал «кормушку» — место для зарядки аккумулятора. Когда аккумулятор был разряжен настолько, что нуждался в подзарядке, черепашка смело направлялась к источнику света и подключалась к питающим контактам зарядного устройства. Получив «пищу» — новый запас электроэнергии, — она отходила от зарядного устройства и вновь блуждала по комнате в поисках неосвещенного угла.

Поведение «Эльмера» можно было еще больше усложнить, прикрепляя к «панцирю» черепахи горящую электрическую лампочку. Если в комнате помещали зеркало, черепашка устремлялась к нему, так как «узнавала» себя в зеркале. Она могла часами «рассматривать» себя в зеркале, то приближаясь к нему, то удаляясь и поворачиваясь перед ним.

Позднее Грей Уолтер построил новую черепашку «Эльзи» (Electro-Licht-Sensitiv — электро-светочувствительный робот), которая являлась копией своего «братца», но вела себя немного иначе: более активно реагировала на малейшие изменения освещенности, быстрее и больше двигалась, расходовала больше энергии и чаще посещала «кормушку». Если обе черепашки были в одной комнате, они быстро находили друг друга, сближались и начинали кружиться в своеобразном танце.

Еще более интересной была черепашка Грея Уолтера — «Кора», как он ее называл (Conditional Reflex Automat — автомат условного рефлекса). Этот кибернетический зверек обладал не только «зрением» и «осознанием», как его предшественники, но еще и «слухом»: к его органам чувств конструктор добавил микрофон. Кроме того, его можно было обучать, вырабатывая у него что-то вроде условного рефлекса (благодаря наличию элемента памяти в виде конденсатора, способного в течение некоторого времени сохранять накопленный электрический заряд).

Как известно, условный рефлекс — результат обучения, привычки. Недаром англичане называют его *learned reflex*, то есть «наученный», «выученный» рефлекс. Если много раз повторять демонстрацию условного рефлекса, не подкрепляя его, то есть не проводя время от времени совместного действия безусловного и условного раздражителей, то условный рефлекс затухает (забывается) и в конце концов исчезнет совсем.

Грей Уолтер вырабатывал у своей черепашки «Коры» условный рефлекс, обучая ее останавливаться перед препятствием и сворачивать в сторону по звуковому сигналу — свистку. Для этого он подавал свисток всякий раз, когда «Кора» при своем движении по комнате натывалась на какую-либо преграду. Вначале черепашка не обращала внимания на свистки. Однако вскоре у нее стал вырабатываться условный рефлекс: по сигналу свистка она останавливалась, отступала назад и сворачивала в сторону, даже если перед ней никакого препятствия не было.

Выработанный таким образом условный рефлекс вскоре исчезал, если «Кору» часто «обманывали», подавая сигнал свистка при отсутствии перед ней преграды.

Своеобразные черты поведения описанных кибернетических игрушек придавали им большое сходство с настоящими живыми существами, отличительной способностью которых является именно умение действовать целесообразно, с учетом окружающей обстановки. Поэтому в дальнейшем роботы, моделирующие поведение живых организмов, стали предметом пристального внимания и изучения ученых-кибернетиков, да и не только ученых. В течение нескольких лет был создан целый «зверинец» кибернетических животных: черепах, лисиц, белок, собак и т. п. Принцип действия этих «зверюшек» был общий, и отличались они, главным образом, внешним оформлением. Их изготавливали радиолюбители, студенческие научные общества, научные лаборатории и кружки юных техников во многих странах.

Широкую известность получили «мышь», отыскивающая дорогу в лабиринте, которую построил американский инженер Клод Шеннон; «белка», собирающая орехи и относящая их в гнездо, созданная американцем Эдмундом Беркли; «лисицы» Барбара и Джоб, построенные французским кибернетиком Альбером Дюкроком, и другие. В Ленинградском электротехническом институте был построен «щенок», реагирующий на «пищу» и свет. Вместо свистка в качестве условного раздражителя было использовано... нажатие на его хвост. Оригинальную «черепаху» сконструировали сотрудники Института автоматики и телемеханики АН СССР Р. Р. Васильев и А. П. Петровский. Большую известность получил кибернетический робот «Ваня», построенный студентами и преподавателями Свердловского пединститута. Перечисление таких моделей можно было бы продолжить.

Конструирование различных кибернетических моделей живых существ продолжается. Последние достижения электроники и кибернетики, успехи биологических наук позволяют сегодня

моделировать работу отдельных органов человеческого тела, действие нервной системы, процессы обучения, запоминания и узнавания. Впереди — много интересных и важных открытий.

### **ДЛЯ ЧЕГО НУЖНЫ «ЖЕЛЕЗНЫЕ ЛЮДИ»?**

Когда человек создает машину — умного, сильного и ловкого слугу и помощника в его делах, вовсе нет необходимости в том, чтобы этот слуга и помощник был внешне похож на человека или какое-либо другое живое существо. Важно не то, как он выглядит, а как исполняет возложенные на него обязанности.

Нужно ли, например, чтобы «стальной конь» — трактор — был похож своим внешним видом на живую лошадь? Или, скажем, чтобы автомат для продажи газированной воды имел внешность миловидной продавщицы? Стоит лишь задать подобный вопрос, как сразу же станет ясной нелепость чего-либо подобного.

Для чего же нужны человекоподобные роботы? Почему с времен Герона Александрийского до наших дней многие поколения энтузиастов трудились и продолжают трудиться, создавая подобия искусственных животных и человека, используя для этого все известные им достижения науки и техники, делая при этом зачастую новые изобретения и открытия.

Мы уже упоминали о том, что во времена Дро и Вокансона талантливые мастера созданием «механических людей» демонстрировали свое умение и опыт. Вспомним еще раз Левшу Н. С. Лескова, который ухитрился подковать «аглицкую» блоху, чтобы показать англичанам, что и русские умельцы «не лыком шиты». Многие «электрические люди» первой половины XX века также были построены, по сути дела, в целях рекламы. В наши дни роботы создаются тоже, главным образом, в учебных, рекламных и других специальных целях.

Например, робот-экскурсовод, «работающий» в отделе автоматики, телемеханики и кибернетики Московского Политехнического музея (рис. 1), сам рассказывает посетителям музея о себе:

«...Я родился 1 января 1963 года. Мои отцы — инженеры Марк Александров и Марк Горохов — в течение ряда недель думали над тем, каковы смысл и цель моей жизни. И вот, в соответствии с их решением, я — робот — должен выступать как экскурсовод Политехнического музея. В залах автоматики, телемеханики и кибернетики я сопровождаю посетителей от экспоната к экспонату и отвечаю на вопросы любознательных. Являюсь ли я каким-то чудом техники? Вовсе нет. Я функционирую на общеиз-

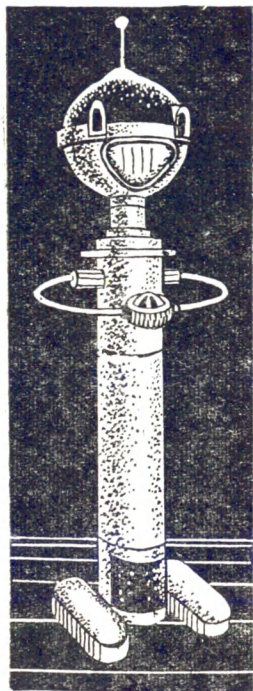
вестных основах телемеханики и разговариваю при помощи магнитофонной установки. После того как я ознакомлю посетителей со многими отраслями промышленности, в которых применяются системы телемеханики, я еще рассказываю и о своей собственной конструкции. Таким образом, я выполняю одновременно две роли: музейного экскурсовода и экспоната».

Этот робот-экскурсовод, которому его авторы («отцы») дали смешное имя «Сепулька», приводится в движение электромотором. В «груди» его установлен микрофон и электронный усилитель. «Голова» также начинена электронной аппаратурой. Электропитание робота обеспечивается серебряно-цинковыми аккумуляторами.

На Выставке достижений народного хозяйства в Москве большой популярностью пользовался «коллега» Сепульки — робот «Сибиряк-2», также выступавший в роли экскурсовода.

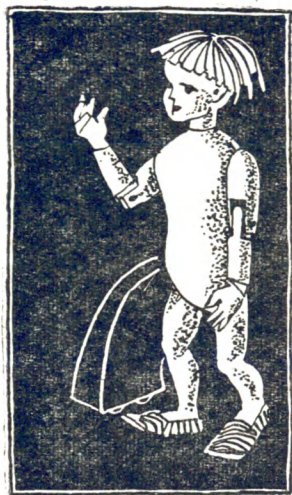
А вот еще один человекоподобный робот специального назначения (рис. 2). Его создатель — американский инженер А. М. Аттон — избрал для него «профессию» киноактера. Эта кукла-робот была изготовлена для исполнения главной роли в одном из кинофильмов для детей. Она могла передвигаться в любом направлении, двигать руками, встряхивать и кивать головой, глаза ее, как живые, могли двигаться вправо и влево. Управление всеми движениями куклы во время киносъемок производилось по радио: внутри нее и в специальной тележке, связанной с ней, размещалась радиоаппаратура и аккумуляторы. Рэйнбоу (так называли куклу, по-английски rainbow — радуга) прекрасно справилась с порученной ей ролью.

Приведенные примеры иллюстрируют возможности практического использования человекоподобных роботов. Почти все искусственные живые существа, созданные человеком, — андроиды, роботы, кибернетические черепахи и другие животные — это



Р и с. 1.  
Робот «Сепулька».





Р и с. 2.  
*Робот А. М. Аттона.*

не только забавные игрушки. Они ценны для людей как своеобразный сплав инженерной мысли и искусства народных умельцев. Не случайно многие из этих игрушек хранятся в музеях и считаются шедеврами.

### ЗНАКОМЬТЕСЬ — КИН

Человек с неослабевающей энергией продолжает штурмовать космос. Все новые космические корабли отправляются к Луне, Венере, Марсу. Автоматическая аппаратура производит фотосъемку поверхности далеких миров, изучает их рельеф, атмосферные условия. Недалек тот день, когда нога человека впервые ступит на таинственную поверхность неведомой планеты.

Много неожиданностей и опасностей подстерегает там первооткрывателей: непривычная атмосфера, изнуряющая жара и леденящий холод, высокий уровень радиации, незнакомые растения и животные — всего не предугадаешь! Для безопасности космонавтов в путешествие по загадочной планете прежде всего отправятся роботы — автоматические разведчики, способные своевременно обнаружить опасность и предупредить о ней отважных исследователей.

Предлагаем читателям заняться постройкой модели такого робота-разведчика, способного помочь человеку в исследовании незнакомой среды. В процессе изготовления этого «железного человека» энтузиасты-конструкторы смогут познакомиться с основными узлами и схемами кибернетических машин, приобретут много полезных знаний и навыков. И пусть наш КИН — «кибернетический исследователь неведомого» — будет исследовать всего лишь квартиру конструктора или ближайшие окрестности его дома. Немного фантазии — и он зашагает по «пыльным тропинкам далеких планет».

В основу схемы нашего робота положено описание «кибернетического путешественника», опубликованное в журнале «Моделист-конструктор». Конструкция КИНа разработана с таким расчетом, чтобы можно было в случае надобности видоизменять

и совершенствовать его электронную схему, вводить новые узлы и устройства, обеспечивая более обширную программу работы модели.

Наш КИН (рис. 3) может выполнять ряд действий, присущих живому организму и необходимых разведчику во время путешествия по неведомой планете. В темноте он «дремлет», оставаясь неподвижным. При включении освещения он «пробуждается» и начинает двигаться. Передвигается КИН осторожно, внимательно осматривая дорогу. Он может двигаться вперед и назад, может свернуть вправо или влево, когда соответственно справа или слева от него появляется яркий источник света. Если на пути препятствие, робот отступает и пытается обойти преграду. Так же поступает КИН и в тех случаях, когда обнаруживает впереди какую-либо опасность: чрезмерно крутой спуск (пропасть), водную преграду, огонь или сильный источник тепла.

Исследователю незнакомой среды необходимо знать, нет ли в этой среде губительных для организма излучений. Ни одно живое существо не может долго находиться там, где действует сильный источник радиоактивного излучения. И здесь КИН может быть полезен человеку. Как только робот попадет в зону, где имеется радиоактивное излучение, он поднимает правую руку, окрашенную в красный цвет, сигнализируя об опасности. На шлеме у него загорается красная лампочка, а сирена, установленная внутри него, подает звуковой сигнал тревоги.

Радиоволны являются единственным видом связи космонавта с родной планетой. Поэтому для космических путешественников

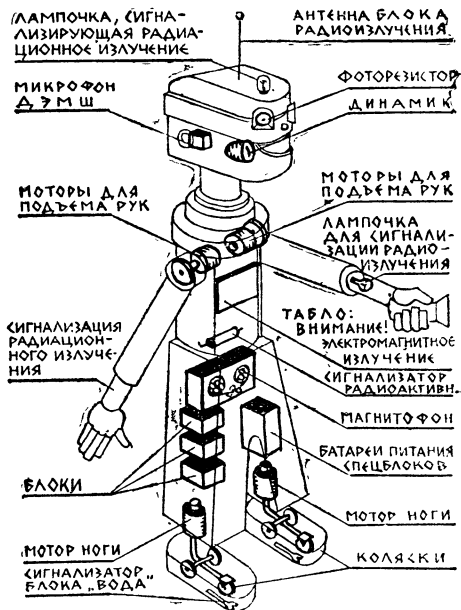


Рис. 3. Кибернетический исследователь неведомого — КИН.

очень важно своевременно обнаружить радиосигналы, поступающие с Земли и с других космических кораблей. Однако физиологами установлено, что очень сильное электромагнитное поле оказывает вредное воздействие на организм человека. Человек не может воспринимать радиоизлучение. Наш робот снабжен блоком, чутко реагирующим на появление в окружающем пространстве электромагнитного излучения. При обнаружении элек-

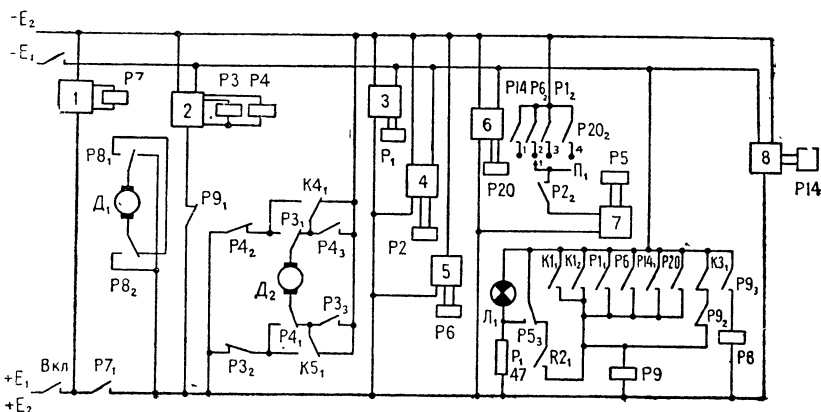


Рис. 4. Функциональная схема робота.

тромагнитных волн, лежащих в пределах частотного диапазона от 200 кГц до 5 мГц, робот поднимает левую руку, окрашенную в синий цвет. На груди у него загорается табло с надписью: «Внимание! В эфире электромагнитное излучение», а из динамика, установленного внутри робота, раздается голос: «Будьте внимательны, в эфире электромагнитное излучение».

Интересная особенность нашего кибернетического исследователя — его способность к накоплению «жизненного опыта», т. е. к образованию условного рефлекса. Если подавать звуковой сигнал — свистеть — всякий раз, когда КИИ встречается с какой-нибудь опасностью (попадает в воду, приближается к огню или останавливается перед пропастью), то вскоре он «поймет» смысл этого звукового сигнала и в дальнейшем достаточно одного свистка, чтобы робот остановился, отступил назад и потом выбрал другой путь.

Функциональная схема КИИ изображена на рис. 4. При включении робота в темноте он остается неподвижным («дрем-

лет»), так как отключены все его узлы, кроме блока 1 («Световой фон»). При достижении заданного минимального уровня освещенности срабатывает реле  $P7$  в этом блоке, и его контакт  $P7_1$  подает питание на все остальные узлы схемы — робот «просыпается». Двигатель  $D_1$  через понижающий редуктор (рис. 16) приводит во вращение задние колеса. Направление движения «вперед» или «назад» изменяется переключением контактов реле  $P8$ . Движение робота вправо или влево обеспечивает двигатель  $D_2$ , который через понижающий редуктор поворачивает подвеску рулевого колеса относительно продольной оси. Направление поворота (вправо или влево) определяется полярностью напряжения, подводимого к якору двигателя  $D_2$  через контакты  $P3_1, P3_2, P4_1, P4_2, K4_1, K5_1$ .

Пока реле  $P3$  и  $P4$  на выходе блока 2 («Ориентация на свет») обесточены, направление движения КИНа определяют контакты  $K4_1$  и  $K5_1$ , которые замыкаются кулачками специального профиля, приводимыми во вращение двигателем  $D_1$ . Кулачки рассчитаны таким образом, что при переключении контактов  $K4_1$  контакты  $K5_1$  замкнуты и обеспечивают движение робота влево. (На рис. 4 оба контакта показаны в исходном состоянии). Когда срабатывают контакты  $K5_1$ , контакты  $K4_1$  размыкаются и робот начинает двигаться вправо. Таким образом, контакты  $K4_1$  и  $K5_1$  обеспечивают движение робота по зигзагообразной траектории. Если под воздействием яркого света срабатывает реле  $P3$  или  $P4$ , то КИН движется соответственно влево или вправо, независимо от переключений контактов  $K4_1$  и  $K5_1$ . Если сработали оба реле  $P3$  и  $P4$  одновременно, то двигатель  $D_2$  оказывается отключенным и движение робота продолжается по прямой (работает двигатель  $D_1$ ).

Теперь рассмотрим, как ведет себя КИН при встрече с «опасностью».

В цепь питания реле  $P9$  включены нормально разомкнутые контакты «опасности»: контакт  $P6_1$  реле  $P6$ , срабатывающего при встрече с водой (блок 5 — «Водная преграда»); контакт  $P1_1$  реле  $P1$ , срабатывающего при встрече с огнем или другими источниками тепла (блок 3 — «Тепловое излучение»); контакт  $P14_1$  реле  $P14$ , срабатывающего при радиоизлучении (блок 8 — «Радиоизлучение»); контакт  $P20_1$  реле  $P20$ , срабатывающего при опасной радиации (блок 6 — «Радиационная разведка»); контакт  $K1_1$ , замыкающийся при приближении к пропасти; контакт  $K1_2$ , замыкающийся при столкновении с препятствием.

При замыкании любого из контактов «опасности» реле  $P9$



срабатывает и становится на самопитание через контакты  $P9_2$  и нормально замкнутый контакт  $K3_1$ . Одновременно контакт  $P9_1$  размыкает цепь питания блока 2 («Ориентация на свет»), отключая этот узел на время действия сигнала «опасности». При этом замыкается контакт  $P9_3$  в цепи питания реле  $P8$ , в результате чего ведущий двигатель  $D_1$  переключается на задний ход. КИН отступает назад до тех пор, пока не разомкнется контакт  $K3_1$  в цепи самоблокировки реле  $P9$ . Это происходит под действием кулачка, связанного с двигателем  $D_1$ .

При размыкании контакта  $K3_1$  реле  $P9$  отключается, так как к этому времени контакты «опасности» разомкнутся. Вместе с реле  $P9$  приходит в нормальное состояние реле  $P8$ , и КИН снова идет вперед. Теперь направление его движения будет иным, так как двигатель  $D_2$  до этого управлялся контактами  $K4_1$  и  $K5_1$ .

Как же образуется у нашего робота условный рефлекс? Реле  $P5$  на выходе блока 7 («Выработка условного рефлекса») срабатывает сразу же после включения питания. Вначале звук специального свистка (1380 гц) вызывает только срабатывание реле  $P2$  в блоке 4 («Слух»). При неоднократном совпадении срабатывания реле  $P2$  со срабатыванием одного из реле  $P1$ ,  $P6$ ,  $P14$  или  $P20$ , когда «минус» питания несколько раз подряд поступит на вход блока 7, этот блок отключает реле  $P5$ ; лампочка  $L_1$  загорается, сигнализируя о том, что условный рефлекс образован; одновременно подготавливается к включению реле  $P9$  (контактом  $P5_3$ ). Теперь достаточно одного лишь свистка, чтобы через контакты  $P5_3$  и  $P2_1$  сработало реле  $P9$ ; робот реагирует на свисток как на сигнал «опасность». Устанавливая переключатель  $П_1$  в положения 1, 2, 3 или 4, можно менять безусловный раздражитель, с помощью которого вырабатывается условный рефлекс.

## АНАТОМИЯ РОБОТА

Переходим к описанию отдельных блоков нашего робота.

Блок «Световой фон» (рис. 5). Этот блок является общим автоматическим выключателем. Чувствительным элементом блока является фоторезистор  $\Phi P_3$  (типа ФСД-1). Он включен на вход усилителя, выполненного на транзисторах  $T_3$  и  $T_4$  (типа П-26А). Переменным резистором  $R_5$  устанавливается порог чувствительности блока, причем имеется возможность отрегулировать блок таким образом, чтобы он включался при слабом дневном освещении или при свете электрических ламп. Резистор  $R_8$  определяет начальный ток в цепи коллектора транзистора  $T_3$ . Ре-

ле  $P7$  (типа РЭС-15) срабатывает, когда ток транзистора  $T4$  достигает 30 *ма*.

Блок «Ориентация на свет» (рис. 6) обеспечивает движение КИНа к источнику света. Воспринимающими элементами являются два фоторезистора  $\Phi P_1$  и  $\Phi P_2$  (типа ФСД-1). Когда фоторезисторы не освещены, транзисторы  $T_1$  и  $T_2$  (типа П26А) закрыты, и реле  $P3$

и  $P4$  (типа РЭС-15) обесточены. При освещении фоторезисторов возрастает фототок, происходит изменение тока в цепях базы транзисторов  $T_1$  и  $T_2$ , реле  $P3$  и  $P4$  срабатывают, отключая рулевой двигатель  $D_2$  — робот начинает двигаться прямо на источник света. Если луч света будет направлен только на фоторезистор  $\Phi P_1$ , то сработает реле  $P3$ , переключатся контакты  $P3_1$ ,  $P3_2$  и  $P3_3$ , и двигатель  $D_2$  начнет поворачивать рулевое колесо в левую сторону. Вторая половина схемы, собранная на фоторезисторе  $\Phi P_2$  и транзисторе  $T_2$ , работает аналогично первой, но производит поворот в правую сторону. Резисторы  $R_1$  и  $R_4$  служат для установки начального тока транзисторов; с помощью резисторов  $R_2$  и  $R_3$  регулируется чувствительность схемы.

Блок «Тепловое излучение» (рис. 7) срабатывает при приближении робота к источнику тепла. Чувствительным

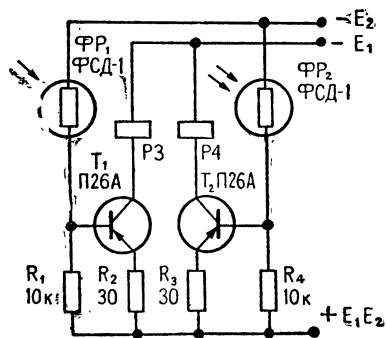


Рис. 6. Принципиальная схема блока «Ориентация на свет».

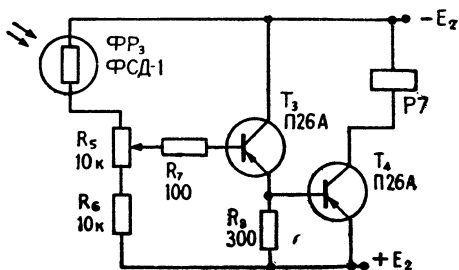
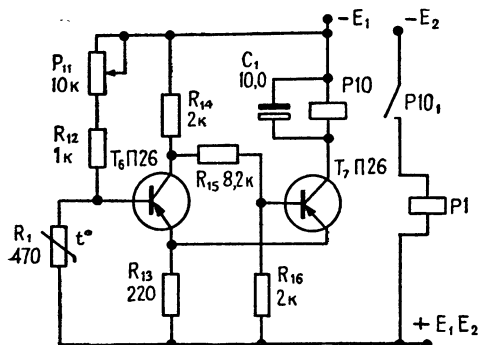


Рис. 5. Принципиальная схема блока «Световой фон».

элементом служит терморезистор  $R_{1t}$ , включенный на вход спусковой схемы, собранной на транзисторах  $T_6$  и  $T_7$ . При комнатной температуре подбором величины переменного резистора  $R_{11}$  устанавливается такой режим транзисторов  $T_6$  и  $T_7$ , чтобы транзистор  $T_7$  был закрыт и реле  $P10$  — обесточено. При этом транзистор  $T_6$  открыт. Если поднести к терморезистору  $R_{1t}$  электрический рефлектор-обогреватель или горящую спичку, то под действием



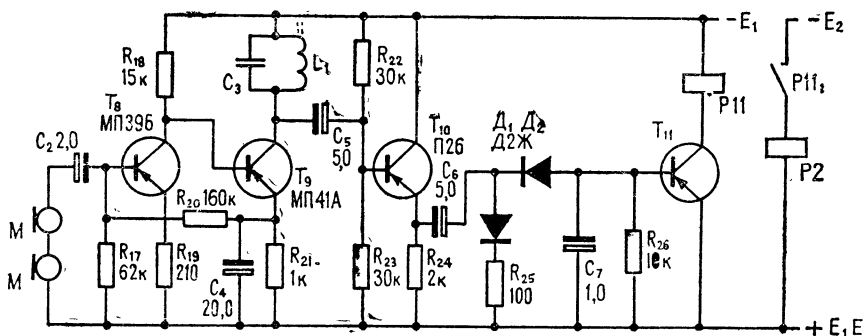
Р и с. 7. Принципиальная схема блока «Тепловое излучение».

тепла его сопротивление быстро изменится (уменьшится) и транзистор  $T_6$  закроется, а транзистор  $T_7$  откроется; реле  $P10$  срабатывает, замыкая своими контактами цепь реле  $P1$ . Сигнал «Опасность» поступает на реле  $P9$  (см. рис. 4). При удалении от источника тепла схема возвращается в исходное положение.

Блок «Слух» (рис. 8). С помощью этого блока КИИ может слышать звуки. Однако в любом

помещении очень много посторонних звуков, которые, попадая в микрофон, могут вызвать ложное срабатывание реле. Поэтому в блоке имеется резонансный контур (фильтр), настроенный на частоту 1380 гц (такая частота выбрана потому, что широко распространенные свистки, применяемые во время спортивных состязаний, издают звуки именно с частотой 1380 гц). Воспринимающим элементом являются микрофоны типа ДЭМШ, установленные в «голове» робота (два микрофона включены последовательно) с правой и с левой стороны.

Через разделительный конденсатор  $C_2$  сигнал низкой частоты поступает на базу транзистора  $T_8$ . После усиления этот сиг-



Р и с. 8. Принципиальная схема блока «Слух».

нал поступает на базу транзистора  $T_9$ . Оба каскада усиления охвачены отрицательной обратной связью по питанию, что обеспечивает устойчивую работу схемы и температурную стабилизацию режимов транзисторов.

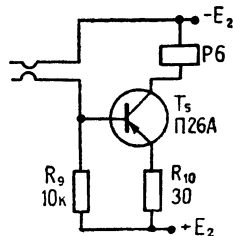
В коллекторную цепь транзистора  $T_9$  включен колебательный контур  $L_1, C_3$ . Если звук с частотой 1380 гц попадает в микрофоны, то после усиления сигнал этой частоты выделится на коллекторе транзистора  $T_9$ . Через разделительный конденсатор  $C_5$  колебания звуковой частоты подаются на базу транзистора  $T_{10}$ , включенного по схеме с общим коллектором.

С эмиттера транзистора  $T_{10}$  сигнал поступает на выпрямитель, собранный на диодах  $D_1$  и  $D_2$  по схеме удвоения напряжения. Выпрямленное напряжение поступает на базу транзистора  $T_{11}$ , который является усилителем постоянного тока и управляет работой реле  $P11$ . При появлении сигнала на базе транзистора  $T_{11}$  последний открывается, реле  $P11$  срабатывает и своими контактами замыкает цепь питания реле  $P2$ . Контакт реле  $P2_2$  включает блок 7 («Выработка условного рефлекс»).

Катушка индуктивности  $L_1$  намотана на ферритовом кольце диаметром 6 мм и имеет 700 витков провода ПЭЛ-0,1. Реле  $P2$  — типа РЭС-6, реле  $P11$  — типа РЭС-15.

Блок «Водная преграда» (рис. 9) позволяет КИНу обнаруживать воду на пути его движения. Чувствительным элементом является пара электродов, укрепленных на передней части тележки, на которой установлены электродвигатели  $D_1$  и  $D_2$ . Тележка закрыта декоративным корпусом, имитирующим «ботинки» робота. Электроды-датчики изготовлены из фосфористой бронзы, покрыты защитным слоем хрома или никеля. Толщина их 1 мм, длина 35 мм. Они крепятся на расстоянии 1—2 мм один от другого. Высота крепления от пола — 5—6 мм.

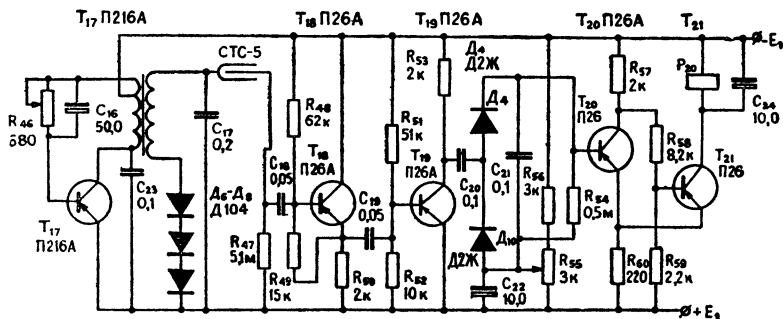
Электроды включены на вход усилителя, собранного на транзисторе  $T_5$  типа П26А. В коллекторную цепь транзистора включено реле  $P6$  (типа РЭС-15). Резистор  $R_9$  подбирается при настройке блока и определяет чувствительность схемы. Резистор  $R_{10}$  в цепи эмиттера ставит транзистор в режим, необходимый для четкого срабатывания реле.



Р и с. 9. Принципиальная схема блока «Водная преграда».



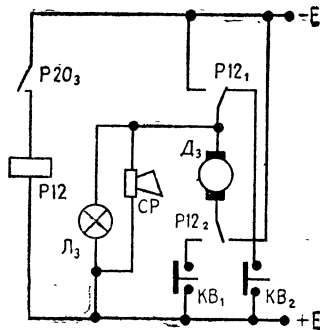
Когда «ноги» робота находятся в сухом месте, электрическая цепь между электродами разомкнута, транзистор  $T_5$  закрыт, так как ток базы практически равен нулю. Реле  $P6$  при этом обесточено. Если же «ноги» робота попадают в воду, цепь контактов датчиков замыкается, и транзистор  $T_5$  открывается. Срабатыва-



Р и с. 10. Принципиальная схема блока «Радиационная разведка».

ет реле  $P6$ , контакты  $P6_1$  и  $P6_2$  замыкаются (см. рис. 4), появляется сигнал «Опасность». Замыкание контактов приводит к изменению направления вращения двигателя  $D_1$ , и робот отходит назад от того места, где он обнаружил водную преграду.

Блок «Радиационная разведка» состоит из двух частей: электронной схемы (рис. 10) и исполнительного узла (рис. 11). Его назначение — обнаружить радиационную опасность и оповестить о ней. Чувствительным элементом блока является газоразрядный счетчик типа CTC-5 (или CTC-1). Принцип его действия основан на ионизации газа под действием ядерного излучения. При достаточно высокой напряженности поля в счетчике происходит лавинообразный разряд, в результате которого возникают процессы, усиливающие во много раз ионизационный эффект.



Р и с. 11. Принципиальная схема исполнительного узла блока «Радиационная разведка».

Для питания счетчика высоким напряжением применен блокинг-генератор, собранный на транзисторе  $T_{17}$ .

(типа П-216А). Трансформатор блокинг-генератора намотан на сердечнике из трансформаторной стали Ш12, толщина пакета 12 мм; первичная обмотка содержит 146 витков провода ПЭЛ-0,22 с отводом от 26-го витка, вторичная обмотка — 3000 витков провода ПЭЛ-0,08. Импульсы, вырабатываемые блокинг-генератором, выпрямляются диодами  $D_6$ — $D_8$  (типа Д-104) и заряжают конденсатор  $C_{17}$  до напряжения 300—500 в.

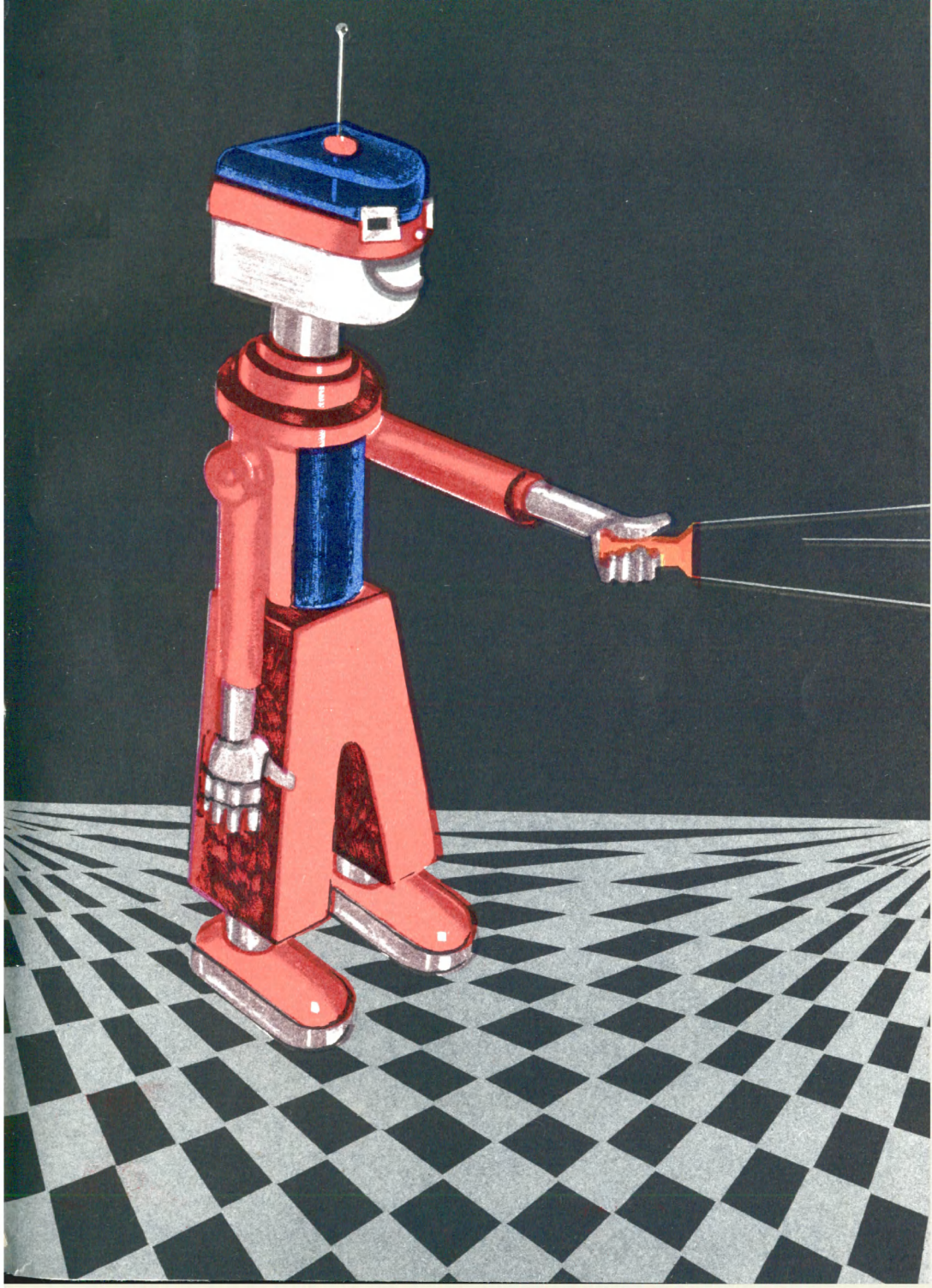
При появлении радиационного излучения в счетчике возникает разряд. Импульсы напряжения с резистора  $R_{47}$  через конденсатор  $C_{18}$  поступают на двухкаскадный усилитель, собранный на транзисторах  $T_{18}$  и  $T_{19}$ . Первый каскад собран по схеме с заземленным коллектором, что обеспечивает достаточно высокое входное сопротивление усилителя. Второй каскад собран по схеме с заземленным эмиттером. С коллекторной нагрузки второго каскада положительные импульсы напряжения поступают через конденсатор  $C_{20}$  на выпрямитель, собранный по схеме удвоения напряжения на диодах  $D_9$  и  $D_{10}$ . Этот выпрямитель заряжает конденсатор  $C_{21}$ .

Разряд конденсатора происходит через резистор  $R_{54}$ . Напряжение, выделяющееся на резисторе  $R_{54}$ , складывается с опорным напряжением на конденсаторе  $C_{22}$ , которое устанавливается потенциометром  $R_{55}$  при регулировке блока. Суммарное напряжение приложено к базе транзистора  $T_{20}$ , входящего в состав спусковой схемы, собранной на транзисторах  $T_{20}$  и  $T_{21}$ . Действует спусковая схема следующим образом.

При отсутствии радиации потенциал базы транзистора  $T_{20}$  определяется только положением движка потенциометра  $R_{55}$ . Он устанавливается таким, чтобы транзистор  $T_{20}$  был открыт и через него протекал ток 4—5 ма. При этом транзистор  $T_{21}$  закрыт и ток через реле  $P20$  не течет. При радиации на конденсаторе  $C_{21}$  появляется напряжение, величина которого зависит от интенсивности радиационного излучения. Напряжение на конденсаторе  $C_{21}$  складывается с опорным напряжением, и потенциал базы транзистора  $T_{20}$  изменяется, что ведет к уменьшению тока через транзистор. При некотором значении интенсивности радиации изменение тока транзистора  $T_{20}$  приводит к тому, что транзистор  $T_{21}$  открывается, а транзистор  $T_{20}$  запирается. При этом срабатывает реле  $P20$ , включая исполнительный узел.

Исполнительный узел блока обеспечивает включение красной лампочки на шлеме робота (лампа  $L_3$ , рис. 11), подъем и опускание правой руки робота (с помощью двигателя  $D_3$ ) и включение сирены  $CP$ . В качестве сирены можно применить сирену, исполь-





$D_3$  и  $D_4$ . Выпрямленное напряжение через фильтр  $R_{38}-C_{14}$  подается на базу транзистора  $T_{14}$  и вызывает срабатывание реле  $P13$  (типа РЭС-15). Контакт  $P13_1$  замыкает цепь питания реле  $P14$ .

Контакт  $P14_3$  включает реле  $P15$  (рис. 13) в исполнительном устройстве блока. При этом контакты  $P15_1$  и  $P15_2$  включают двигатель  $D_4$ , управляющий подъемом руки, а также лампочку  $L_2$ , подсвечивающую табло «Внимание!». В эфире электромагнитное излучение». Одновременно включается реле  $P16$ , и его контакт  $P16_1$  подает напряжение на звуковоспроизводящее устройство.

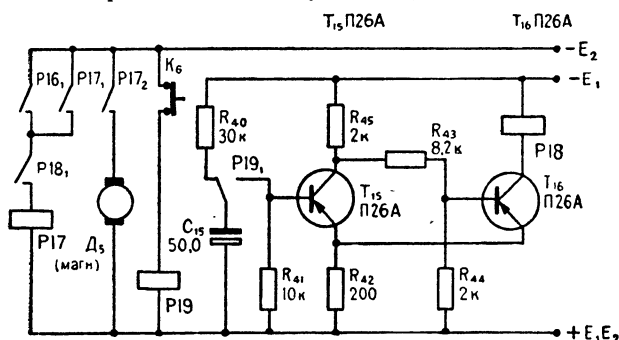


Рис. 14. Принципиальная схема устройства воспроизведения магнитной записи блока «Радиоизлучение».

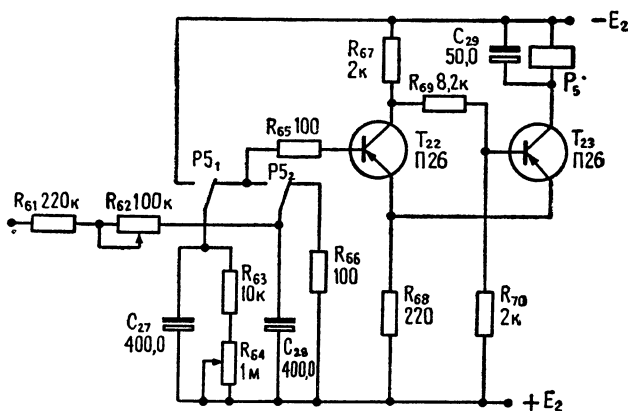
В звуковоспроизводящем устройстве срабатывает реле  $P17$  (реле  $P18$  находится под током, поэтому его контакт  $P18_1$  замкнут). Своими контактами реле  $P17$  самоблокируется и включает двигатель  $D_5$  лентопротяжного механизма. При этом воспроизводится запись на магнитной ленте, склеенной в кольцо. Возле места склейки, соответствующего началу записи, на ленту наклеивается полоска алюминиевой фольги, которая при неработающем двигателе замыкает цепь реле  $P19$  (контакт  $K_6$ ). Контакты реле  $P19_1$  шунтируют конденсатор  $C_{15}$  через резистор  $R_{41}$ . Этот конденсатор управляет работой спусковой схемы, собранной на транзисторах  $T_{15}$  и  $T_{16}$ .

В исходном состоянии (пока не подан сигнал) транзистор  $T_{15}$  закрыт, а транзистор  $T_{16}$  открыт. Поэтому якорь реле  $P18$  притянут (реле сработало). При включении двигателя  $D_5$  лента начинает движение, фольга размыкает контакт  $K_6$ , и реле  $P19$  отключается. Контакт  $P19_1$  подключает конденсатор  $C_{15}$  к резистору



$R_{40}$ . Конденсатор  $C_{15}$  заряжается до напряжения источника питания.

После того как закончится воспроизведение записи на ленте и фольга снова замкнет контакты  $K_6$ , реле  $P19$  опять сработает. Конденсатор  $C_{15}$ , заряженный до напряжения источника, подключится к резистору  $R_{41}$ . При разрядке конденсатора через этот резистор на нем возникает импульс напряжения, который поступает на базу транзистора  $T_{15}$ . Транзистор  $T_{15}$  кратковременно отпирается, а транзистор  $T_{16}$  закрывается. Реле  $P18$  контактом  $P18_1$  размыкает цепь питания реле  $P17$ .



Р и с. 15. Принципиальная схема блока «Выработка условного рефлекса».

Если за время воспроизведения магнитной записи высокочастотное излучение прекратилось, реле  $P17$  останется в разомкнутом состоянии. Если же высокочастотное излучение не прекратилось, то реле  $P17$  снова сработает, так как контакт  $P16$  будет замкнут. Далее весь цикл воспроизведения магнитной записи будет повторяться до тех пор, пока не прекратится действие источника высокочастотного излучения. В качестве реле  $P17$  использовано реле типа РЭС-6, реле  $P18$  — типа РЭС-15.

Лентопротяжное устройство должно обеспечивать движение магнитной ленты со скоростью 19 см/сек или 9,5 см/сек, чтобы запись на ленте можно было сделать с помощью обычного магнитофона. Для воспроизведения можно использовать головку от магнитофона «Комета», усилитель воспроизведения — от любого

стандартного переносного магнитофона. Поэтому схема усилителя воспроизведения здесь не приводится.

Блок «Выработка условного рефлекса» (рис. 15) собран на транзисторах  $T_{22}$  и  $T_{23}$  (схема триггера). При отсутствии сигналов транзистор  $T_{22}$  закрыт, а транзистор  $T_{23}$  открыт, поэтому реле  $P5$  в коллекторной цепи последнего находится под током, его контакты  $P5_1$  и  $P5_2$  в левых положениях. Когда сигналы от двух раздражителей совпадают во времени, то, как отмечалось выше, на вход блока поступает отрицательное напряжение; конденсатор  $C_{28}$  постепенно заряжается.

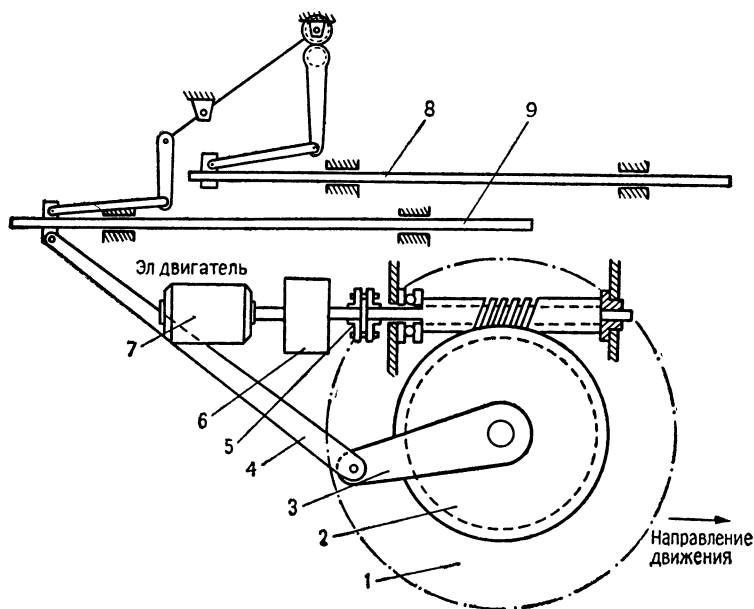


Рис. 16. Кинематическая схема привода «ног» робота:

1 — обзрезиненное колесо; 2 — червячная шестерня; 3 — кривошип; 4 — шатун; 5 — муфта; 6 — редуктор; 7 — электродвигатель; 8 — имитатор ходьбы левой ноги; 9 — имитатор ходьбы правой ноги.

Если между отдельными совпадениями проходит много времени, то конденсатор  $C_{28}$  успевает разрядиться благодаря утечке. Но если совпадения сигналов происходят достаточно часто, конденсатор  $C_{28}$  в конце концов зарядится до напряжения, при котором триггер опрокидывается: откроется транзистор  $T_{22}$ , так как его база соединена через контакт  $P5_2$  с конденсатором  $C_{28}$ .

Одновременно закрывается транзистор  $T_{23}$ . Вследствие этого реле  $P5$  обесточится, и к базе транзистора  $T_{22}$  через контакт  $P5_1$  присоединится заряженный до напряжения 20 в конденсатор  $C_{27}$ . В этом состоянии схема удерживается до тех пор, пока конденсатор  $C_{27}$  не разрядится через резисторы  $R_{63}$  и  $R_{64}$ , после чего триггер возвращается в первоначальное состояние — условный рефлекс угасает.

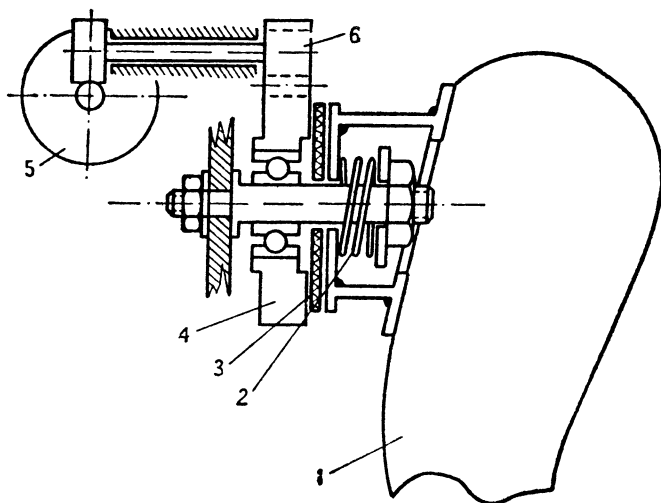


Рис. 17. Узел привода «рук» робота:

1 — «рука» робота; 2 — пружина; 3 — фибровая шайба; 4 — большая шестерня; 5 — электродвигатель; 6 — малая шестерня.

Продолжительность «обучения» (время заряда емкости  $C_{28}$ ) и продолжительность действия образованного условного рефлекса (время разряда емкости  $C_{27}$ ) можно регулировать с помощью резисторов  $R_{62}$  и  $R_{64}$ .

Конструктивное выполнение. Монтаж каждого блока выполняется на печатной плате из фольгированного текстолита размерами  $150 \times 100$  мм. Функциональная схема монтируется на печатной плате размерами  $250 \times 120$  мм. Электродвигатели  $D_1$  и  $D_2$  — типа МУ-100. Возможно и применение других типов двигателей. На оси двигателя  $D_1$  устанавливается редуктор с соотношением числа оборотов 1 : 70; двигатель  $D_2$  работает через редуктор с передаточным числом 1 : 100. Кинематическая схема привода «ног» робота дана на рис. 16. Механизм подъема

«рук» показан на рис. 17. Двигатели  $D_3$  и  $D_1$  имеют редукторы с передаточным числом 1:125. Для работы в лентопротяжном механизме звуковоспроизводящего устройства используется двигатель типа 4ДКС-8.

Для питания всех узлов и блоков робота применяются аккумуляторы СПД, дающие напряжение 24 в (16 банок). Питание электронных схем осуществляется от части аккумуляторной батареи, дающей напряжение 12 в.



Настанет время, когда КИН будет построен, испытан в работе. Конструкторы с удовольствием продемонстрируют его своим друзьям, а, возможно, роботу посчастливится — его отправят в качестве экспоната на выставку технического творчества, разумеется, со своими создателями...

А потом конструкторам захочется усовершенствовать свое детище, сделать программу его работы более разнообразной. В схему робота можно добавить блок измерения температуры почвы, по которой он движется, блок измерения температуры воды и т. п. КИНа можно «научить» повиноваться командам, отдаваемым голосом, — для этого придется установить в блоке «Слух» частотно-избирательные фильтры. Вмонтировав в схему робота перцептрон (о нем подробно рассказано в нашей книге на стр. 202), можно «научить» КИНа различать геометрические фигуры и производить несложные арифметические действия. Можно сделать робота радиоуправляемым. Для этого придется построить радиопередатчик, а внутрь КИНа вмонтировать радиоприемник с дешифратором на 5—6 команд. Описание такой радиоаппаратуры читатель найдет в журнале «Радио» № 3 и 4 за 1963 год.





## Р У К О Т В О Р Н Ы Й      М О З Г

*Действие счетной машины гораздо более напоминает человеческое мышление, чем все то, что способны делать животные.*

**Б. Паскаль**

*Мы знаем сегодня, что на все вопросы типа «Может ли машина делать это?» должен быть дан ответ «да».*

**У. Росс Эшби**

### МАШИНЫ-МАТЕМАТИКИ

«Наш век — это век атома», — говорят теперь многие. Иные утверждают, что нынешний век — это век космоса. Мы присоединяемся к тем, кто называет наше время эрой электронных вычислительных машин.

Электронные быстродействующие вычислительные машины... Длинные залы, заполненные шкафами и стойками с электронной аппаратурой, пультами управления с сотнями кнопок, цифербла-

тов и мигающих сигнальных лампочек... Да, именно они стали символом молодой, быстро развивающейся науки об управлении, и именно с успехами в использовании быстродействующих цифровых электронных машин связаны в значительной мере успехи кибернетики. Машины быстро и легко справляются со сложнейшими математическими задачами, для решения которых человеку потребовались бы десятки и сотни лет; они управляют станками, автоматическими линиями и целыми заводами, переводят тексты с одного языка на другой, предсказывают погоду, следят за движением судов и самолетов, рассчитывают траектории космических кораблей, играют в шахматы и даже угадывают олимпийских чемпионов. Машины информируют, советуют, предостерегают, приказывают, учат...

Создание электронных быстродействующих вычислительных машин открыло исследователям новые, неисчерпаемые возможности, о которых ранее и не подозревали ученые и инженеры. Можно привести тысячи примеров того, как своим вторжением в ту или иную область науки и производства эти машины производили там настоящую революцию.

Не случайно президент Академии наук СССР академик М. В. Келдыш подчеркнул недавно в одном из своих выступлений: «Сейчас ни одна страна не может успешно развивать свою экономику, технику, науку, если она не располагает современной электронной вычислительной техникой для целей управления, информации и т. д.». Электронные быстродействующие вычислительные машины стали теперь просто незаменимыми, их выпускают серийно во все возрастающем количестве и разнообразии. А ведь еще совсем недавно, каких-либо два десятилетия назад, появление каждой электронной цифровой вычислительной машины было сенсацией.

Четверть века занимаются ученые и инженеры конструированием и совершенствованием цифровых быстродействующих вычислительных машин. Казалось бы, не так уж и много. Но какой большой путь позади! От первых громоздких многотонных гигантов, собранных на многих тысячах электромагнитных реле и электронных ламп и производивших всего несколько математических операций в секунду, до современных малогабаритных и изящных устройств на микромодулях и «твердых схемах», с производительностью, измеряемой миллионами вычислительных действий в секунду.

Тем не менее принцип работы быстродействующих цифровых вычислительных машин за это время, в общем, почти не изме-



нился. Как и двадцать пять лет назад, действие этих машин сводится к последовательному выполнению элементарных логических операций, на которые разлагается решение любой, даже очень сложной задачи. Как и прежде, в большинстве машин используются двоичные счетные элементы и двоичная система счисления.

## ДВОИЧНАЯ АРИФМЕТИКА

В нашей повседневной жизни мы привыкли вести счет, пользуясь десятичной системой счисления. В этой системе все числа записываются с помощью десяти цифр:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0.

При этом каждый высший разряд числа больше низшего разряда (то есть, находящегося справа от него) в 10 раз. Многоразрядные числа составляются как сочетания различных степеней числа 10. Так, например, число 1969 представляется так:

$$1969 = 1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0.$$

Кроме десятичной, существуют и другие позиционные системы счисления. В них основанием является не 10, а какое-либо другое число, например, 12 (двенадцатиричная система), 8 (восьмиричная система), 3 (троичная система), 2 (двоичная система).

В цифровой вычислительной машине для изображения каждого разряда числа в некоторой системе счисления нужно иметь элементы, обладающие таким же количеством состояний, сколько существует различных цифр в этой системе. Если изображать числа в обычной десятичной системе, то требуются элементы, которые обладают десятью устойчивыми состояниями. Именно так обстоит дело в тех простейших цифровых машинах, которые известны уже давно. В русских счетах, например, на каждой проволоке имеется десять косточек, а шестерни арифмометра могут фиксироваться в одном из десяти возможных положений.

Для электромеханических, релейных и электронных элементов, которые применяются в электронных быстродействующих вычислительных машинах, характерно два различных устойчивых состояния. Например, реле может быть замкнуто или разомкнуто, электронная лампа может проводить или не проводить ток, конденсатор может быть заряжен или не заряжен, магнитный сердечник может быть намагничен или размагничен. Если

пользоваться для изображения чисел в машине такими элементами, то придется обратиться к системе счисления, в которой имеются только две цифры, то есть к двоичной системе счисления.

В двоичной системе счисления каждый высший разряд любого числа больше соседнего с ним низшего разряда не в десять раз (как в десятичной системе), а только в два раза, поэтому для записи чисел можно использовать всего две цифры: 1 и 0. Таким образом, здесь многозначные числа составляются как суммы различных степеней двойки. Вот как это выглядит:

Числа десятичной системы	Числа двоичной системы	Числа десятичной системы	Числа двоичной системы
0	0	13	1101
1	1	14	1110
2	10	15	1111
3	11	16	10000
4	100	17	10001
5	101	18	10010
6	110	19	10011
7	111	20	10100
8	1000	21	10101
9	1001	22	10110
10	1010	23	10111
11	1011	24	11000
12	1100	25	11001

Например, число 1010 означает:

$$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1010$$

Число 1969 в двоичной системе счисления выглядит так:

11110110001

Десятичная дробь 0,25 может быть записана в виде двоичной дроби так: 0,01.

На первый взгляд двоичная система счисления может показаться неудобной, потому что для многих она непривычна. На самом же деле, хотя числа в этой системе и выглядят очень громоздкими и однообразными, арифметические действия над ними

очень упрощаются. Это заметил еще математик Готфрид Вильгельм Лейбниц, впервые исследовавший двоичную систему счисления подробно<sup>1</sup>. Лейбниц писал в 1703 году: «При сведении чисел к простейшим началам, каковы 0 и 1, всюду выявляется удивительный порядок...» Особенно восхищали Лейбница своей простотой правила двоичного сложения и умножения.

Таблица сложения, например, состоит здесь всего из четырех строчек<sup>2</sup>:

$$\begin{array}{ll} 0+0=0 & 1+0=1 \\ 0+1=1 & 1+1=10 \end{array}$$

Вот пример сложения «столбиком» чисел 9 (1001) и 10 (1010) на основании этой таблицы сложения:

$$\begin{array}{r} + 1001 \\ 1010 \\ \hline 10011 \end{array}$$

Не сложнее выглядит и умножение в двоичной системе.

Таблица двоичного умножения состоит также из четырех строчек:

$$\begin{array}{ll} 0 \times 0 = 0 & 1 \times 0 = 0 \\ 0 \times 1 = 0 & 1 \times 1 = 1 \end{array}$$

Умножение двух чисел сводится к выполнению повторного сложения:

$$\begin{array}{r} \times 1001 \\ 1010 \\ \hline 0000 \\ 1001 \\ 0000 \\ 1001 \\ \hline 1011010 \end{array}$$

Для того чтобы перевести число из десятичной системы в двоичную, удобно пользоваться следующим приемом: нужно записать число в десятичной системе и последовательно делить

---

<sup>1</sup> Некоторые математики интересовались этой системой и до Лейбница, а изобретение ее истории приписывают китайскому императору Фо Ги, жившему 3400 лет до нашей эры.

<sup>2</sup> Результат последнего действия означает перенос единицы в высший разряд.

его на 2 с округлением до целого числа в сторону уменьшения, записывая в столбик все результаты деления; затем возле каждого нечетного результата деления поставить 1, а возле четного — 0. Полученное число (в двоичной системе), состоящее из единиц и нулей, следует записать в строчку слева направо, начиная с нижней цифры правого столбца.

Например, переведем в двоичную систему из десятичной число 46:

46	0
23	1
11	1
5	1
2	0
1	1

В результате получаем число 101110.

Для обратного преобразования числа 101110 в десятичную систему счисления нужно единицу или нуль каждого разряда этого числа умножить на соответствующую степень числа 2 и полученные результаты сложить:

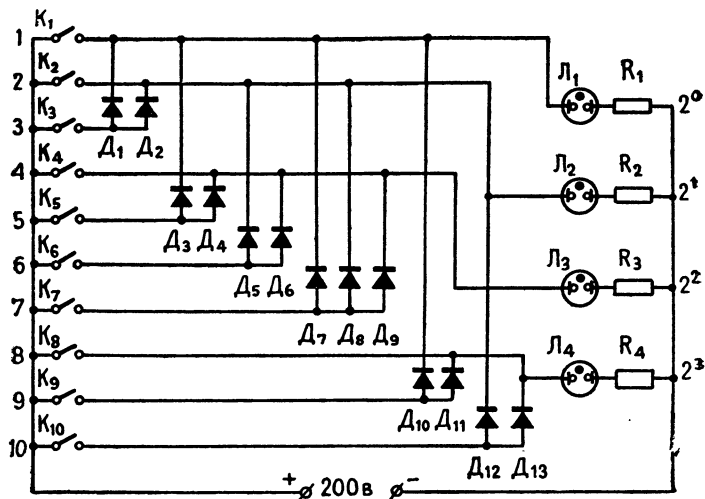
$$1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 46$$

## ШИФРАТОРЫ И ДЕШИФРАТОРЫ

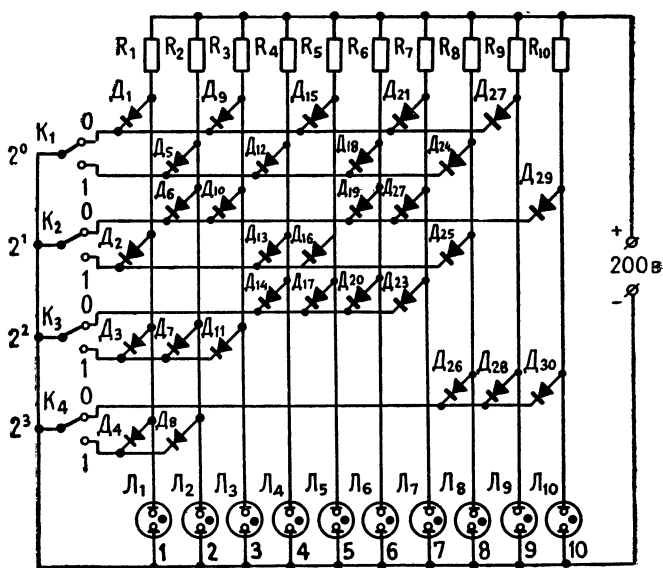
Для преобразования числовых данных, вводимых в машину, из десятичной системы в двоичную, а также для обратного перевода результатов вычислений, выполненных машиной, из двоичной системы в десятичную, применяются специальные устройства — шифраторы и дешифраторы. Как и другие узлы цифровых вычислительных машин, они собраны из двоичных элементов и представляют собою электрические релейно-контактные схемы, или схемы с электронными лампами, полупроводниковыми диодами, транзисторами и т. п.

Мы опишем простые модели шифратора и дешифратора, собранные на полупроводниковых диодах и неоновых лампах.

Принципиальная схема такого шифратора приведена на рис. 18, а схема дешифратора — на рис. 19. В схеме десятично-двоичного шифратора перевод числа из десятичной системы счисления в двоичную происходит следующим образом. При замыкании одного из ключей  $K_1 — K_{10}$ , изображающих числа от 1 до 10, напряжение поступает только на те из неоновых лампочек  $L_1 — L_4$ , которые соответствуют единицам в двоичном изобра-



Р и с. 18. Принципиальная схема диодного шифратора.



Р и с. 19. Принципиальная схема диодного дешифратора.

жении данного десятичного числа; эти лампочки загораются (незагоревшиеся лампочки означают нули). Достигается это благодаря использованию в схеме полупроводниковых диодов, которые выполняют роль развязывающих элементов. Например, при замыкании ключа  $K_1$  загорается только лампочка  $L_1$ , что означает: «числу 1 соответствует число 0001». При замыкании ключа  $K_2$  ток пойдет только через лампочку  $L_2$ : «числу 2 соответствует число 0010». При замыкании ключа  $K_3$  напряжение через диоды  $D_1$  и  $D_2$  поступает на лампочки  $L_1$  и  $L_2$ : «числу 3 соответствует 0011». Аналогично действует модель при включении других ключей.

В схеме двоично-десятичного дешифратора верхние (по схеме) положения ключей  $K_1 - K_4$  соответствуют нулям двоичных разрядов числа, а нижние положения — единицам. Если все ключи находятся в верхних положениях, то лампочки  $L_1 - L_{10}$ , обозначающие числа 1 — 10 десятичной системы, зашунтированы диодами и ключами и подводимое напряжение падает на резисторах. Например, лампочка  $L_1$  зашунтирована диодом  $D_1$  и ключом  $K_1$ , лампочка  $L_2$  — диодом  $D_6$  и ключом  $K_2$  и т. д. При переводе какого-либо из ключей в нижнее положение (т. е. при вводе единицы соответствующего двоичного разряда) шунтирующая лампочку цепь размыкается и лампочка загорается, подсвечивая нужное число десятичной системы. Например, при переводе в нижнее положение ключа  $K_1$  загорается лампочка  $L_1$ , что означает: «числу 0001 соответствует число 1». При переводе в нижнее положение ключа  $K_2$  загорается лампочка  $L_2$ : «числу 0010 соответствует 2». При переводе в нижнее положение ключей  $K_1$  и  $K_2$  загорается лампочка  $L_3$ : «числу 0011 соответствует 3». Аналогично действует модель в других случаях.

В этих схемах могут быть применены диоды типа Д7Г и лампочки типа МН-3 или МН-5. Последовательно с каждой из лампочек нужно включить балластный резистор на 80—100 ком. Источником питания моделей служит выпрямитель, питающийся от сети переменного тока.

Модели могут быть размещены в футлярах. Возможно изготовление этих моделей и в виде развернутой схемы.

### **«ИЛИ», «И», «НЕ» — ТРИ КИТА МАШИННОЙ ЛОГИКИ**

Выше мы упоминали о том, что действие электронной цифровой вычислительной машины заключается в последовательном выполнении ею большого количества элементарных логи-





ческих операций, на которые расчленяется процесс решения сложной задачи. Операции эти выполняются логическими схемами машины, собранными из так называемых логических элементов. Каждый логический элемент можно представить себе в виде некоторого устройства, имеющего несколько «входов» и один «выход». При выполнении этим устройством логической операции сигнал, получающийся на выходе его, определяется характером сигналов, поступивших на входы.

Условно логические элементы изображаются обычно в виде прямоугольников, а входы и выходы — в виде стрелок, как это показано на рис. 20.

Каковы основные логические элементы и какие логические операции с их помощью можно выполнять?

Простейший из логических элементов — элемент «НЕ», у которого имеется только один вход и один выход. Этот элемент выполняет операцию логического отрицания или инверсию: сигнал на выходе появляется только тогда, когда на входе сигнала нет. В символической логике обычно сигналы («высказывания») обозначают буквами латинского алфавита; отрицание обозначается чертой над буквой. Например, если на вход элемента «НЕ» поступает сигнал  $A$ , то на выходе в результате логической операции отрицания получается сигнал  $\bar{A}$  (читается «не  $A$ » или « $A$  с чертой»). На рис. 21, а показано схематическое изображение элемента «НЕ». Рядом (рис. 21, б) приведена таблица состояний, которые может принимать двоичный сигнал на выходе.



Рис. 20. Схематическое изображение логического элемента.

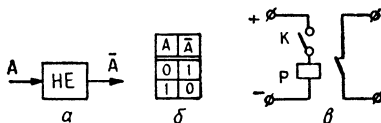
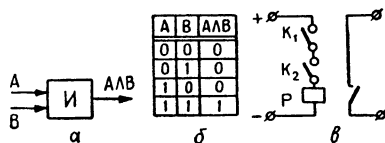


Рис. 21. Логический элемент «НЕ».

де, в зависимости от двоичных сигналов, поступающих на вход. На рис. 21, в показано, каким образом можно реализовать элемент «НЕ» с помощью обыкновенного электромагнитного нейтрального реле: если замкнуть ключ  $K$ , то, подавая сигнал  $I$  (ток проходит) на вход элемента, реле срабатывает и размыкает нормально замкнутый контакт — на выходе получается сигнал 0 (ток не проходит).

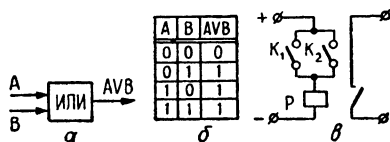


Р и с. 22. Логический элемент «И».

На рис. 22, а показан логический элемент «И», выполняющий операцию логического умножения или конъюнкцию. У этого элемента — два входа; сигнал на выходе появляется тогда и только тогда, когда сигналы поступают на первый и на второй входы. Конъюнкция обозначается в символической логике значком  $\wedge$ . Например, если на входы элемента «И» поступают сигналы  $A$  и  $B$ , то на выходе в результате логической операции конъюнкции получается сигнал  $A \wedge B$ . На рис. 22 (б и в) показаны таблица состояний для элемента «И» и реализация этого элемента с помощью электромагнитного реле: это реле срабатывает только в том случае, если замкнуты оба ключа  $K_1$  и  $K_2$ ; при этом нормально разомкнутый контакт реле замыкается.

Элемент «Или» выполняет операцию логического сложения, или дизъюнкцию. Сигнал на выходе появляется тогда, когда сигнал поступает хотя бы на один из входов — или на первый, или на второй. Рис. 23 иллюстрирует это: реле срабатывает, замыкая нормально открытый (разомкнутый) контакт, если хотя бы один из ключей  $K_1$  или  $K_2$  замкнут. Дизъюнкция обозначается значком  $\vee$ .

Логические элементы «И», «ИЛИ» и «НЕ» являются теми элементарными ячейками, из которых, как из кирпичиков, собираются логические схемы цифровых вычислительных машин. Покажем, например, каким образом из этих элементов собирается логическая схема одноразрядного двоичного сумматора — автоматического устройства, выполняющего в машине операцию сложения одноразрядных чисел в двоичной системе счисления (из таких

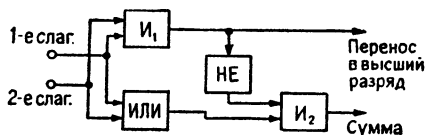


Р и с. 23. Логический элемент «ИЛИ».

одноразрядных сумматоров состоит значительная часть арифметического блока цифровой вычислительной машины).

Одноразрядный двоичный сумматор должен выполнять следующие арифметические операции:

$$\begin{array}{ll} 0+0=00 & 1+0=01 \\ 0+1=01 & 1+1=10 \end{array}$$



Р и с. 24. Логическая схема одноразрядного двоичного сумматора.

Чтобы получить устройство, выполняющее эти операции, нужно соединить четыре логических элемента (два элемента «И», один элемент «ИЛИ» и один элемент «НЕ»), как показано на рис. 24.

Рассматривая схему, изображенную на этом же рисунке, можно убедиться, что она обеспечивает выполнение приведенной выше таблицы сложения: если оба слагаемых равны нулю (нет сигналов на входах), то логические элементы взаимодействуют таким образом, что на выходе сумматора получается нуль (отсутствуют сигналы); если одно из слагаемых равно единице (сигнал поступает на один из входов), то в результате взаимодействия логических элементов на выходе сумматора получается число 01 (сумма в данном разряде равна единице, переноса в высший разряд нет); при равенстве единице обоих слагаемых, подаваемых на входы сумматора, на его выходе получается число 10 (сумма в данном разряде равна нулю, но в высший разряд переносится единица).

Таким образом, все операции, выполняемые одноразрядным двоичным сумматором, можно свести в следующую таблицу:

Операции	Слагаемые данного разряда		Сумма	Переносится в высший разряд
	первое	второе		
1	0	0	0	0
2	1	0	1	0
3	0	1	1	0
4	1	1	0	1

## МОДЕЛЬ ОДНОРАЗЯДНОГО РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНОГО ДВОИЧНОГО СУММАТОРА

Такую модель можно собрать, реализуя каждый из логических элементов схемы, изображенной на рис. 24 в виде электромагнитного реле, и используя лампочки накаливания в качестве

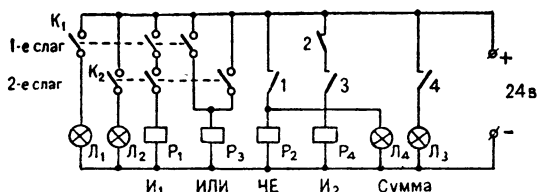


Рис. 25. Принципиальная схема модели одnorазрядного релейно-контактного двоичного сумматора.

индикаторов двоичных сигналов на входе и выходе. Принципиальная схема модели дана на рис. 25. Здесь  $P_1$  и  $P_4$  использованы в качестве логических элементов  $I_1$  и  $I_2$ , реле  $P_3$  является элементом «ИЛИ», а реле  $P_2$  выполняет функцию элемента «НЕ». Ключи  $K_1$  и  $K_2$  служат для подачи сигналов на входы (ключ  $K_1$  вводит единицу на вход первого слагаемого, ключ  $K_2$  — на вход второго слагаемого). Лампочки  $L_1$  и  $L_2$  являются индикаторами введения слагаемых,  $L_3$  — индикатор суммы,  $L_4$  — индикатор переноса в высший разряд.

Внешний вид модели показан на рис. 26. Вы видите исходное состояние сумматора, соответствующее операции 1 в приведенной выше таблице: реле отключены, лампочки не горят.

$$0 + 0 = 00$$

При введении единицы первого слагаемого замыканием ключа  $K_1$  (операция 2) включается лампочка  $L_1$ , указывающая, что единица первого слагаемого введена, срабатывает реле  $P_3$ , контакты которого 3 замыкают цепь питания реле  $P_4$ . Далее, реле  $P_4$  срабатывает, и его контакты 4 включают лампочку суммы  $L_3$ :

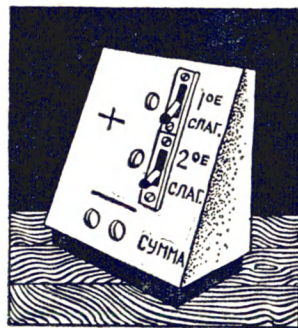


Рис. 26. Внешний вид модели двоичного сумматора.

$$1+0=01$$

Если ввести только единицу второго слагаемого замыканием ключа  $K_2$  (операция 3), то оказывается включенной лампочка  $\mathcal{L}_2$  и аналогично срабатывают сначала реле  $P_3$ , затем — реле  $P_4$ ; контакты последнего также включают лампочку суммы  $\mathcal{L}_3$ :

$$0+1=01$$

Наконец, если в сумматор вводятся единицы первого и второго слагаемых (включаются ключи  $K_1$  и  $K_2$ ), то загораются лампочки  $\mathcal{L}_1$  и  $\mathcal{L}_2$  — индикаторы ввода слагаемых, срабатывают реле  $P_1$  и  $P_3$ . Далее, контакты 1 реле  $P_1$  замыкаются, подавая напряжение на обмотку реле  $P_2$  и на лампочку  $\mathcal{L}_4$ . Эта лампочка загорается, а реле  $P_2$  срабатывает, и его нормально замкнутые контакты 2 размыкают цепь обмотки реле  $P_4$ . Поэтому реле  $P_4$  не срабатывает, его контакты 4 остаются разомкнутыми, и лампочка  $\mathcal{L}_3$  не горит:

$$1+1=10$$

**Детали и конструкция.** Так как для питания реле и сигнальных лампочек используется один и тот же источник тока, они должны быть рассчитаны на одно и то же рабочее напряжение. В качестве сигнальных ламп в схеме можно применить малогабаритные лампочки на 24 в и реле типа РС-13, РКН или РСМ. Можно использовать и другие типы реле. Ключи — телефонные типа КТРО. Питать схему можно от сети переменного тока через понижающий трансформатор и выпрямитель, обеспечивающий напряжение 24 в (величина потребляемого тока определится типами примененных в схеме ламп и реле).

Все элементы и узлы модели монтируются в небольшом ящике-футляре, передняя наклонная стенка которого является одновременно и лицевой панелью. Правильно собранная и смонтированная модель практически не нуждается в наладживании.

### КАК УСТРОЕНА ЭЦВМ?

Мы познакомились с устройством одноразрядного двоичного сумматора и его работой. В электронной цифровой вычислительной машине (ЭЦВМ) из таких одноразрядных сумматоров, путем их соединения, составлены многоразрядные сумматоры. Они являются основными элементами арифметического устройства цифровой вычислительной машины. Сумматоры выполняют операцию автоматического сложения многоразряд-

ных двоичных чисел. Другие арифметические операции: вычитание, умножение и деление, как известно, также могут быть сведены к сложению. Поэтому арифметическое устройство ЭЦВМ может выполнять все четыре основные действия арифметики.

В арифметических устройствах современных вычислительных машин сумматоры обычно собраны не из электромагнитных реле, как в нашей модели, а из электронных элементов: ламп, полупроводниковых диодов, транзисторов и др. Это обеспечивает огромную скорость работы арифметического устройства. Электронная вычислительная машина, производящая около миллиона операций в секунду, затрачивает на сложение двух тридцатизначных чисел 0,000064 секунды. За секунду такая машина способна выполнить около 150 000 сложений или вычитаний. Умножение и деление занимают несколько больше времени, поэтому машина успевает выполнить за одну секунду лишь 50 000—100 000 таких действий.

Кроме арифметического устройства (АУ), в ЭЦВМ имеется ряд других важных узлов: запоминающее устройство, или память (ЗУ), устройство управления (УУ), устройства для ввода исходных данных и программ (Ввод) и вывода полученных результатов (Вывод). Соединение этих устройств — блок-схема ЭЦВМ — показано на рис. 27.

Чтобы машина могла решить задачу, в нее вводится программа решения — совокупность команд, показывающих, какие действия и в какой последовательности нужно производить над числами. Такую программу должен составить для машины человек. Программа эта наносится в закодированном виде на перфорированную ленту, перфокарту или магнитную пленку и вводится с помощью устройства ввода в память машины (т. е. в запоминающее устройство). Составление программы вычислений — программирование — важнейшая и наиболее трудоемкая работа при эксплуатации электронных счетных машин. От того, насколько рационально составлена программа, зависит эффективность работы машин. Поэтому к составлению программ привлекаются высококвалифицированные специалисты — математики-программисты.

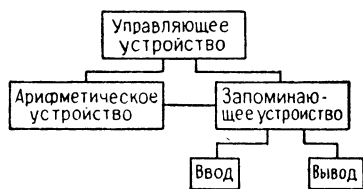


Рис. 27. Блок-схема ЭЦВМ.



Для «общения» математиков с машиной необходим «язык», который был бы понятен не только человеку, но и машине. Таких специальных машинных языков было создано за последнюю четверть века более четырех тысяч — разных для различных машин. Это обилие машинных языков только мешало развитию техники программирования, поэтому ученые ряда стран на конференции в Цюрихе в 1958 году пришли к выводу о необходимости создания единого, универсального алгоритмического языка.

Под алгоритмическим языком принято понимать систему команд. Оператор, работая на машине, переводит математические формулы в последовательность команд, расчленяя решаемую задачу на элементарные операции. На это расходуется много времени. Для сокращения времени на составление программы были разработаны специальные алгоритмические языки: АЛГОЛ, АЛГЭК, ФОРТРАН, КАБОЛ и другие. Использование алгоритмических языков в значительной мере облегчает общение человека с машиной.

Запоминающее устройство машины предназначено для хранения исходных данных задачи, программы, ее решения, промежуточных и окончательных результатов, многочисленных физических, математических и других постоянных констант, которые могут понадобиться при решении задачи. Основные требования, предъявляемые к этому узлу машины, — возможно больший объем памяти и возможно большая скорость выборки нужных данных. Эти два требования противоречивы, так как чем больше объем памяти, тем больше времени тратится на выборку из нее. Это противоречие разрешается путем разделения памяти на внешнюю и оперативную. Оперативная память имеет обычно ограниченный объем, но характеризуется достаточно большой скоростью обращения к ней. Внешняя память может требовать значительно большего времени обращения, но зато она имеет и значительно больший объем. Обращение к внешней памяти идет обычно через оперативную.

Запоминающие устройства выполняются на радиолампах, на электроннолучевых трубках, на ферритовых сердечниках, на магнитных лентах и барабанах. Чтобы уяснить себе принцип работы ЗУ, нет нужды подробно рассматривать все перечисленные выше устройства. Наиболее характерным, с нашей точки зрения, является ЗУ на магнитном барабане. Оно представляет собою полый дюралюминиевый барабан с очень тонким (десятки микрон) ферромагнитным покрытием, вращающийся со скоростью до нескольких тысяч оборотов в минуту. Запись и чи-

тывание информации производится с помощью специальных магнитных головок, очень похожих на те магнитные головки, которые применяются в магнитофонах.

Самый простой способ записи — нанесение на барабан информации в двоичном коде. Если пропускать импульсы тока по обмотке магнитной головки, то участки барабана намагнитятся в тех местах, которые проходили под головкой, и будут соответствовать записи 1; ненамагниченным участкам соответствует 0. Считывание чисел, записанных на барабане, производится в тот момент, когда намагниченный участок проходит под магнитной головкой. При этом в обмотке головки возбуждается импульс напряжения. Импульсы усиливаются и поступают в арифметическое или управляющее устройство, а в необходимых случаях — на устройство вывода результатов.

Прием, хранение и выдачу информации ЗУ осуществляет по командам, поступающим от устройства управления. Это устройство управляет действиями всех узлов электронной вычислительной машины, обеспечивая автоматическое проведение вычислительного процесса, начиная с момента ввода программы и до получения окончательного результата.

Итак, обратившись снова к рис. 27, мы можем проследить за взаимодействием основных узлов ЭЦВМ во время ее работы. Через устройство ввода в машину подаются исходные данные задачи, которые воспринимаются запоминающим устройством. Затем арифметическое устройство приступает к вычислениям по команде, поступающей из управляющего устройства. Промежуточные результаты накапливаются в «памяти» машины — запоминающем устройстве — и используются арифметическим устройством по мере надобности для продолжения вычислений. Окончательный результат передается на устройство вывода, ему придается форма, удобная для прочтения или изучения. Обычно ответ получается в виде графиков или числовых таблиц. Устройство вывода может быть электромеханическим (например, электрическая пишущая машинка), электронным (электронно-лучевая трубка, на экране которой воспроизводится ответ) или фотопечатающим (ответ печатается на киноплёнке).

## СЕМЬЯ ЭЛЕКТРОННЫХ МАТЕМАТИКОВ

Впервые идею о создании универсальной цифровой вычислительной машины с автоматическим управлением высказал еще в начале XIX века английский математик Чарльз Бэббедж.

Позднее этот ученый разработал конструкцию такой машины и приступил к ее постройке.

По своей структуре машина Бэббеджа была механическим прообразом современных электронных цифровых вычислительных машин. Она должна была состоять из двух основных частей — «завода» (арифметического устройства) и «склада» (памяти) для хранения чисел. Память машины была механическая — она содержала 1000 колонок по 50 цифровых колес. Положения колес изображали цифры в десятичной системе счисления. Таким образом, емкость памяти составляла 1000 пятидесятиразрядных чисел. Управление работой машины предполагалось осуществлять при помощи перфокарт.

Щупы, проходившие в отверстия в картах, приводили в движение цифровые колеса. Каждое колесо по команде, выдаваемой с перфокарт, могло соединяться с «заводом», выполнявшим арифметические действия; результат этих действий машина отправляла обратно на «склад», а по окончании вычислений печатала на бумаге. Бэббедж рассчитывал, что его машина сможет выполнять до 60 сложений 50-значных чисел в минуту. Он надеялся, что ее можно будет использовать для составления и проверки некоторых математических и морских таблиц, таблиц логарифмов, для проверки данных астрономических наблюдений и решения других сложных и громоздких математических задач.

После смерти ученого в 1871 году работу продолжил его сын, но машину так и не удалось закончить. Механические детали и узлы машины были неточными и ненадежными, действовали они медленно и оказались непригодными для осуществления гениальной идеи ученого, более чем на столетие опередившего свою эпоху.

Лишь в 30-х годах XX столетия появились первые технические средства — электромагнитные реле, шаговые распределители, — которые позволили осуществить идею Бэббеджа. На базе этих электромеханических элементов и была построена первая универсальная цифровая вычислительная машина — «МАРК-1».

Создана она была коллективом ученых и инженеров под руководством Говарда Эйкена в США, в 1939—1944 гг. Это был громоздкий многотонный счетный комбайн высотой в 2,5 метра и длиной более 15 метров, содержащий многие тысячи электромагнитных реле, шаговых распределителей и переключателей. Машина «МАРК-1» могла выполнять три сложения в секунду;

умножение на машине занимало около шести секунд, вычисление логарифма — около одной минуты.

В 1947 году в США была построена более совершенная электромеханическая машина «МАРК-2». Появились электромеханические релейные машины и в других странах: СССР, Англии, Швеции, Голландии. Однако эти машины быстро устарели; на смену им пришли электронные машины, в которых место колес Бэббеджа и реле Эйкена заняли электронные лампы. Первая такая машина — «ЭНИАК» — была построена в США в 1945 году. Она содержала около 18 000 электронных ламп, потребляла мощность 100 кВт и занимала площадь более 120 м<sup>2</sup>. Память этой машины состояла из 20 накопителей по 10 десятиразрядных чисел; для ввода и вывода использовались перфокарты. «ЭНИАК» выполняла около 1000 вычислительных операций в секунду.

С конца 40-х годов коллективы ученых и инженеров многих стран приступили к разработке электронных цифровых вычислительных машин.

В Советском Союзе первая ЭЦВМ была создана в 1950 году в Институте математики АН УССР. Она получила название МЭСМ — малая электронная счетная машина. В 1953 году в строй вступила БЭСМ — большая электронная счетная машина, построенная также для Академии наук СССР. Эта машина была признана тогда самой быстродействующей из европейских машин (средняя скорость счета — до 10 000 операций в секунду). Затем был освоен серийный выпуск большой машины «Стрела», которая впоследствии сыграла немалую роль в решении ряда научных задач. Позднее в Академии наук были построены универсальные машины М-2 и М-3. С 1954 года начат также серийный выпуск универсальной машины «Урал». Машины всех этих типов быстро нашли применение в различных отраслях народного хозяйства нашей страны.

В это же время научные коллективы и конструкторские бюро развернули большую работу по улучшению и удешевлению ЭЦВМ, изысканию новых, более совершенных деталей, узлов и схем для них. В середине 50-х годов появляются ЭЦВМ второго поколения. Если для машин первого поколения характерным было применение электронных ламп с навесным проводным монтажом, то во втором поколении электронных математиков широко применяется печатный монтаж, используются полупроводниковые диоды, транзисторы, ферритовые элементы. У нас в стране первенцами второго поколения были машины «Раздан»,

УМШН (универсальная машина широкого назначения), «Сетунь», «Кристалл» и другие. Они обладали значительно меньшими габаритами, были более экономичны, надежны и удобны в работе, чем ламповые машины. К 1964 году выпуск ламповых ЭЦВМ практически был прекращен. В это время парк ЭЦВМ во всех странах мира составлял около 20 000 машин, и потребность в них продолжала быстро возрастать.

Последние годы знаменуются новыми большими успехами в разработке ЭЦВМ. Появилось третье поколение электронных математиков — машины, в которых применяются сверхминиатюрные детали, микромодули и магнитные пленки, твердые схемы. Плотность монтажа в машинах третьего поколения достигает 2—3 тысяч элементов на  $1\text{ см}^2$ , быстродействие — порядка  $10^7$  операций в секунду и более.

В нашей стране сейчас выпускается много ЭЦВМ различных типов — универсальных и специализированных. Приведем краткие характеристики некоторых из них, демонстрировавшихся на выставке «Интероргтехника-66» в Москве в 1966 году.

«МИР». Эта машина может решать системы линейных и нелинейных дифференциальных уравнений, задачи линейного программирования, осуществлять расчет сетевых графиков и выполнять ряд других сложных математических операций. В машину вводится алгоритм — система правил, последовательное выполнение которых обеспечивает решение данной задачи. Ввод задач в машину осуществляется при помощи клавиатуры электрифицированной пишущей машинки, которая наряду с цифрами содержит русский и латинский алфавиты и знаки математических операций. Машина небольшая и очень удобна в работе.

«ПРОМИНЬ-М». Это самая легкая электронная цифровая машина в классе малых машин: ее вес всего 260 кг. Машина предназначена для автоматизации инженерных расчетов в конструкторских бюро и научно-исследовательских институтах. Алгоритм решаемой задачи вводится в машину путем набора команд на бесконтактном магнитном коммутаторе, смонтированном на пульте; исходные данные вводятся с помощью цифровой клавиатуры.

«НАИРИ». Работа на этой малогабаритной машине, предназначенной для решения инженерных, экономических и научных задач, не требует специального обучения программированию, так как машина имеет систему автоматического программирования. Задача вводится в машину на языке, близком к принятому в математике. Типовые задачи «Наири» решает без

предварительной подготовки; достаточно ввести в нее необходимые коэффициенты и исходные данные — и машина с помощью внутренней библиотеки подпрограмм автоматически решит задачу.

«УМ - 1». Эта вычислительная машина предназначена для управления производственными процессами. Она автоматически контролирует величины заданных технологических параметров и регистрирует отклонения от них, осуществляет расчет оптимальных режимов ведения производственных процессов и выдает соответствующие командные сигналы, поступающие к регуляторам управляемых объектов. Сигналы контроля могут поступать от датчиков релейного типа, термопар или пневматических датчиков. Сигналы управления также могут быть переданы регуляторам различных типов.

«УРАЛ - 11». Эта машина предназначена для решения планово-производственных, учетных, статистических, информационных и инженерных задач. За одну секунду она может выполнять до 50 тысяч операций умножения. Одновременно к машине могут быть подключены до 16 устройств для ввода или вывода информации. Результаты вычислений могут фиксироваться на перфокартах, перфо- и магнитных лентах или непосредственно поступать к регуляторам производственных процессов, передаваться по каналам связи, печататься на бумажной ленте или регистрироваться самописцами.

«МИНСК - 32». Это одна из самых новых ЭЦВМ. Серийное производство ее было начато в 1969 году. За одну секунду она выполняет свыше 30 000 операций, решая одновременно до четырех задач. Многопрограммная память машины огромна. Машина может работать со 136 внешними приспособлениями. Она успешно решает дифференциальные уравнения, может начислять зарплату на крупных предприятиях, помогать в управлении производством. Ввод данных в машину производится в десятичной системе счисления с помощью электрифицированной пишущей машинки. Управление машиной осуществляет один оператор.

## **НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ СВЕРДЛОВСКА**

Получив представление об устройстве, принципе действия и назначении ЭЦВМ, мы можем теперь совершить небольшую экскурсию на какой-либо из вычислительных центров индустриального Свердловска.



...Площадь имени Первой пятилетки. Огромное здание, протянувшееся по фасаду почти на четверть километра. Это научно-исследовательский институт тяжелого машиностроения — «мозг» прославленного Уральского завода тяжелого машиностроения имени Серго Орджоникидзе.

Пожалуй, слово «завод» для такого гиганта, как УЗТМ, уже устарело. Уралмаш — это настоящий город созидания, со своими улицами, площадями, корпусами цехов и участков. Площадь, занимаемая гигантом, исчисляется десятками квадратных километров. Длина отдельных производственных цехов достигает 250 метров. Здесь изготавливаются самые большие в мире шагающие экскаваторы. Здесь создают станы, на которых металл прокатывается со скоростью курьерского поезда.

В каждый килограмм стали, в каждую изготовленную на заводе деталь прежде всего вложен огромный труд инженеров, конструкторов, вычислителей. Человек не машина, он утомляется и может ошибиться. А ошибка, вкрадываясь в расчеты конструктора и повторенная серией готовой продукции, обойдется государству в огромную сумму. Сама жизнь подсказала уралмашевцам идею о необходимости механизировать и автоматизировать процесс вычислений.

И вот в здании научно-исследовательского института был создан вычислительный центр, оснащенный электронно-вычислительными машинами ЭЦВМ — «Урал-4», «Минск-22» и другими. На электронно-вычислительной машине «Урал-4» производятся расчеты по технико-экономическому планированию: рассчитывается количество материалов, необходимых производству, и распределение их по цехам. На машине «Минск-22» разрабатываются рабочие проекты системы оперативного планирования серийного производства. В ближайшие годы на управление с помощью ЭЦВМ перейдут 20 ведущих цехов завода. Между цехами и вычислительным центром проложат телефонный кабель, в каждом цехе будет установлен телетайп. По телеграфу в ЭЦВМ будут вводиться исходные данные о работе цеха. Считанные минуты — и электронно-вычислительная машина передаст на телетайп свои рекомендации. Через несколько часов в ЭЦВМ снова поступят данные о работе цеха, и опять машина выдаст свои указания с учетом того, что уже сделано за эти несколько часов. При таком управлении руководители завода смогут не только получать оперативную информацию в любой час, по любому цеху, но и оперативно вмешиваться в процесс выполнения того или иного заказа.

Работники отдела главного технолога совместно с сотрудниками вычислительного центра проводят большую работу по составлению программ расчета технических норм времени при обработке деталей на металлорежущих станках. Для Уралмаша, где парк станков насчитывает многие тысячи единиц, это задача номер один. Передать электронно-вычислительной машине расчет норм времени на каждую операцию и на изготовление каждой детали — вот чего добиваются технологи и программисты завода. И не безуспешно.

Уже внедрены две программы для расчета с помощью машины «Урал-4» норм времени, затрачиваемого на сверлильных операциях, что позволило сберечь десятки тысяч рублей. Скоро завершится работа по составлению еще одной программы, и электронно-вычислительная машина «Урал-4» сможет давать технологические карты со всеми необходимыми данными о заготовке с описанием деталей, а также перечислением необходимых операций, их последовательности. Тут же, на технологической карте, будет нанесен эскиз поковки, ЭЦВМ задаст температуру нагрева и количество металла, идущего в отходы.

Конструктивная надежность, время, необходимое для подъема стрелы экскаватора и ее перемещения, траектория ковша — на решение этих важных проблем еще недавно «вручную» затрачивались годы. А сейчас работники бюро инженерно-конструкторских задач составили программу расчетов и с помощью электронных математиков производят эти расчеты в самые сжатые сроки, что ежегодно дает заводу сотни тысяч рублей экономии.

Мы познакомились только с одним вычислительным центром Свердловска. А ведь их в индустриальном городе немало.

В Уральском политехническом институте имени С. М. Кирова в конце 50-х годов была установлена одна из первых на Среднем Урале ЭЦВМ, положившая начало внедрению электронной вычислительной техники в науку и промышленность Свердловска. Сейчас здесь имеется вычислительный центр, в котором установлены машины «Урал-2», «МН-7», «МН-14» и другие.

Информационно-вычислительный центр Уральского государственного университета им. А. М. Горького. Несмотря на свою молодость (центр организован в 1962 году), он внес значительный вклад в научные исследования, выполненные уральскими учеными. Здесь решаются задачи, входящие в планы исследований ученых университета, составляются программы для решения ряда народнохозяйственных задач. Работа ведется с помощью ЭЦВМ «Урал-1» и «М-20».

Институт «Уралгипротранс» несколько лет ведет проектирование с помощью электронно-вычислительной техники.

Полезные ископаемые и вычислительная техника. Казалось бы, какая связь между ними? Но как только переступаешь порог вычислительного центра Свердловского горного института, убеждаешься, что кибернетика и горное дело подружились надолго и всерьез. Здесь на машине «Минск-14» решаются задачи более рациональной добычи полезных ископаемых, разрабатывается проект управления работой всего Качканарского комбината с помощью ЭЦВМ «Минск-23». Сотрудники центра мечтают о том уже недалеком времени, когда вычислительная машина будет принимать по радио данные от геологоразведочных партий и обрабатывать их, помогая геологам отыскивать богатства в подземных кладовых седого Урала.

Все новые вузы, предприятия и учреждения Свердловска и других городов нашей области оснащаются современной вычислительной электронной техникой, начинают применять электронно-вычислительные машины для более быстрого и эффективного решения научных и хозяйственных задач.

#### **ПРИОТКРОЕМ ЗАВЕСУ ВРЕМЕНИ**

Попытаемся представить себе развитие вычислительной техники в недалеком будущем.

В наши дни ведется работа над созданием мощных вычислительных систем, работающих по принципу мультипрограммирования. Речь идет о таком использовании электронно-вычислительных машин, при котором каждая будет работать с большим количеством потребителей одновременно. ЭЦВМ, подобно автоматической телефонной станции, будет соединена с несколькими сотнями обслуживаемых абонентов линиями связи. Это позволит быстро и своевременно получать необходимую для переработки информацию и так же быстро и своевременно «выдавать» результаты вычислений. Например, одна электронно-вычислительная машина, установленная в Свердловске, сможет обслуживать все колхозы и совхозы Свердловской области (начислять зарплату и трудов дни, рассчитывать севооборот, находить оптимальные варианты использования тракторного и автомобильного парка и т. п.).

Со временем в Советском Союзе будет создана единая вычислительная система (ЕВС), которая сможет решать сложные математические и логические задачи. Машины найдут широкое

применение в полностью автоматизированном производстве, в обучении, в автоматических библиотеках и справочных бюро, в коммунальном хозяйстве, в быту. Наступит время, когда в домах и квартирах рабочих и служащих будут установлены пульта дистанционного управления вычислительными машинами, предназначенными специально для обслуживания бытовых нужд населения. Такой пульт станет незаменимым предметом бытового оборудования. С его помощью человек сможет, не выходя из квартиры, получить совет, консультацию или иную информацию по любому интересующему его вопросу.

Электронные цифровые вычислительные машины работают по программам, заданным человеком. При выполнении такой программы ЭЦВМ строго придерживается данных ей предписаний, ей отводится роль усердного исполнителя. Что же касается осмысливания задачи, то главную роль пока играет человек. Человек отлично справляется с изобретением и организацией идей: он непревзойден в отыскании ассоциаций в среде понятий, не обладающих очевидной общностью; он способен творить; ему дороги человеческие ценности.

Вычислительная машина представляет собой полную противоположность человеку: она способна обращать концентрированное внимание на бесчисленные подробности, она точна и надежна, она может легко и безошибочно выполнять наиболее трудные и длинные расчеты, затрачивая на это в среднем миллионную долю того времени, которое потребовалось бы человеку. Она лишена эмоций и не страдает от однообразия и усталости; узнав что-либо однажды, она будет помнить это до тех пор, пока не получит приказ забыть, и тогда забывает мгновенно и окончательно.

Если связать человека и машину эффективными каналами связи так, чтобы они работали совместно, недостатки одного из партнеров будут компенсироваться преимуществами другого. Такой симбиоз позволит обоим партнерам — человеку и машине — полностью проявить свои индивидуальные достоинства при выполнении общей работы. Появление таких вычислительных машин с симбиотической связью и широкое их применение — дело ближайших десятилетий.

До сих пор мы рассказывали о машинах, которые работают по принципу алгоритмического программирования. Это значит, что при решении задачи машина перебирает разнообразные варианты решения, и если вариантов очень много, то на поиски нужного варианта уйдет немало времени. Во многих случаях

при этом машину не может «спасти» даже ее быстрдействие — **задача** оказывается не под силу такой машине именно из-за недостатка времени. Человек в подобных случаях интуитивно отбирает лишь некоторые из вариантов, лежащих вблизи решения задачи, и затем, анализируя отобранное, находит нужный. Пример тому — игра в шахматы.

Нельзя ли научить машину работе по такому принципу?

Оказалось, можно. Такое программирование задач для машины, в отличие от алгоритмического, назвали эвристическим (от греческого слова «Эврика!» — «Нашел!» — восклицание, произнесенное, по преданию, Архимедом, открывшим названный впоследствии его именем закон).

Американские инженеры, разрабатывающие систему эвристического программирования, дали ей название «искусственный интеллект».

Эвристическое программирование сводится к тому, чтобы перевести на язык машины отдельные акты человеческого мышления, последовательность его логических действий. Задача эвристического программирования — научиться решать с помощью ЭЦВМ сложные логические задачи, не поддающиеся решению при помощи алгоритмического программирования. Внедрение эвристики обещает человечеству точную диагностику заболеваний, автоматическую расшифровку энцефалограмм и кардиограмм, успешное решение сложных игровых задач, доказательство теорем и многое другое.

Если сегодня ЭЦВМ управляет технологическим процессом, то завтра она сможет не только управлять, но и совершенствовать этот процесс. Создание машин, работающих по принципу эвристического программирования, позволит «научить» машину опознавать буквы, а отсюда — один шаг к созданию, например, систем автоматического набора текстов в типографии. Сейчас проходит несколько месяцев, прежде чем книга, которую сдали в набор, дойдет до читателя. С помощью электронных машин это можно делать в 10—15 раз быстрее.

Эвристическое программирование дает ключ к такому важному направлению деятельности человека, как перевод с одного языка на несколько других.

Внедрение микроэлектроники позволит создавать ЭЦВМ, уместающиеся в кармане. С помощью такой машины человек сможет рассчитать кратчайший маршрут городского транспорта из одной точки города в другую, выбрать рациональный маршрут воскресной загородной прогулки, учитывая интересы всех

ее участников, получить первичную медицинскую консультацию о состоянии здоровья.

Со временем машины станут еще более быстродействующими, самообучающимися, самосовершенствующимися. Грозит ли это чем-либо человеку? Станут ли когда-нибудь машины умнее, чем их создатели?

Не следует слишком переоценивать возможности машин. Человек всегда сможет сохранить контроль над машиной. Даже в отдаленном будущем машины останутся послушным инструментом в руках человека, и с их помощью он усилит свою власть над природой. С каждым годом эти чудесные помощники будут занимать в жизни человека все большее место, будут верно служить ему в созидательной работе по преобразованию Земли и Вселенной.





## Э Л Е К Т Р О Н Н Ы Е   Э Р У Д И Т Ы

*Действенно жить — это значит жить, располагая правильной информацией.*

**Н. Винер**

*Нам необходимо создать в стране высокоэффективную общегосударственную систему научной информации.*

**А. Н. Косыгин**

### КНИЖНЫЕ ГИМАЛАИ

Около миллиона лет существует на Земле человек, и все это время он познаёт окружающий его мир, накапливает опыт, приобретает знания. На заре развития человеческого общества знания и опыт передавались устно: от отца — сыну, от матери — дочери, от поколения к поколению. В дальнейшем этот способ передачи информации, накопленной человечеством, оказался недостаточным. В связи с нуждами хозяйства, торговли, военного дела потребовалось фиксировать различные сведения, хранить



их и передавать. Появилась необходимость во «внешней» памяти, дополняющей память мозга и лишенной ее недостатков — искажений, неточности и недолговечности.

И тогда возникла письменность. Люди научились фиксировать свои мысли при помощи письменных знаков. Эти знаки стали наносить на стены пещер, на глиняные пластинки, позже — на свитки папируса и пергамента и, наконец, на бумагу. В руках человечества оказалась могучая сила, помогавшая передавать из поколения в поколение неугасимый факел знания.

Литературные источники, в которых фиксировалась производственная и духовная культура народов, стали накапливаться в специальных хранилищах — библиотеках. Так, например, еще в крупнейшей библиотеке древности — Александрийской библиотеке — к 47 году до н. э. насчитывалось около 700 тысяч свитков папируса.

Однако долгие столетия книги были практически недоступны для большинства людей, их было очень мало: ведь книги писались вручную, переписка занимала очень много времени.

Но вот в 1441 году Иоганн Гутенберг изобрел книгопечатание, появились невиданные до того приспособления для размножения книг. Количество и тиражи книг стали быстро расти, расширялся и круг людей, получавших возможность приобщиться к источнику знания — книге.

Тысячи, затем сотни тысяч людей стали вносить свой вклад в общее дело познания мира, сказочно быстро пошло накопление богатств разума. Особенно интенсивно протекает этот процесс с начала XX века. К настоящему времени количество книг возросло настолько, что человек за всю свою жизнь в состоянии прочесть лишь ничтожную долю издающейся в мире литературы.

Человечество накопило около 100 миллионов названий печатных работ, в том числе более 30 миллионов



книг и около 12 миллионов патентов. В Советском Союзе только на русском языке ежегодно издается около 8000 произведений научной литературы, в среднем по 12 печатных листов каждое, 1500 названий учебной литературы по 20 печатных листов и более 1200 научно-технических журналов. А ведь то, что издается в нашей стране,—только пятая часть всей мировой книжной продукции.

Сотни тысяч библиотек Советского Союза располагают в настоящее время примерно двумя миллиардами книг. Через каждые 15—16 лет фонды библиотек удваиваются. Можно ожидать, что к концу нашего столетия фонд литературы в библиотеках увеличится в 5—8 раз. Одним из крупнейших книгохранилищ в мире является Государственная библиотека имени В. И. Ленина в Москве. Ежегодное поступление литературы в этой библиотеке «перевалило» за один миллион томов.

Как ориентироваться в этом огромном потоке информации? Каким образом, например, специалисту в какой-либо области техники найти интересующие его сведения? Безвозвратно ушли в прошлое времена, когда ученый самостоятельно просматривал всю печатную продукцию в интересовавшей его области науки и был уверен, что в своей работе он не открывает «америк». Огромные потоки информации обрушиваются теперь на читателя, и он уже не может ориентироваться, полагаясь только на свои силы. Так, например, если бы специалист в области радиоэлектроники читал необходимую для него литературу по 40 часов в неделю, то за год он не прочел бы и десятой доли опубликованных за это время статей.

Говорят, что иногда легче изобрести что-либо заново, чем найти описание этого изобретения в научной литературе. Известно, например, что несколько американских лабораторий затратили 5 лет и не менее 200 000 долларов на разработку методов синтеза релейно-контактных схем. Между тем, это исследование было выполнено в Советском Союзе, результаты его опубликованы в журнале «Доклады Академии наук СССР» еще до того, как над этой проблемой начали работать в США. Другой пример: о разработке советских турбобуров в США узнали через 6—7 лет после публикации в советской печати.

Дублирование научно-исследовательских работ становится серьезной помехой техническому прогрессу. По ориентировочным данным, на неоправданное дублирование, например, в США, расходуется не менее 10 процентов всех средств, ассигнуемых на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Наступило время, когда человек не в силах справиться с «библиотечными Гималаями» накопленных научных материалов. Назрела необходимость создания «умного» автомата-помощника, который умел бы быстро и ловко «рыться» в библиотеках и архивах, в патентных бюро и картотеках.

Впрочем, почему мы говорим только об ученых и инженерах? Ведь различные сведения, информация, справки бывают нужны в наши дни не только ученому или инженеру, но и каждому человеку на работе, в учебе, во время досуга. На помощь человеку может прийти кибернетическая машина с ее огромной памятью и способностью быстро отыскивать и выдавать необходимую информацию.

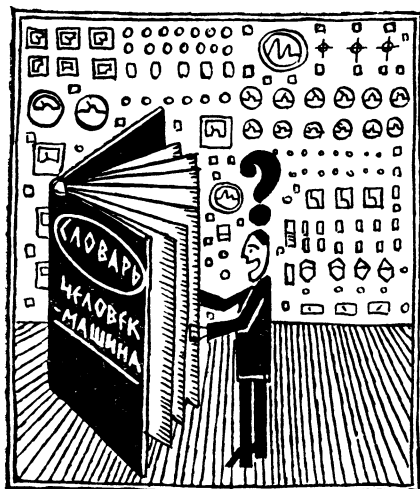
### ИНФОРМИРУЕТ МАШИНА

В одном из просторных залов Московского Политехнического музея стоит странный аппарат из металла, стекла и пластмассы, увенчанный чем-то вроде шлема от скафандра космонавта. Что это? Подойдем ближе — на передней части «шлема» аппарата вспыхивает экран, и четкий спокойный голос, идущий откуда-то изнутри, сообщает:

— Вы подошли к информационному автомату. Он может ответить на любой из пятисот вопросов, помещенных в картотеке. Для этого с помощью телефонного диска достаточно набрать номер вопроса.

Сколько гроз бывает ежесекундно на Земле? Справедливо ли сравнение: «Нем, как рыба»? Что такое «тектит»? Какова длина волны идущего человека? Что такое «пещерный жемчуг»? На эти и сотни других вопросов картотеки, автомат отвечает обстоятельно, дополняя ответы рисунками и схемами, которые появляются на экране. Вопросы можно задавать в любой последовательности — автомат не собьется. Объем его «знаний» достаточно обширный, и ответы представляют интерес для любого из посетителей музея.

Устроен информационный автомат очень просто: после набора номера вопроса к проекционному окошку диапроектора подводится соответствующий диапозитив, а на магнитной ленте выбирается нужная зона записи текста. Если в момент набора номера вопроса заглянуть внутрь автомата сквозь прозрачную заднюю стенку, то можно увидеть, как быстро перемещаются кассеты с 25 диапозитивными линейками (на каждой из которых по 20 диапозитивов), как специальная рейка ловко захва-



тывает нужную линейку и устанавливает ее перед проекционным аппаратом, как осуществляется быстрая перемотка магнитной ленты и как резко лента останавливается при подходе к искомой зоне записи.

Возможности информационного автомата могут быть значительно расширены. Например, при более совершенных магнитных головках, приспособленных специально для многодорожечной записи, на той же пленке можно записать не 500, а более 3000 ответов.

При увеличении длины

пленки и скорости перемотки число ответов может быть также увеличено. Путем уменьшения размеров диапозитивов и увеличения числа стеклянных линеек можно увеличить соответственно и число иллюстраций к ответам.

Подобные устройства найдут применение всюду, где есть необходимость в получении быстрых и точных справок. Информационный автомат, в памяти которого записано обилие сведений, может быть хорошим консультантом для врача, инженера, рабочего, учащегося.

Чем больше объем «памяти» информационной машины, тем она совершеннее, тем шире и разнообразнее возможности ее использования. Для создания автоматических информаторов, обладающих достаточно широкой «эрудицией», нужны мощные запоминающие устройства. Объем памяти, или, как говорят кибернетики, емкость памяти — количество информации, которое может храниться в запоминающем устройстве машины, — это одна из важнейших ее характеристик. Другой, не менее важной характеристикой запоминающего устройства является продолжительность поиска и выдачи нужной информации — так называемое время обращения к памяти. Стремление к увеличению емкости памяти находится в противоречии с требованием уменьшения времени обращения: чем больше емкость, тем труднее найти нужную информацию в памяти машины.

Ученые ведут упорные поиски путей, позволяющих преодолеть это противоречие. Нужно создать информационные машины с большим объемом памяти, способные быстро отыскивать и выдавать необходимую информацию. Магнитные ленты и диапозитивы для этой цели малопригодны: эти сравнительно простые и дешевые средства хранения информации слишком громоздки и характеризуются весьма большим временем обращения.

Наиболее эффективными являются информационно-логические системы, созданные на базе быстродействующих электронных цифровых машин. В связи с этим в настоящее время в нашей стране и за рубежом ведутся интенсивные разработки таких машин и других сопряженных с ними устройств. Так, советские ученые и конструкторы создали электронную вычислительную машину «БЭСМ-6», которая обладает техническими характеристиками, необходимыми информационно-логической машине (быстродействие около 1 миллиона операций в секунду, очень большой объем памяти и др.). В автоматизированных информационных системах широко применяются последние достижения радиоэлектроники, начиная от процесса записи информации в памяти машины и кончая процессами воспроизведения выходных данных. Успехи микроминиатюризации в электронике позволяют создавать весьма компактные, малогабаритные информационно-логические машины, обладающие высокой эффективностью.

В последние годы созданы образцы машин, состоящих из интегральных блоков. Магнитная «память» таких машин состоит не из отдельно выполненных и объединенных в общую схему ферритовых сердечников, а из монолитного куба, размеры которого в сотни раз меньше размеров блока «памяти» на ферритовых сердечниках. Информация в этом кубе записывается в виде изменения магнитного состояния участков кристаллической решетки материала, из которого сделан куб. Габариты таких машин могут быть не более 1 кубического метра.

Недалеко то время, когда подобные электронные машины — информаторы, справочники и консультанты — займут места в государственных информационных центрах — специализированных хранилищах информации. Читателям библиотеки будущего — ученым, инженерам, врачам, студентам — не придется рыться в каталогах, искать шифр и номер книги, перелистывать ее, чтобы найти именно те строки, в которых записана нужная мысль, формула, закон, инструкция. Связавшись с соответствующей машиной информационного центра (подобно тому, как сегодня

связываются друг с другом абоненты автоматической телефонной станции) каждый сможет в кратчайшее время получить исчерпывающую информацию по любому интересующему его вопросу.

### ЭЛЕКТРОННЫЙ ДИАГНОСТ

Как важно своевременно и правильно поставить диагноз болезни — немало зависит от знаний и опыта врача. Но симптомы многих заболеваний, например пороков сердца, настолько близки, что даже опытный врач может легко ошибиться: ведь его исследования носят субъективный характер. Как же избежать тех трагических ошибок, которые порой еще происходят в клиниках? И в этом большую помощь врачам могут оказать электронные информационно-логические машины, способные точно и объективно устанавливать характер заболеваний. Такие кибернетические машины для диагностики болезней сердца и других внутренних органов сейчас существуют. Специальные приборы-датчики исследуют больного, затем сведения о температуре, частоте пульса, режиме дыхания, кровяном давлении, субъективные жалобы и другие клинические данные о его состоянии вводятся в машину. Она анализирует эти сведения, сопоставляет их с данными о признаках различных заболеваний, которые хранятся в запоминающем устройстве, находит и выдает точный диагноз. Одновременно назначаются пути лечения болезни с учетом индивидуальных особенностей организма.

Простейшую модель электродиагностической машины построить нетрудно, для этого не потребуется сложных и дефицитных деталей и материалов.

Наша модель электродиагностической машины сравнивает вводимые в нее симптомы (признаки) заболеваний с хранящейся в ее памяти информацией и в случае совпадения признаков выдает диагноз — название болезни. В память машины введены следующие симптомы заболеваний и названия болезней:

#### Симптомы заболеваний:

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Повышенная температура        | 6. Одышка                    |
| 2. Кашель                        | 7. Сыпь                      |
| 3. Насморк                       | 8. Светобоязнь               |
| 4. Увеличение подчелюстных желез | 9. Припухлость заушных желез |
| 5. Боль в гортани                | 10. Желтушность кожи         |

11. Расстройство кишечника
12. Боли в животе

13. Головная боль
14. Озноб
15. Тошнота, рвота

Болезни:

1. Корь
2. Грипп
3. Воспаление легких
4. Ангина

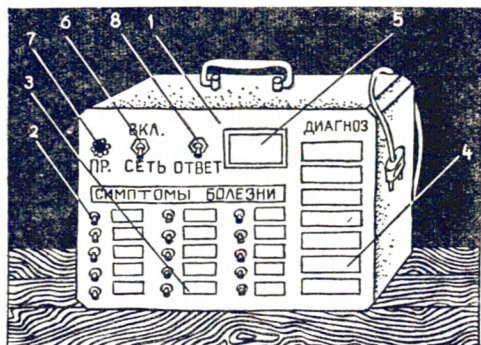
5. Скарлатина
6. Свинка
7. Дизентерия
8. Желтуха

Действие нашей электродиагностической машины основано на приведенной ниже таблице, однозначно связывающей комбинации определенных симптомов заболеваний с названиями соответствующих этим комбинациям болезней (в таблице даны порядковые номера симптомов).

Симптомы заболеваний	Диагноз болезни
1, 2, 3, 7, 8	Корь
1, 2, 3, 13, 14	Грипп
1, 2, 6, 13, 14	Воспаление легких
1, 4, 5, 13, 14	Ангина
1, 4, 5, 7, 15	Скарлатина
1, 4, 9	Свинка
1, 11, 12, 15	Дизентерия
10, 12	Желтуха
Другие комбинации симптомов	Диагноз неясен, обратитесь к врачу

Модель смонтирована на горизонтальном шасси и вертикальной лицевой панели, которые помещены в футляре, снабженный ручкой для удобства переноски (рис. 28). На лицевой панели 1 расположены 15 выключателей-тумблеров 2, соответствующих симптомам заболеваний. Симптомы записаны на табличках 3, которые укреплены рядом с выключателями. Световые табло с названиями болезней 4 расположены в правой части лицевой панели, под надписью «Диагноз». Слева от них находится световое табло «Диагноз неясен, обратитесь к врачу» 5. В левой верхней части лицевой панели расположены выключатель «Сеть» 6, предохранитель «Пр» 7 и тумблер «Ответ» 8.





Р и с. 28. Внешний вид электронного диагноста.

Модель питается от электросети переменного тока с напряжением 220 в. Для приведения ее в действие нужно включить тумблер «Сеть» и ввести с помощью других тумблеров симптомы болезней: повышенная температура, насморк, кашель, головная боль и т. п. После этого при включении тумблера «Ответ» на одном из световых табло подсвечивается диагноз. Если комбинация введен-

ных в машину симптомов соответствует одновременно двум, трем или большему числу различных болезней, то на табло подсвечиваются названия всех этих болезней. Если же «набрана» такая комбинация симптомов, которая не соответствует ни одной из болезней, хранящихся в памяти машины, то при включении тумблера «Ответ» вспыхивает табло: «Диагноз неясен, обратитесь к врачу».

Рассмотрим теперь принципиальную электрическую схему модели (рис. 29). Включением выключателя сети *Вк* подается напряжение на выпрямитель, собранный по мостовой схеме (диоды *Д*<sub>5</sub>—*Д*<sub>8</sub>). На выходе выпрямителя включен конденсатор *С*, сглаживающий пульсации выпрямленного тока. С конденсатора постоянное напряжение около 200 в поступает на логическую контактную схему, состоящую из 15 тумблеров *К*<sub>1</sub>—*К*<sub>15</sub> (тумблеры *К*<sub>7</sub> и *К*<sub>12</sub> двухполюсные, остальные тумблеры — однополюсные). В зависимости от того, какая комбинация тумблеров была включена при вводе признаков заболеваний, подготавливается к включению одна из ламп *Л*<sub>1</sub>—*Л*<sub>8</sub>. При включении тумблера «Ответ» (*К*<sub>0</sub>) подготовленная к включению лампочка загорается, подсвечивая соответствующее табло с диагнозом. Последовательно с лампочками *Л*<sub>1</sub>—*Л*<sub>8</sub> включена обмотка реле *Р*. Если хотя бы одна из лампочек *Л*<sub>1</sub>—*Л*<sub>8</sub> загорится, то сработает реле и его контакт *К. Р.* отключит лампу *Л*<sub>9</sub>, подсвечивающую табло «Диагноз неясен, обратитесь к врачу», поэтому указанное табло не подсвечивается. Если же комбинация включенных тумблеров *К*<sub>1</sub>—*К*<sub>15</sub> такова, что при включении тумблера *К*<sub>0</sub> не заго-

рается ни одна из ламп  $L_1—L_8$ , то реле  $P$  не срабатывает, лампа  $L_9$  оказывается включенной, она загорается, подсвечивая свое табло.

Полупроводниковые диоды  $D_1—D_4$ , включенные последовательно с лампами  $L_2—L_5$ , являются развязывающими элементами.

Для возврата схемы в исходное состояние достаточно отключить тумблер  $K_0$  «Ответ» и вернуть в исходное состояние все тумблеры  $K_1—K_{15}$ .

В качестве лампочек подсвета  $L_1—L_9$  в схеме модели применены неоновые лампочки МН-3 или МН-5. Возможно использование лампочек от карманного фонаря на 3,5 в или каких-либо других, но это потребует изменения параметров источника питания. Резисторы  $R_1—R_9$  — балластные, сопротивление каждого из них 80 ком. Диоды  $D_1—D_8$  типа Д7Г или Д7Ж. Конденсатор  $C$  — электролитический, 20 мкф, 400 в. Реле  $P$  — поляризованное, типа РПН или РП-5. Ток срабатывания этого реле должен быть немного меньше, чем ток горения любой из ламп  $L_1—L_8$ .

Шасси модели изготавливается из алюминия или железа. Лицевая панель — из текстолита, пластика или алюминия. Футляр можно сделать из фанеры или какого-либо другого подходящего материала. Таблички с симптомами заболеваний, аккуратно написанные или отпечатанные с помощью пишущей машинки на плотной бумаге, укрепляются на лицевой панели и прикрывают-

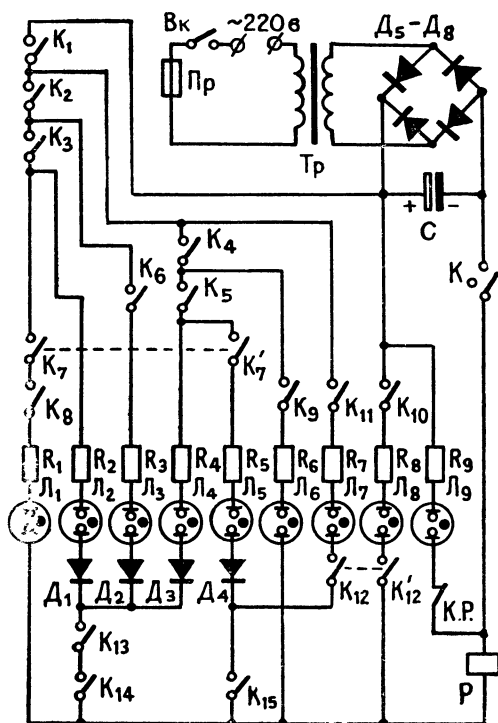


Рис. 29. Принципиальная схема электронного диагностика.

ся пластинками из прозрачного оргстекла. Окна световых табло также закрываются матовым оргстеклом; надписи на оргстекле должны быть сделаны так, чтобы они были видны только при включенных лампочках подсвета.

Правильно собранная модель не нуждается в налаживании и всегда готова к действию.

## **ВЕЧНЫЙ КАЛЕНДАРЬ**

«Говорит Москва! Доброе утро, товарищи. Сегодня вторник, восьмое октября. Начинаем наши передачи...»

Мы привыкли к этим словам диктора московского радио. Многие десятки миллионов советских людей в разных концах нашей необъятной Родины, вслушиваясь в эти слова, сверяют по ним свои часы, а иные — отрывают очередной листок календаря на пороге нового трудового дня.

Часы и календарь... Эти замечательные изобретения, с помощью которых человечество успешно решает важнейшие задачи измерения и счета времени, представляют собою, по сути дела, типичные информационные кибернетические устройства. На протяжении многих веков и тысячелетий поколения ученых разрабатывали и совершенствовали способы регистрации и учета времени.

Но если для счета небольших промежутков времени — часов, минут и секунд — человек давно научился пользоваться весьма совершенными и надежными машинами-автоматами (ведь часы — одно из древнейших автоматических устройств), то счет более продолжительных отрезков времени — дней, недель, месяцев, лет — до сих пор ведется довольно примитивным способом, буквально «вручную». Достаточно вспомнить, например, как мы отрываем листок настенного календаря или зачеркиваем в настольном табеле-календаре очередную клеточку, отмечая конец дня. Намного ли вперед ушла в этой области техника с тех пор, как Робинзон Крузо считал дни своего пребывания на необитаемом острове, делая зарубки на деревянном столбе?

Правда, существуют механические устройства, показывающие не только часы и минуты, но и дни недели, и месяцы, и даже фазы Луны. Но такие устройства скорее забавные, хитроумные игрушки, чем серьезные и необходимые приборы: они сложны, громоздки, неудобны и недостаточно надежны. И если нам бывает нужно заблаговременно узнать, какой день недели приходится на то или иное число месяца, то мы предпочитаем

в этом случае пользоваться простым табелем-календарем.

Ну, а если необходимо выяснить, какой день недели придется на то или иное число в будущем году или, скажем, через десять лет? Или, например, понадобится определить, какой день недели был 23 января позапрошлого года или двадцать лет тому назад?

Чтобы ответить на подобный вопрос, не имея перед собой табеля-календаря за соответствующий год, приходится выполнять довольно громоздкие и утомительные вычисления.

Вот где могла бы пригодиться автоматическая информационно-логическая машина: набрали на вводном пульте число, месяц и год, нажали кнопку — и на световом табло появляется день недели, соответствующий этой дате.

Можно ли своими руками построить такой «вечный» календарь? Оказывается — можно, и ниже мы убедимся, что это не так уж трудно.

Если бы недели «укладывались» в году без остатка, то каждый, простой и високосный, год состоял из 52 недель, т. е. 364 дней, и каждое число календаря из года в год приходилось бы на один и тот же день недели. Но, как известно, простые годы содержат по одному «лишнему» дню, а високосные — даже по два таких дня. Поэтому целого числа недель в году не получается, дни недели «кочуют» по числам календаря. Допустим, что какой-либо простой год начинается с воскресенья, тогда следующий год начнется с понедельника. Если воскресеньем начинается високосный год, то в следующем году 1 января придется на вторник. Так, 1 января 1961 года было воскресенье; 1962 год начался с понедельника, 1963 год — со вторника; високосный 1964 год начался со среды, а начало 1965 года сдвинулось сразу на два дня: 1 января 1965 года была пятница.

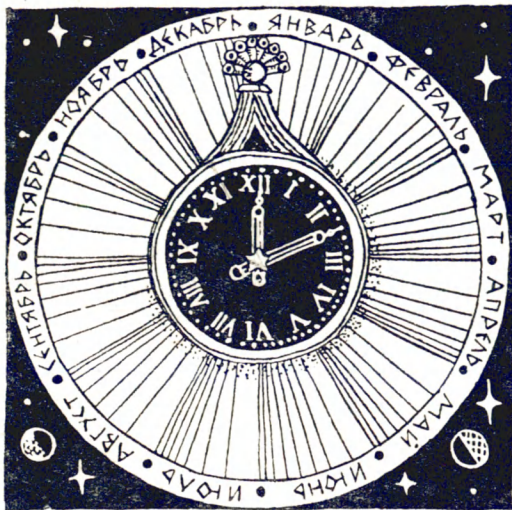


Таблица 1

Годы	Месяцы											
	1901 - 2000											
	ЯНВ	ФЕВ	МАР	АПР	МАЙ	ИЮН	ИЮЛ	АВГ	СЕН	ОКТ	НОВ	ДЕК
	25	53	81	4	0	0	3	5	1	3	6	2
	26	54	82	5	1	1	4	6	2	4	0	3
	27	55	83	6	2	2	5	0	3	5	1	4
	28	56	84	0	3	4	0	2	5	0	3	6
01	29	57	85	2	5	5	1	3	6	1	4	0
02	30	58	86	3	6	6	2	4	0	2	5	1
03	31	59	87	4	0	0	3	5	1	3	6	2
04	32	60	88	5	1	2	5	0	3	5	1	4
05	33	61	89	0	3	3	6	1	4	6	2	5
06	34	62	90	1	4	4	0	2	5	0	3	6
07	35	63	91	2	5	5	1	3	6	1	4	0
08	36	64	92	3	6	0	3	5	1	3	6	2
09	37	65	93	5	1	1	4	6	2	4	0	3
10	38	66	94	6	2	2	5	0	3	5	1	4
11	39	67	95	0	3	3	6	1	4	6	2	5
12	40	68	96	1	4	5	1	3	6	1	4	0
13	41	69	97	3	6	6	2	4	0	2	5	1
14	42	70	98	4	0	0	3	5	1	3	6	2
15	43	71	99	5	1	1	4	6	2	4	0	3
16	44	72	00	6	2	3	6	1	4	6	2	5
17	45	73		1	4	4	0	2	5	0	3	6
18	46	74		2	5	5	1	3	6	1	4	0
19	47	75		3	6	6	2	4	0	2	5	1
20	48	76		4	0	1	4	6	2	4	0	3
21	49	77		6	2	2	5	0	3	5	1	4
22	50	78		0	3	3	6	1	4	6	2	5
23	51	79		1	4	4	0	2	5	0	3	6
24	52	80		2	5	6	2	4	0	2	5	1

Учитывая, что в неделе семь дней, а день 29 февраля добавляется раз в четыре года, легко подсчитать, что полный цикл чередования дней недели, начинающихся новым годом, составляет 28 лет (т. е.  $7 \times 4$ ). Очевидно, таков же полный цикл смены дней недели и для других чисел календаря. Этот 28-летний цикл хорошо иллюстрирует таблица 1.

Таблица 2

Дни							
ВОСКРЕСЕНЬЕ	1	8	15	22	29	36	
ПОНЕДЕЛЬНИК	2	9	16	23	30	37	
ВТОРНИК	3	10	17	24	31		
СРЕДА	4	11	18	25	32		
ЧЕТВЕРГ	5	12	19	26	33		
ПЯТНИЦА	6	13	20	27	34		
СУББОТА	7	14	21	28	35		

В левой части таблицы, в четырех столбцах записаны последовательно годы XX столетия (1901—2000). Запись сделана так, чтобы в каждом столбце оказались годы, относящиеся к одному 28-летнему циклу. В правой части таблицы, вверху даны названия месяцев, а ниже цифрами от 0 до 6 указано, какой день недели приходится на первое число каждого месяца (воскресенье обозначено нулем). Например, на пересечении строки, соответствующей 1968 году (а также 1912, 1940 и 1996 годам), и столбца, соответствующего январю, находится цифра 1. Значит, 1 января 1968 года был понедельник. Аналогично на пересечении строки 1968 года и столбца августа находим цифру 4, означающую, что 1 августа 1968 года пришлось на четверг.

Таблица 1 позволяет определить, каким днем недели начинался (или начнется) любой месяц любого года в XX столетии.

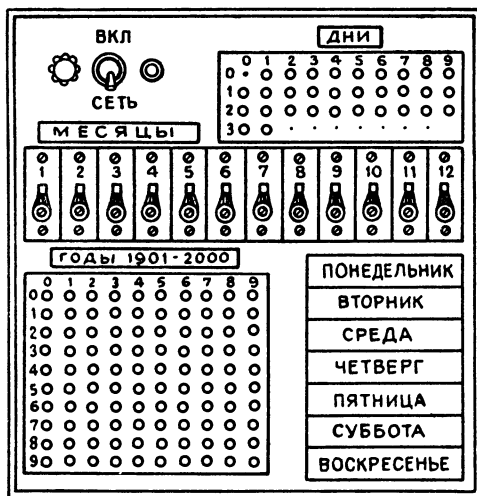
По этим данным нетрудно найти день недели, приходящийся на любое другое число того же месяца. Таблица 2 облегчает выполнение этой задачи. Поясним на примере, как пользоваться этой таблицей. Допустим, нужно узнать, какой день недели приходится на 23 августа 1968 года. С помощью таблицы 1 мы установили, что 1 августа этого года — четверг, т. е. 4-й день недели. Цифру 4 прибавляем к интересующему нас числу месяца:

$$23 + 4 = 27$$

Теперь в таблице 2 находим число 27, оно стоит против пятницы. Значит, 23 августа 1968 года приходилось на пятницу.

Мы убедились, что, используя таблицы 1 и 2, можно определять дни недели для любой даты текущего столетия. При пользовании таким «вечным» табелем-календарем необходимо находить в его строках и столбцах разные числа, сопоставлять их и складывать, т. е. последовательно выполнять определенные логические действия.

На первый взгляд логическая схема информационного автомата, возможно, покажется сложной и громоздкой. Однако, внимательно рассматривая таблицу 1, вы заметите, что каждый 28-летний цикл чередования дней недели в числах календаря состоит из нескольких неполных циклов. Например, такое же распределение дней недели по числам календаря, как в 1925 году, имели 1931 и 1942 годы, находящиеся в одном 28-летнем цикле. То же можно сказать и о 1926, 1937 и 1943 годах, о 1927, 1938 и 1949 годах и т. д. Кроме того, у каждого високосного года в январе и феврале повторяется распределение дней недели, имевшее место 6 лет назад, а в остальных месяцах (с марта по декабрь) это распределение такое же, как 5 лет назад. Благодаря этому уда-



Р и с. 30. Лицевая панель информационной машины «Вечный календарь».

ется сократить число вариантов распределения с 28 до 14, причем 7 из них соответствуют високосным годом, остальные — простым. Существенно упрощается логическая схема информационной машины, она становится вполне доступной для изготовления в любительских условиях.

Информационная машина «Вечный календарь» имеет вид небольшого ящичка, лицевая панель которого изображена на рис. 30. На лицевой панели расположены:

тумблер «Сеть», сигнальная лампочка-индикатор включения машины и предохранитель;

штепсельные коммутаторы и ключи для ввода даты («Дни», «Месяцы» и «Годы»);

световые табло с названиями дней недели.

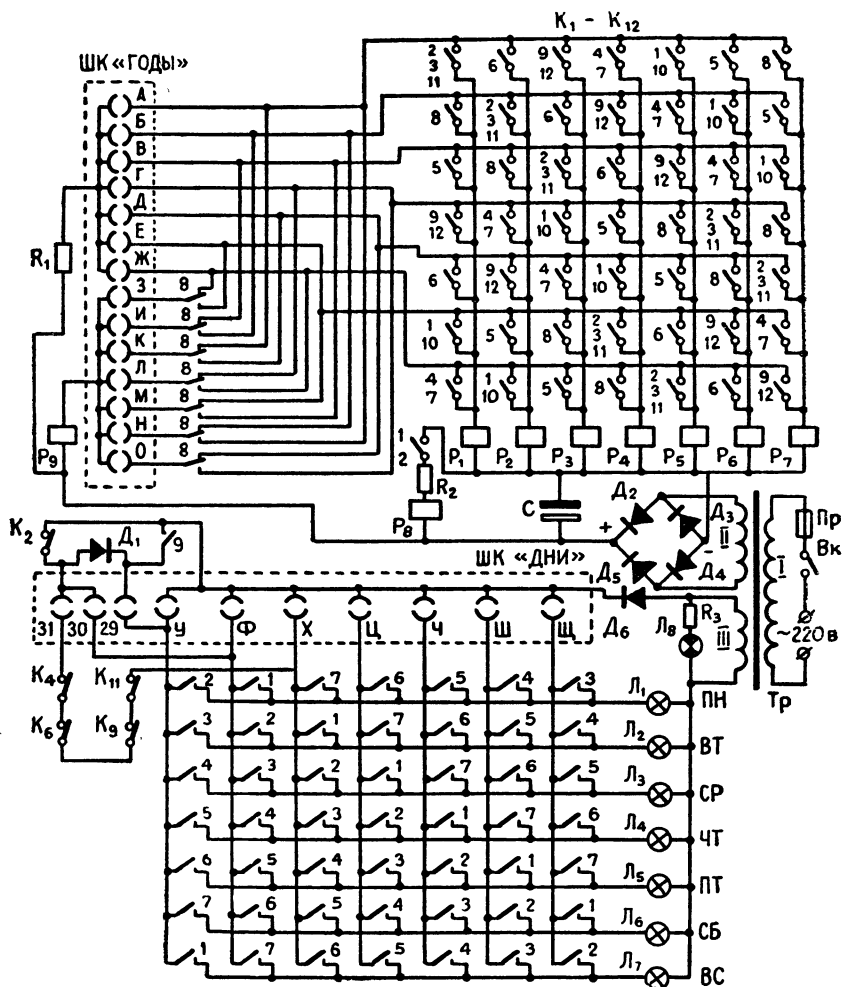
Питание машина получает от электросети переменного тока с напряжением 220 в.

При включении тумблера «Сеть» загорается лампочка-индикатор, сигнализирующая о готовности машины к работе. После этого можно ввести в машину число, месяц и год интересующей нас даты. Число (день месяца) вводится с помощью штекера штепсельного коммутатора «Дни». Этот коммутатор имеет 31 гнездо (по количеству дней в месяце). Гнезда коммутатора расположены горизонтальными рядами по 10 в ряду, в соответствии с декадами месяца. Слева у каждого ряда гнезд и сверху над рядами проставлены цифры, указывающие, какому числу месяца соответствует каждое гнездо. Например, для ввода числа 23 нужно вставить штекер в гнездо, расположенное на пересечении горизонтального ряда, обозначенного цифрой 2, и вертикального столбца, над которым стоит цифра 3.

Месяц вводится включением одного из 12 ключей «Месяцы», пронумерованных в соответствии с порядковыми номерами месяцев календарного года. Например, для ввода месяца августа включается 8-й ключ (август — 8-й месяц).

Год вводится с помощью штекера штепсельного коммутатора «Годы», имеющего 100 гнезд (по числу лет в столетии) — 10 рядов и 10 столбцов. Цифры слева у горизонтальных рядов указывают десятилетия двадцатого века, а цифры сверху над вертикальными столбцами обозначают годы. Например, для ввода 1969 года штекер вставляется в 69-е гнездо, расположенное в 6-м ряду 9-го столбца. Сразу же после введения числа, месяца и года на лицевой панели включается табло, подсвечивающее название дня недели. Так, если введена дата 23 августа 1968 года, то на лицевой панели вспыхивает табло «Пятница».

Для возвращения машины в исходное положение нужно извлечь штекеры из гнезд штепсельных коммутаторов «Дни» и «Годы», вернуть в исходное положение включенный ранее ключ «Месяцы» и выключить тумблер «Сеть».



Р и с. 31. Принципиальная схема информационной машины «Вечный календарь».



Таблица 3

## Распайка контактов штепсельного коммутатора «Годы»

А	—	03	14	25	31	42	53	59	70	81	87	98
Б	—	09	15	26	37	43	54	65	71	82	93	99
В	—	10	21	27	38	49	55	66	77	83	94	—
Г	01	07	18	29	35	46	57	63	74	85	91	—
Д	02	13	19	30	41	47	58	69	75	86	97	—
Е	05	11	22	33	39	50	61	67	78	89	95	—
Ж	06	17	23	34	45	51	62	73	79	90	—	—
З	—	—	—	28	—	—	56	—	—	84	—	—
И	04	—	—	32	—	—	60	—	—	88	—	—
К	08	—	—	36	—	—	64	—	—	92	—	—
Л	12	—	—	40	—	—	68	—	—	96	—	—
М	16	—	—	44	—	—	72	—	—	00	—	—
Н	20	—	—	48	—	—	76	—	—	—	—	—
О	24	—	—	52	—	—	80	—	—	—	—	—

Принципиальная электрическая схема машины приведена на рис. 31. На этой схеме у штепсельного коммутатора ШК «Годы» показано лишь 14 гнезд, которые обозначены буквами А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н и О. В действительности же, как было сказано выше, этих гнезд 100, но контакты многих из них соединены параллельно. Распайка контактов гнезд штепсельного коммутатора ШК «Годы» показана в таблице 3. Согласно

этой таблице, например, параллельно гнездам, обозначенным на схеме буквой А, припаиваются контакты гнезд следующих годов: 1903, 1914, 1925, 1931, 1942, 1953, 1959, 1970, 1981, 1987 и 1998.

У штепсельного коммутатора ШК «Дни» на схеме также показаны только 10 гнезд вместо 31. К контактам, обозначенным буквами У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш и Щ, параллельно присоединяются контакты гнезд в соответствии с таблицей 4.

Контакты двенадцати многопружинных ключей «Месяцы» ( $K_1—K_{12}$ ) и контакты электромагнитных реле  $P_1—P_9$  на схеме пронумерованы в соответствии с номерами этих ключей и реле.

Таблица 4

## Распайка контактов штепсельного коммутатора «Дни»

У	1	8	15	22
Ф	2	9	16	23
Х	3	10	17	24
Ц	4	11	18	25
Ч	5	12	19	26
Ш	6	13	20	27
Щ	7	14	21	28

Некоторые из контактов разных ключей должны быть соединены параллельно. В таких случаях на схеме рядом с изображением контактов указаны не одно, а два или три числа. Например, числа 2, 3 и 11 на схеме у контактов ключа, подключающих гнездо А штепсельного коммутатора ШК «Годы» к обмотке реле  $P_1$ , указывает, что здесь должны быть параллельно соединены контакты ключей  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_{11}$ .

Взаимодействие узлов машины при ее работе удобно проследить по схеме на конкретных примерах. Пусть, например, в машину вводится дата: 12 июля 1967 года. Для ввода числа 12 штекер вставляется в гнездо Ч штепсельного коммутатора ШК «Дни». Для ввода месяца июля включается многополюсный ключ  $K_7$  (июнь — седьмой месяц), причем замыкаются все его контакты. Далее, для ввода 1967 года второй штекер вставляется в гнездо Е штепсельного коммутатора ШК «Годы». При этом образуется замкнутая цепь: «плюс» выпрямителя, резистор  $R_1$ , замкнутые контакты гнезда Е, замкнутые контакты ключа  $K_7$ , обмотка реле  $P_7$ , «минус» выпрямителя. Реле  $P_7$  срабатывает, и его контакты 7 замыкаются. При этом образуется замкнутая цепь: верхний вывод обмотки III трансформатора, диод  $D_6$ , замкнутые контакты гнезда Ч, замкнутые контакты реле  $P_7$ , лампочка  $L_3$ , нижний вывод обмотки III трансформатора. Лампочка  $L_3$  загорается, подсвечивая табло с надписью «Среда».

Рассмотрим еще один пример. Пусть в машину вводится дата: 29 февраля 1968 года. При этом оказываются замкнутыми контакты гнезда 29 штепсельного коммутатора ШК «Дни», контакты ключа  $K_2$  (одна пара контактов этого ключа, связанная с гнездами 30 и 31, размыкается) и контакты гнезда Л штепсельного коммутатора ШК «Годы». Один из контактов ключа  $K_2$  включает обмотку реле  $P_8$ , это реле срабатывает, его контакты 8 переключаются. В это же время образуется замкнутая цепь: «плюс» выпрямителя, обмотка реле  $P_9$ , замкнутые контакты гнезда Л, замкнутые контакты реле  $P_8$ , замкнутые контакты ключа  $K_2$ , обмотка реле  $P_5$ , «минус» выпрямителя. Срабатывают реле  $P_9$  и  $P_5$ . Контакты реле  $P_9$ , замыкаясь, присоединяют диод  $D_6$  к контактам гнезда 29 штепсельного коммутатора ШК «Дни». Контакты реле  $P_5$  замыкают цепь: верхний вывод обмотки III трансформатора, диод  $D_6$ , замкнутые контакты реле  $P_9$ , замкнутые контакты гнезда 29, замкнутые контакты реле  $P_5$ , лампочка  $L_4$ , нижний вывод обмотки III. Лампочка  $L_4$  загорается, подсвечивая табло с надписью «Четверг».

Аналогично взаимодействуют узлы машины при вводе других дат.

В схеме предусмотрен ряд элементов, предотвращающих включение световых табло при ошибочном вводе в машину таких дат, которых не было и не может быть в календаре (например, 30 февраля, 31 апреля, 29 февраля в невисокосные годы и т. п.). Рассмотрим, как это происходит. Контакты ключей  $K_4$ ,  $K_6$ ,  $K_9$  и  $K_{11}$  отключают гнездо 31 штепсельного коммутато-

ра ШК «Дни» при введении месяцев апреля, июня, сентября или ноября (имеющих по 30 дней). Контакты ключа  $K_2$  отключают гнезда 29, 30 и 31 штепсельного коммутатора ШК «Дни» при введении месяца февраля. Если же вводится день февраля високосного года, то гнездо 29, как мы видели выше, оказывается включенным через замкнувшиеся контакты реле  $P_9$ . Диод  $D_1$  предотвращает в этом случае попадание напряжения на контакты гнезд 30 и 31.

Блок питания машины состоит из двух выпрямителей. Первый из них обеспечивает постоянное напряжение 48 в для питания реле  $P_1—P_9$  (каждое из этих реле рассчитано на напряжение 24 в, но в схеме возможно последовательное включение двух реле, поэтому источник питания должен обеспечить 48 в; если же включается только одно из реле  $P_1—P_7$ , то последовательно с ним оказывается включенным балластный резистор  $R_1$ , на который падают остальные 24 в; такую же роль балластного сопротивления для реле  $P_8$  выполняет резистор  $R_2$ ). Выпрямитель питания реле собран по мостовой схеме на диодах  $D_2—D_5$ ; конденсатор  $C$  сглаживает пульсации выпрямленного напряжения.

Второй выпрямитель — однополупериодный, на диоде  $D_6$ . Он создает напряжение 3,5 в для питания ламп  $L_1—L_7$ . Лампочка-индикатор включения  $L_8$  подключена к обмотке III трансформатора до выпрямителя, она питается переменным током. Эта лампочка тоже рассчитана на 3,5 в, поэтому последовательно с ней включен гасящий резистор  $R_3$ . Его сопротивление должно быть равно сопротивлению лампочки (в нагретом состоянии).

Диоды  $D_1—D_6$  — германиевые, типа Д7В или Д7Г, конденсатор  $C$  электролитический, 30 мкф, 150 в. В схеме могут быть использованы нейтральные электромагнитные реле любого типа, имеющие необходимое количество контактных групп, например, реле типа РКН. Реле  $P_9$  должно иметь один нормально разомкнутый контакт, у реле  $P_1—P_7$  должно быть по семь нормально разомкнутых контактов, у реле  $P_8$  — семь переключающихся контактов. При отсутствии реле с таким большим количеством контактных групп можно вместо каждого из реле  $P_1—P_8$  использовать по два или три реле с меньшим числом контактов, включая их обмотки параллельно. Лампочки  $L_1—L_8$  — от карманного фонаря, на 3,5 в, 0,28 а. Ключи  $K_1—K_{12}$  — телефонные, типа КТРО, или какие-либо другие многоконтактные переключатели. Количество необходимых контактов для каждого ключа указано в таблице на стр. 83.

Контакты	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	$K_8$	$K_9$	$K_{10}$	$K_{11}$	$K_{12}$
Нормально открытые	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Нормально закрытые	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	1	—

Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  должны иметь сопротивления, равные сопротивлению обмотки реле. Резистор  $R_3$  — 15  $\Omega$  (при использовании в качестве  $L_8$  лампочки от карманного фонаря 3,5 в, 0,28 а). Штепсельные коммутаторы ШК «Дни» и ШК «Годы» — самодельные. Их конструкция должна быть такой, чтобы при введении штекера в гнездо надежно замыкались соответствующие контакты. Вместо штепсельных коммутаторов можно использовать систему кнопочных выключателей, тумблеров или несколько ламповых панелек, но при этом лицевая панель машины станет более громоздкой и менее удобной в работе. Выключатель Вк — однополюсный тумблер.

Основные узлы машины размещаются на горизонтальном шасси и вертикальной лицевой панели, которые жестко соединены между собой. Шасси изготавливается из листового железа или алюминия, на нем устанавливаются реле  $P_1$  —  $P_9$  и блок питания: трансформатор, диоды  $D_2$  —  $D_6$  и конденсатор С. Лицевая панель может быть тоже металлической, но более изящный вид машине придает панель из текстолита толщиной 4—5 мм. Ключи  $K_1$  —  $K_{12}$ , штепсельные коммутаторы и полупрозрачные пластинки из оргстекла, прикрывающие световые табло, крепятся к лицевой панели. Надписи «Дни», «Месяцы» и «Годы» можно выгравировать на панели или написать на плотной бумаге, прикрепив пластинками из оргстекла. В левом верхнем углу лицевой панели устанавливается выключатель «Сеть», лампочка-индикатор  $L_8$  и патрончик предохранителя.

## РАЗВЛЕЧЕНИЯ НЕ БЕЗ ПОЛЬЗЫ

Субботний вечер... К вам пришли друзья, приятели, и всем хочется немножко развлечься. Уже рассказаны последние новости, спето несколько песен под аккомпанемент гитары, выключен магнитофон: любители модной «Летки-Еньки» и вечно молодого вальса в меру «поработали ногами» и теперь устроились

поудобнее — на диване, за столом, у окна. Неторопливо течет разговор, то разбиваясь на отдельные беседы двух-трех рядом сидящих, то вновь становясь всеобщим...

«А не сыграть ли нам «в мнения»?» — предлагает в такой момент кто-либо из присутствующих.

«Игра в мнения» — развлечение, давно известное в нашей стране и за рубежом. Различные варианты этой игры пользуются большой популярностью у молодежи.

Мы советуем вам предложить друзьям в виде развлечения другую игру — «в вопросы и ответы». Эта шутивная игра похожа на «игру в мнения», и в то же время сильно отличается от нее: в той игре мнение о характере участника игры складывается из того, что о нем говорят все другие, здесь же каждый сам рассказывает о своих склонностях, приоткрывает особенности своего характера. Между прочим, такие игры — деликатный способ напомнить кое о каких полезных вещах, а также «потренировать» чувство юмора, которое, безусловно, есть у ваших друзей.

В игре предлагается 12 вопросов, на каждый из которых нужно ответить «да» или «нет». Пусть все участники игры последовательно ответят на вопросы. Если ответ утвердительный, ставьте против соответствующего вопроса знак «плюс», если отрицательный — «минус». (Нами использованы материалы, взятые из журнала «Наука и жизнь».)

#### ЧТО ДУМАЮТ О ВАС ОКРУЖАЮЩИЕ?

1. Если у вас случаются неприятности на работе, рассказываете ли вы о них дома?

2. Когда дочь или сын попросит вас решить трудную задачу, сразу ли вы соглашаетесь помочь?

3. Когда вы проходите через свой двор, радует ли вас вид играющих там детей или их громкие голоса вас раздражают?

4. Приглашаете ли вы на свой день рождения сослуживцев?

5. Часто ли вы говорите своей жене (мужу), что товарищи по работе раздражают вас?

6. Любите ли вы один (одна) ходить в кино?

7. Любите ли вы, когда к вам приходят гости?

8. Свойственно ли вам знакомиться в трамвае, автобусе, поезде, на выставке и т. п.?

9. Охотно ли вы участвуете в прогулках с большим количеством людей?

10. Нравится ли вам работать в учреждении с большим штатом сотрудников?

11. Радует ли вас встреча с бывшим одноклассником?

12. Можете ли вы отказаться от интересной телевизионной передачи или от чтения увлекательной книжки ради разговора с хорошим товарищем по работе?

После того как все участники игры ответили на вопросы, можно приступить к «научной обработке» собранной информации. Для этого нужно подсчитать количество плюсов, поставленных каждым из играющих. Если у вас получилось 10—12 плюсов, вы необыкновенно общительный и всеми любимый человек. Однако стоит задуматься над тем, не возникает ли такая общительность за счет отказа от многих индивидуальных черт.

Результат 7—9 плюсов означает, что вы хорошо ладите со всеми. Если у вас получилась общая сумма меньше 7 плюсов, то дела плохи. Значит, вы не любите общества людей. Необходимо изменить свое поведение, иначе люди будут избегать вас.

Итак, прочтите вслух для всех присутствующих оценки, получившиеся для каждого из участников игры. Возможно, оценки вызовут споры и разногласия. Но пусть ваши друзья не обижаются: во-первых, игра — шутка, во-вторых, материал для оценок каждый дал сам, отвечая на вопросы.

«Научную обработку» информации в описанной игре может с успехом выполнять простая информационно-логическая машина-автомат с несложной контактной схемой, в которой для ввода исходных данных (ответов «да» или «нет») используются двухпозиционные переключатели, а выдача суждений о характере опрашиваемого осуществляется путем подсвета электрическими лампочками надписей на табло.

На наклонной части лицевой панели машины расположены 12 переключателей (тумблеров).

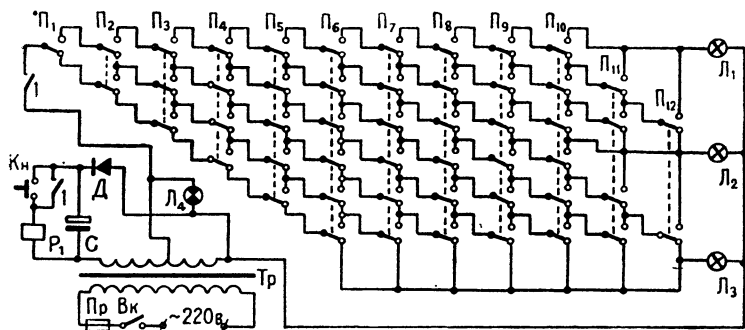
К каждому прикреплен табличка с вопросом. Отвечая на них, опрашиваемый должен установить каждый из переключателей в правое положение («да») или в левое («нет»). На вертикальной части лицевой панели расположены органы управления машины (выключатель сети, лампочка-индикатор включения и кнопка «Ответ»), а также три световых табло.

На рис. 32 приведена принципиальная схема машины. В ней можно выделить следующие основные узлы:

переключатели  $P_1 — P_{12}$  для ввода ответов на вопросы (они имеют от одной до шести переключающих контактных групп; нижние положения переключателей соответствуют ответам «нет», верхние положения — ответам «да»);

лампочки  $L_1 — L_3$ , каждая из которых подсвечивает одно из трех табло с приведенными выше суждениями о характере и склонностях участника игры, отвечавшего на вопросы;

электромагнитное реле  $P_1$ , управляющее включением лампочек подсвета табло;



Р и с. 32. Принципиальная схема информационной машины «Мнение».

органы управления: выключатель сети  $Вк$ , предохранитель  $Пр$ , лампочка-индикатор  $Л_4$  и кнопка «Ответ»  $Кн$ ;

блок питания, состоящий из трансформатора  $Тр$  и выпрямителя для питания реле.

Тексты надписей на табло следующие:

1. Вы необыкновенно общительный и всеми любимый человек. Однако стоит задуматься над тем, не возникает ли такая общительность за счет отказа от многих индивидуальных черт.

2. Вы общительный человек, хорошо ладите со всеми.

3. Вы не любите общества людей. Необходимо изменить свое поведение, иначе люди будут избегать вас.

Надписи на табло должны быть сделаны так, чтобы их можно было прочесть лишь при включенных лампочках подсвета.

Напряжение на лампочки  $Л_1$ ,  $Л_2$  и  $Л_3$  подводится через контакты переключателей  $П_1—П_{12}$ . Эти контакты образуют несколько параллельных цепей, в каждой из которых группа контактов соединена последовательно. Если опрашиваемый участник игры перевел в верхнее положение не менее десяти переключателей (т. е. ответил «да» не менее чем на 10 вопросов из 12), то к источнику тока оказывается подключенной лампочка  $Л_1$ . При нажатии кнопки  $Кн$  «Ответ» срабатывает и становится на самопитание реле  $Р_1$ , его контакт замыкает цепь питания лампочки  $Л_1$ , и она загорается, подсвечивая табло с надписью 1. Если в верхнее положение переведено 9, 8 или 7 переключателей, то аналогично включается лампочка  $Л_2$ , подсвечивая надпись на табло 2. Наконец, если в верхнее положение переведено менее семи переключателей (т. е. опрашиваемый менее чем на

семь вопросов ответил утвердительно), то включенной оказывается лампочка  $L_3$ , подсвечивающая табло с надписью 3.

Например, пусть опрашиваемый ответил утвердительно на 1, 2, 4, 5, 7, 9 и 12-й вопросы. В этом случае переключатели  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_7$ ,  $P_9$  и  $P_{12}$  переведены в верхнее положение, а остальные остались в нижних положениях. При нажатии кнопки  $K_n$  «Ответ» напряжение поступает на лампочку  $L_2$ .

Для возврата схемы в исходное положение нужно отключить выключатель сети и вернуть в исходное состояние все переключатели. После этого при включении выключателя сети  $B_k$  загорается лампочка-индикатор  $L_4$ , и машина снова готова к действию.

В описанной модели информационно-логической машины применены следующие детали и узлы: переключатели  $P_1 - P_{12}$  — телефонные ключи типа КТРО (как видно из схемы рис. 32, нужны ключи с различными количествами переключающих контактов от одного до шести), реле  $P_1$  — типа РСМ-1, лампочки  $L_1 - L_4$  — от карманного фонаря на 3,5 в, 0,26 а. Кнопка  $K_n$  — модельная. В блоке питания используется трансформатор, обеспечивающий получение напряжения 3,5 в для питания лампочек  $L_1 - L_4$  (переменный ток), а также получение напряжения 24 в для питания реле (постоянный ток); выпрямитель — однополупериодный, он состоит из диода типа Д7В и электролитического конденсатора  $C$  на 30 мкф, 50 в. Выключатель  $B_k$  — однополюсный тумблер.

В описанной модели информационно-логической машины конструкцию лицевой панели можно выполнить так, чтобы таблички с вопросами и надписи-ответы на световых табло были сменными. Это позволит менять программу и содержание игры. Приведем в виде примера еще один вариант игры «в вопросы и ответы», пригодный для описанной машины.

### ХОРОШИЙ ЛИ ВЫ ВОСПИТАТЕЛЬ?

Каждый из участников игры должен ответить последовательно на следующие 12 вопросов, причем отвечать нужно «да» или «нет».

1. Даете ли вы ребенку деньги на мелкие расходы?
2. Если вы отказываете в чем-нибудь ребенку, объясняете ли вы причину отказа?
3. Позволяете ли вы детям помогать вам по хозяйству, даже зная, что пользы от этой помощи мало или совсем нет?
4. Пользуетесь ли вы всяким случаем, чтобы способствовать развитию наблюдательности у ребенка?
5. Читаете ли вы книги по воспитанию?
6. Считаете ли вы, что даже самые маленькие имеют право на свои тайны?



7. Стараетесь ли вы способствовать тому, чтобы у детей развивалось чувство независимости и уверенности в себе?

8. Умеете ли вы разделить радость ребенка?

9. Охотно ли вы проводите свое свободное время с детьми?

10. Умеете ли вы сказать так, чтобы вас тотчас же послушались?

11. Если ваш ребенок раскапризничался, способны ли вы сохранить полное спокойствие?

12. Легко ли вы завязываете дружбу с товарищами ваших детей?

При обработке результатов опроса предлагаются следующие оценки-суждения:

Менее 7 утвердительных ответов. Строгость — не единственный элемент хорошего воспитания. С вашими принципами вам трудно будет сделать ребенка веселым и уравновешенным человеком.

7—9 утвердительных ответов. Принципы у вас в общем-то правильные. Но не кажется ли вам, что быть только логичным — недостаточно, надо еще быть реалистичным?

10 и более утвердительных ответов. Ваше терпение и понимание детской психологии, безусловно, увенчаются успехом. Думается, что те, кто считает вас хорошим воспитателем, правы.

Разумеется, категоричность этих оценок и суждений так же спорна, как и в предыдущем примере игры «в мнения», но мы еще раз напоминаем, что это игра-шутка. К тому же вы имеете право не согласиться с теми взглядами на воспитание, которые выражены в этих оценках за ответы.

Внимательный читатель, вероятно, сообразил, что описанная выше простая информационно-логическая машина пригодна для использования не только во время игры «в мнения». Она способна быстро и в общем-то объективно оценивать в трехбалльной системе (отлично, удовлетворительно, неудовлетворительно) ответы опрашиваемого на 12 вопросов любого содержания. Поэтому такая машина может быть строгим и объективным экзаменатором при проверке знаний учащихся. Мы еще вернемся к этой функции информационно-логических машин в главе «Кибернетика помогает учиться», где расскажем и о других типах информационно-логических машин, выступающих на педагогическом поприще. А сейчас вернемся к игре «в мнения» и рассмотрим еще один вариант, а также более сложную информационно-логическую машину, которая способна выполнять автоматически «обработку информации» в этой игре.

## КОЕ-ЧТО О ВАШЕМ ХАРАКТЕРЕ

Всем участникам игры предлагаются три серии вопросов, на каждый из которых они должны ответить «да» или «нет». Вот эти вопросы.

А. 1. Употребляете ли вы грубые слова, разговаривая с людьми, которых это шокирует?

2. Любите ли вы похвастаться накануне экзамена, что все отлично знаете?

3. Бывает ли у вас желание во что бы то ни стало поразить друзей оригинальностью?

4. Доставляет ли вам удовольствие высмеивать мнение других?

5. Имеете ли вы обыкновение читать нотации, делать замечания и т. п.?

*Б.* 1. Предпочитаете ли вы профессии артиста, телевизионного диктора профессиям инженера, лаборанта, библиографа?

2. Чувствуете ли вы себя непринужденно в обществе малознакомых людей?

3. Предпочитаете ли вы заняться вечером спортом, вместо того чтобы посидеть спокойно дома за книгой?

4. Способны ли вы хранить секреты?

5. Любите ли вы праздничную атмосферу?

*В.* 1. Строго ли соблюдаете вы в ваших письмах правила пунктуации?

2. Готовитесь ли вы заранее к воскресным развлечениям?

3. Можете ли вы точно отчитаться в своих покупках и расходах?

4. Любите ли вы наводить порядок?

5. Свойственна ли вам мнительность?

Обработка полученной информации после ответа участников игры на все вопросы производится так. Если участвующий в игре на большинство вопросов какой-нибудь серии ответил «да», ставьте индекс этой серии (*А*, *Б* и *В*). Если на большинство вопросов он ответил «нет», то ставьте вместо индекса серии *О*. Таким образом, для каждого участника игры вы получите сочетание из трех букв, например *АОВ* или *ОБО*. В зависимости от получившихся буквосочетаний можно высказать следующие предположения о характере того, кто отвечал на вопросы:

*ООО*. Вас привлекает все новое, у вас пылкое воображение, однообразие вам в тягость. Но мало кто доподлинно знает ваш характер. Вас считают человеком спокойным, тихим, довольным своей судьбой, тогда как в действительности вы стремитесь к жизни, наполненной яркими событиями.

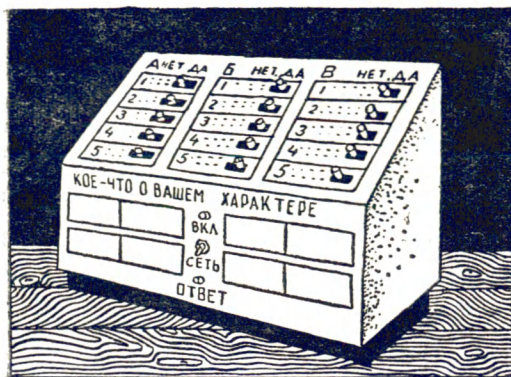
*АОО*. Вы склонны высказывать и яростно защищать весьма парадоксальные мнения. Поэтому у вас немало противников, даже друзья вас не всегда понимают. Но вас это мало волнует. Очень жаль!

*АБО*. Оказывается, вы большой оригинал и любите удивлять друзей. Если кто-нибудь даст совет, вы сделаете все наоборот только ради того, чтобы посмотреть, что из этого получится. Вас это забавляет, а других раздражает. Только самые близкие ваши друзья знают, что вы вовсе не столь самоуверены, как это кажется.

*АБВ*. Вы энергичны, всюду чувствуете себя на своем месте, всегда владеете собой. Вы общительны. Но похоже, что вы любите общество друзей только при условии, что вы играете в нем главную роль. Окружающие признают ваш авторитет, так как в ваших суждениях всегда есть большая доза здравого смысла. Но тем не менее ваше стремление вечно поучать утомляет окружающих.

*ОБВ*. Вы сдержанны, но не робки, веселы, но в меру, общительны, вежливы со всеми. Вы привыкли, что вас часто хвалят. Вы хотели бы, чтобы вас любили без всяких усилий с вашей стороны. Без общества людей вам не по себе. Вам приятно делать людям добро. Но вас можно упрекнуть в некоторой склонности к витанию в облаках.

*СОВ*. Скорее всего, вы человек застенчивый. Это видно, когда вам приходится иметь дело с незнакомыми людьми. Самим собой вы бываете только в кругу семьи или ближайших друзей. В присутствии посторонних вы чувствуете-



Р и с. 33. Внешний вид информационно-логической машины.

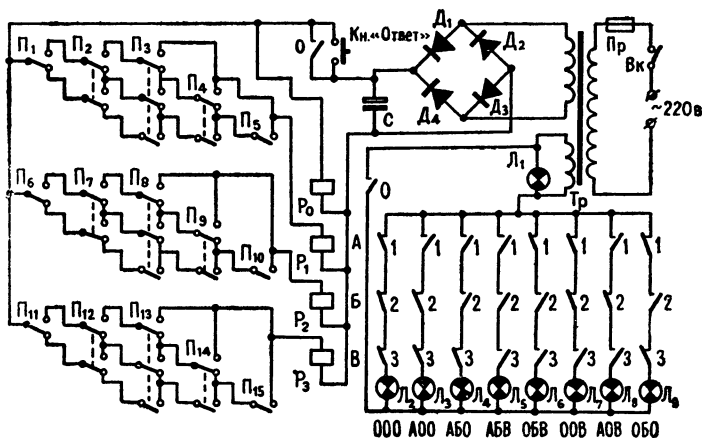
круг себя. Как только вы остаетесь один, все пропало! Вам трудно даже запереться в комнате, чтобы написать какую-либо важную бумагу. В вас очень силен дух противоречия: вам постоянно хочется сделать что-нибудь не так, как другие делают. Иногда вы поддаетесь такому порыву, но большей частью сдерживаетесь.

«Научную обработку» информации в описанной игре может также выполнить информационно-логическая машина, но устрой-

те себя скованно, но стараетесь скрыть это. Вы добросовестны, трудолюбивы, у вас есть много хороших замыслов, идей, проектов, но из-за своей скромности вы нередко остаетесь в тени.

**АОВ.** Характер у вас довольно трудный. Вы крайне неуступчивы, у вас недостаточно развито чувство юмора, вы не переносите шуток. Вы часто критикуете чужие действия и заставляете других поступать на свой лад. А если вам не подчиняются, вы начинаете злиться. Поэтому у вас мало друзей.

**ОБО.** Вы очень общительны, любите встречаться с людьми, собирать их во-



Р и с. 34. Принципиальная схема информационно-логической машины.

ство такой машины оказывается более сложным, чем устройство машины, описанной выше. Впрочем, основной принцип действия — тот же. На рис. 33 показан внешний вид такой машины. На наклонной плоскости лицевой панели расположены три группы переключателей (по 5 в каждой группе). Рядом с каждым переключателем прикреплена табличка с вопросом. Отвечая на вопросы, опрашиваемый должен установить каждый из переключателей в то положение, которое соответствует выбранному ответу («да» или «нет»). На вертикальной части лицевой панели расположены органы управления (выключатель сети, лампочка-индикатор включения и кнопка «Ответ»), а также восемь световых табло.

На рис. 34 приведена принципиальная схема машины. В этой схеме можно выделить следующие основные узлы:

переключатели  $P_1 — P_{15}$  для ввода ответов на вопросы (нижние положения переключателей соответствуют ответам «нет», верхние положения — ответам «да»);

лампочки  $L_2 — L_9$ ; каждая лампочка подсвечивает одно из восьми табло с приведенными выше текстами суждений о характере и склонностях участника игры, отвечавшего на вопросы;

электромагнитные реле  $P_0 — P_3$ , управляющие включением лампочек подсвета табло;

блок питания, состоящий из трансформатора  $Tr$ , выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах  $D_1 — D_4$ , и конденсатора  $C$ , сглаживающего пульсации выпрямленного напряжения;

органы управления и сигнализации: выключатель сети  $B_k$ , предохранитель  $Pr$ , лампочка-индикатор включения сети  $L_1$  и кнопка  $K_n$  «Ответ».

Напряжение к обмоткам реле  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  подводится через контакты переключателей  $P_1 — P_5$ ,  $P_6 — P_{10}$  и  $P_{11} — P_{15}$  соответственно. Контакты переключателей соединены таким образом, чтобы каждое реле срабатывало лишь в тех случаях, когда в верхние положения переводятся не менее трех из пяти переключателей, т. е. если опрашиваемый ответил «да» на большинство вопросов данной серии (при ответах «нет» на три и более вопросов этой серии реле не срабатывает, так как цепь питания его обмотки остается разомкнутой). Если обозначить сработавшие реле индексами  $A$ ,  $B$  и  $C$  соответственно, а каждое из несработавших реле — индексом  $O$ , то различные комбинации сработавших и отключенных реле  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  дадут восемь вариантов буквосочетаний, рассмотренных выше:  $OOO$ ,  $AOO$ ,  $ABO$ ,  $ABB$ ,

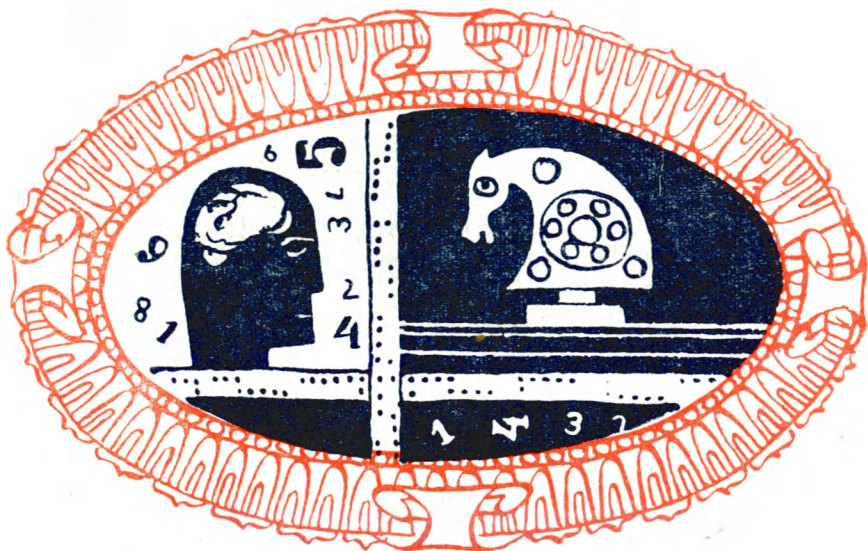
ОБВ, ООВ, АОВ и ОБО. Каждому из этих вариантов соответствует включение (через контакты реле  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ ) одной из лампочек  $L_2 — L_9$ , подсвечивающих надписи на табло.

Рассмотрим взаимодействие узлов нашей информационно-логической машины на каком-либо конкретном примере. Пусть, например, опрашиваемый ответил положительно на 1, 3, 4, 9 и 10-й вопросы, т. е. переключатели  $П_1$ ,  $П_3$ ,  $П_4$ ,  $П_9$ ,  $П_{10}$  были переведены в верхние положения, а остальные переключатели остались в нижних положениях. При нажатии кнопки  $Кн$  («Ответ») напряжение поступает только на обмотку реле  $P_1$ , и это реле срабатывает, а реле  $P_2$  и  $P_3$  остаются отключенными (получаем буквосочетание АОО). Одновременно срабатывает реле  $P_0$ , его контакты блокируют кнопку  $Кн$  и подают напряжение на лампочку  $L_3$ , подсвечивающую табло с текстом АОО.

Для возврата схемы машины в исходное состояние нужно лишь кратковременно отключить выключатель сети  $Вк$ . После этого при включении выключателя загорается лампочка-индикатор  $L_1$ , и машина снова готова к действию.

В описанной информационно-логической машине использованы следующие детали и узлы: переключатели  $П_1 — П_{15}$  — телефонные ключи типа КТРО (как видно из схемы рис. 34, нужны однополюсные, двухполюсные и трехполюсные переключатели), реле  $P_0$  — типа РСМ-1, реле  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$  — типа РКН (разумеется, можно применить и другие типы реле, имеющие надлежащее число контактных групп); лампочки  $L_1 — L_9$  — от карманного фонаря на 3,5 в, 0,26 а. Кнопка  $Кн$  самодельная. Блок питания машины состоит из трансформатора  $Тр$  и выпрямителя, собранного по мостовой схеме. В схеме выпрямителя использованы диоды типа Д7В и конденсатор (электролитический) емкостью 50 мкф, 150 в. Блок питания обеспечивает напряжение 3,5 в переменного тока для питания лампочек и напряжение 24 в постоянного тока для питания релейной схемы.





## С Е Р Ь Е З Н Ы Е      З А Б А В Ы

*...В грошовую игру нельзя много выиграть, все это так; но... Все на свете начинается грошовым делом, а смотришь, маленькая игра как раз кончилась большой.*

*Н. В. Гоголь*

*Теория игр и кибернетика суть просто основания теории того, как проложить Ваш Собственный Путь.*

*У. Росс Эшби*

### ИГРЫ НА КАЖДОМ ШАГУ

Когда лет 15 назад на страницах газет и журналов стали появляться сообщения о создании электронных кибернетических машин, способных играть в домино, шашки и шахматы, читатели по-разному воспринимали и оценивали эти известия. Одни, удивленно всплескивая руками, говорили: «Подумать только! До чего дошла техника!» Другие, не в меру серьезные люди,

пожимали плечами: «Неужели ученым больше делать нечего?» — «Что вы,—возражали им третьи, не столь серьезные.— Пусть забавляются. Надо же и ученым отдохнуть после напряженной работы!»

Невдомек было и тем, и другим, и третьим, что разработка и конструирование играющих машин-автоматов — это работа, напряженная, серьезная и очень важная. Игровые задачи давно привлекают внимание математиков. В последние десятилетия даже развивается новое направление в математике — теория стратегических игр, рассматривающая так называемые «конфликтные ситуации», то есть такие ситуации, в которых сталкиваются противоположные интересы двух или большего числа играющих.

Дело в том, что под игрой можно понимать вообще всякий вид соревнования с определенной системой правил, условий и ограничений, в соответствии с которыми действуют участники игры, добиваясь выигрыша. А под такое определение подходят не только игры в домино, шашки и шахматы, карточные и другие азартные игры, но и спортивные соревнования, и военные операции, и экономические взаимоотношения предприятий и многое другое. Противостоят ли деятельности человека в конфликтных ситуациях интересы других людей или стихийные силы природы, с точки зрения теории игр это не меняет существа дела.

Вот над постелью больного склонились врачи. Идет борьба за его жизнь. Удастся ли победить болезнь и вырвать больного из объятий смерти? Это зависит от знаний и опыта врачей, от того, смогут ли они выбрать наилучший для данного случая способ лечения, наиболее эффективно применить лекарства, другими словами, от выработанной ими стратегии и тактики в этой игре — борьбе с болезнью.

Вот учитель объясняет на уроке неугомонным пятиклассникам премудрости школьной арифметики. Добьется ли педагог успеха в обучении, или ребята сегодня так и не поймут, каким образом следует выполнять умножение дроби на целое число? Обучение и воспитание — это тоже игра, и учитель «выиграет», если он сумеет отыскать в своем методическом и педагогическом арсенале оптимальные стратегические приемы и умело их применит.

А разве не являются своего рода играми взаимодействие ставара с печью, экономиста с планом, диспетчера с огромным автохозяйством? Во всех этих примерах человек стремится к максимальному выигрышу, а объекты (или силы природы), с которы-

ми он имеет дело, «сопротивляются», затрудняют игру и победу многообразием ответных «ходов», самой своей сложностью и сложным поведением.

При внимательном рассмотрении можно найти все основные признаки конфликтных ситуаций и игр там, где ученый исследует новое, не изученное еще явление природы, где капитан ведет корабль по бурному морю в штормовую погоду, где любитель-рыболов терпеливо следит за поплавком своей удочки, и в тысячах других, самых разнообразных случаях жизни. «Играет» истец с ответчиком в суде (вспомните выражение «выиграть судебный процесс»), продавец с покупателем на рынке, актер со зрителями в театре и даже... писатель со своими читателями на страницах книги.

Да, дорогой читатель, мы с вами сейчас тоже участвуем в своеобразной стратегической игре, а в наших отношениях, с точки зрения теории игр, налицо конфликтная ситуация. Это очень удачно подметил американский математик Дж. Вильямс, который в своей популярной книге «Совершенный стратег» писал в свойственном ему шутовском тоне: «Интересы читателя и автора противоположны, конечно, не в острой форме, но тем не менее определенно противоположны. Ведь мы (авторы) надеемся вовлечь вас (читателя) в тяжкий процесс мыслительной работы, в то время как вы, рассудительный человек, у которого достаточно много других забот, жаждете лишь отдыха и удовлетворения своего любопытства».

Для достижения своей цели в этой игре с читателем авторы используют все доступные им стратегические средства и приемы: увлекательность сюжета, оригинальность манеры изложения, занимательность иллюстраций и прочее. В свою очередь, стратегия читателя тоже может быть различной. Он может вовсе не читать книгу, которая случайно попала ему на глаза, может лишь полистать ее, бегло просмотреть картинки, может заинтересоваться лишь отдельными главами или отрывками... Но если авторам этой книги удастся «заставить» читателя прочесть ее от начала до конца, да еще и заняться постройкой описанных здесь кибернетических самоделок, то их (т. е. авторов) можно поздравить с победой.

Разумеется, у авторов этой книги есть основания полагать, что и читатель при этом не останется в проигрыше: наша игра с вами, дорогой читатель, относится к так называемым неантагонистическим играм, т. е. к таким, в которых один из игроков добывается выигрыша не за счет проигрыша своих партнеров.



В отличие от них, в антагонистических играх каждый из игроков стремится к максимальному выигрышу за счет максимального проигрыша остальных. Таковы, например, всевозможные азартные игры, многие спортивные игры и состязания, войны.

### **ИГРЫ БЫВАЮТ РАЗНЫЕ...**

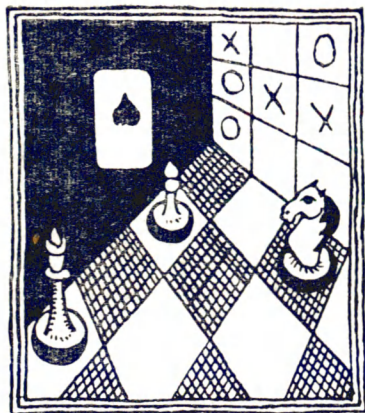
Мы разделили все игры на антагонистические и неантагонистические, исходя из такого признака, как отношение игроков к исходу игры. Различают игры и по другим признакам. По числу ходов игры подразделяются на конечные (т. е. заканчивающиеся после конечного числа ходов) и бесконечные. По количеству участников игры делятся на игры одного лица (например, карточные пасьянсы, «солитер», «игра в пятнадцать» и т. п.), парные игры — с двумя участниками (например, шашки, шахматы, фехтование, бокс) и множественные — с тремя и более участниками (домино, некоторые карточные игры). В некоторых множественных играх участники игры образуют коалиции. При наличии двух постоянных коалиций множественная игра фактически превращается в парную. Так, например, игра в домино является коалиционной игрой, если четыре игрока группируются попарно.

Различаются игры и по сумме выигрыша. В шахматах, домино, многих карточных играх один игрок выигрывает то, что проигрывают остальные; общая сумма выигрыша всех игроков равна нулю. Поэтому такие игры называются играми с нулевой суммой. На войне, охоте, рыбной ловле выигрыш одного и проигрыш другого не равны — эти игры называются играми с ненулевой суммой.

Важной характеристикой игры является характер и объем сведений о ходе игры, которыми располагает каждый из ее участников. Если каждый из игроков полностью осведомлен о состоянии игры на всех ее этапах и знает в каждый момент все ресурсы и возможности своих противников (игра ведется «в открытую»), то такая игра называется игрой с полной информацией. К таким играм относятся, например, шашки, «крестики и нолики».

Имеются и другие игры, в которых информация о ходе игры неполная, ее участники не знают точно сил и возможностей противника (например, неизвестно, как распределились карты или косточки домино в начале игры, неизвестно, какие виды оружия применит противник во время боя и т. д.). Эти игры носят название игр с неполной информацией.

Среди игр много таких, в которых исход случаен и не зависит от поведения игроков. Эти игры называются случайными. Например, игра в «орлянку» (бросание монеты) — типичная случайная игра, так как ни один из игроков не может здесь повлиять своим поведением на результат — выпадение «орла» или «решки». Все ходы игроков в таких играх случайные. В других играх, наоборот, нет никаких случайностей, и результат полностью определяется поведением игроков, их личными ходами. К числу таких игр



можно отнести шашки и шахматы, многие спортивные игры и соревнования. Такие игры называются детерминированными.

Наконец, существуют игры смешанного типа, в которых исход определяется отчасти случайными факторами, а отчасти — поведением игроков. Например, в большинстве карточных игр тасовка и сдача карт является случайным фактором, влияющим в какой-то мере на исход игры; но после того как карты сданы, дальнейший ход и результат игры зависят от поведения играющих.

Итак, в теории каждая игра может быть охарактеризована рядом признаков и отнесена в зависимости от этого к определенному классу. Например, шахматы — это антагонистическая конечная парная детерминированная игра с нулевой суммой и полной информацией.

Разумеется, теория игр не ограничивается их классификацией. «Сортировка» игр нужна лишь для того, чтобы легче было для однотипных игр найти общие методы их решения — выработать рекомендации по наиболее рациональному образу действий игрока в ходе развития конфликтной ситуации. Именно в этом и заключается основная цель теории игр.

Теория игр — сравнительно молодое направление в науке. Хотя начало этому направлению было положено в работах математиков Э. Бореля и Дж. фон Неймана еще в 20-х годах этого столетия, особенно интенсивно оно стало разрабатываться после 1944 года, когда Дж. фон Нейман и О. Моргенштерн опубликовали первое систематическое и фундаментальное исследование

по теории игр — книгу «Теория игр и экономическое поведение», в которой были сформулированы основные принципы научного анализа действий в конфликтных ситуациях. В наши дни круг применения теории игр быстро расширяется, достижения этой науки находят многообещающие приложения в самых различных областях деятельности человека.

### КТО ПОБЕДИТ?

Самым простым и вместе с тем наиболее хорошо изученным классом игр являются парные конечные игры с нулевой суммой. В таких играх интересы игроков прямо противоположны, выигрыш одного из них равен проигрышу другого. Поэтому здесь можно рассматривать выигрыш только одного игрока, считая, что этот игрок стремится к достижению его максимума, в то время как второй игрок старается свести этот выигрыш к минимуму.

Рассмотрим пример такой игры.

Пусть каждый из игроков —  $A$  и  $B$  — одновременно и независимо друг от друга называет одно из трех чисел: 1, 2 или 3. Если сумма названных ими чисел оказывается четной, то игрок  $B$  должен уплатить игроку  $A$  эту сумму в рублях; если же она нечетная, то, наоборот,  $A$  платит  $B$  эту сумму.

Очевидно, что эта игра детерминированная (каждый из игроков, называя выбранное число, делает личный ход, случайностей в игре нет). Ясно также, что она принадлежит к играм с неполной информацией (выбирая свой ход, каждый игрок не знает, какой ход сделает противник). Игрок  $A$  может выбрать один из трех вариантов хода, или, как говорят, у него есть три стратегии:

$A_1$  — назвать число 1,  
 $A_2$  — назвать число 2,  
 $A_3$  — назвать число 3.

У игрока  $B$  тоже имеются три аналогичные стратегии:

$B_1$  — назвать число 1,  
 $B_2$  — назвать число 2,  
 $B_3$  — назвать число 3.

Все возможные результаты игры для различных стратегий, выбранных игроками  $A$  и  $B$ , а также соответствующие выигрыши игрока  $A$  удобно представить в виде следующей таблицы (она называется «матрицей игры»):

$B \backslash A$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$A_1$	2	-3	4
$A_2$	-3	4	-5
$A_3$	4	-5	6

Здесь на пересечении каждой пары стратегий игроков  $A$  и  $B$  записан выигрыш, который игрок  $B$  платит игроку  $A$  в результате игры (конечно, если этот выигрыш отрицателен, то это значит, что на самом деле игрок  $A$  платит игроку  $B$ ). Например, если игрок  $A$  воспользуется стратегией  $A_3$  (назовет число 3), а игрок  $B$  выберет стратегию  $B_2$  (назовет число 2), то в результате сумма названных чисел окажется нечетной и равной 5. В таблице число  $-5$  на пересечении третьей строки и второго столбца указывает, что в этом случае выигрыш игрока  $A$  составит  $-5$  руб., т. е. он проиграет игроку  $B$  5 рублей.

Игрокам известны все возможные исходы игры. Какую же стратегию наиболее рационально избрать каждому из них?

Нетрудно сообразить, что на любую из стратегий, выбранных игроком  $A$ , его противник может ответить наихудшим для  $A$  образом. Так, например, для игрока  $A$  весьма соблазнительно воспользоваться стратегией  $A_3$ , которая сулит ему выигрыш 6 руб. или, по крайней мере, 4 руб. (в случаях применения игроком  $B$  стратегии  $B_3$  или  $B_1$  соответственно). Но если при этом игрок  $B$  выберет стратегию  $B_2$ , то для игрока  $A$  дело обернется крупным проигрышем в 5 руб. Аналогично, выбирая стратегии  $A_1$  или  $A_2$ , игрок  $A$  также не может быть уверен в выигрыше. Разумеется, в таком же затруднительном положении находится и игрок  $B$ , который не знает, как сыграет  $A$ .

В «умной» и осторожной игре без азарта, авантюризма и риска каждый из игроков не столько стремится к выигрышу, сколько к тому, чтобы уберечься от проигрыша. Практический опыт учит нас, что наиболее ощутимый проигрыш доставляет недооценка сил и умения противника. Поэтому каждому из игроков следует исходить из предположения, что его противник

изберет наилучшую для себя стратегию. В соответствии с этим он должен выбрать свою стратегию так, чтобы наилучшая стратегия противника дала противнику наименьший выигрыш. Следовательно, для игрока  $A$  наиболее «безопасной» стратегией будет такая стратегия, у которой минимальный выигрыш является наибольшим по сравнению с минимальными выигрышами всех других его стратегий.

Для стратегии  $A_1$  наименьшее значение выигрыша —3; для стратегии  $A_2$  оно равно —5, а для стратегии  $A_3$  — также 5. Максимальным из всех этих минимальных значений является число —3, которому соответствует стратегия  $A_1$ . Эта стратегия называется *максиминной* (от слов «максимум из минимумов»), а соответствующий ей выигрыш (в данном случае число —3) носит название *нижней цены игры*. Очевидно, нижняя цена игры — это тот гарантированный наименьший выигрыш, который может себе обеспечить игрок  $A$ , если он будет придерживаться наиболее осторожной, «перестраховочной» максиминной стратегии  $A_1$  (в нашем примере максиминная стратегия гарантирует ему проигрыш не более 3 руб.).

По совершенно аналогичным соображениям игрок  $B$ , в расчете на умелое поведение игрока  $A$ , должен отдать предпочтение той своей стратегии, у которой максимальный выигрыш противника будет наименьшим из максимальных выигрышей всех его стратегий. Для стратегии  $B_1$  наибольшее значение выигрыша равно 4, для стратегии  $B_2$  оно также равно 4, а для стратегии  $B_3$  оно равно 6. Минимальный из этих максимумов равен 4 — это верхняя цена игры, ей соответствуют две *минимаксные* стратегии  $B_1$  и  $B_2$ . Применяя любую из этих стратегий, игрок  $B$  гарантирован, что проиграет не более 4 руб. Но стратегия  $B_2$  все же предпочтительнее, так как здесь игрок  $B$  имеет возможность выиграть 5 рублей, в то время как, применяя стратегию  $B_1$ , он имеет возможность выиграть только 3 рубля.

Принцип осторожности, предписывающий игрокам выбор максиминной и минимаксной стратегий, называют в теории игр «*принципом минимакса*». Отступая от этого принципа в надежде на более крупный выигрыш, каждый из игроков идет на риск, связанный с возможностью более крупного проигрыша.

Из всего сказанного не следует, однако, что при многократном повторении этой игры наиболее безопасно для каждого из игроков все время придерживаться одной и той же минимаксной (или максиминной) стратегии. В самом деле, допустим на минуту, что игрок  $A$  до абсурда «сверхосторожный» человек, и он

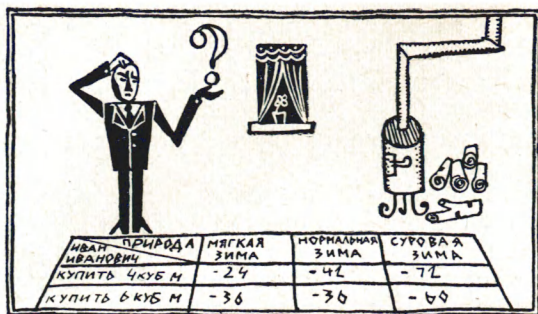
неуклонно придерживается во всех партиях игры своей максимальной стратегии  $A_1$  (т. е. всегда называет число 1). Тогда уже по результатам первых нескольких партий его противник догадается об этом и в дальнейшем будет неизменно отвечать выбором стратегии  $B_2$  (т. е. всегда называть число 2), обрекая игрока  $A$  на постоянный проигрыш.

Мы видим, таким образом, что в подобных играх большое значение имеет фактор «разведки» — получение каждым игроком информации, на основании которой он смог бы «прогнозировать» стратегии, выбираемые противником. Чтобы затруднить противнику получение такой информации, нужно, очевидно, время от времени (от партии к партии) менять свои стратегии случайным образом, или, как говорят в теории игр, использовать смешанную стратегию. В теории игр строго доказывается, что для этой игры, которую мы рассмотрели в качестве примера, при многократном ее повторении, наиболее целесообразной смешанной стратегией каждого из игроков (оптимальной стратегией) является такая смешанная стратегия, при которой число 2 называется вдвое чаще, чем числа 1 и 3.

Если каждый игрок будет пользоваться такой смешанной стратегией, то игра будет «безобидной», и средний выигрыш каждого при большом количестве сыгранных партий будет равен нулю. Отклонение же от такой оптимальной стратегии грозит отклоняющемуся проигрышем.

## **ИВАН ИВАНОВИЧ ПОКУПАЕТ ДРОВА**

В играх, подобных той, которую мы только что рассмотрели, оба игрока, отклоняясь от своих максимальной и минимаксной стратегий, должны тщательно скрывать свои намерения друг от друга, только при этом условии каждый из них может уберечь себя от проигрыша. Но есть и такие парные игры с нулевой суммой, в которых «осторожному» игроку не следует отклоняться от минимаксной (максиминной) стратегии даже при многократном повторении игры, и нет необходимости скрывать это от своего противника. Речь идет об играх, у которых значения верхней и нижней цен игры (т. е. минимакс и максимин) совпадают. В таких случаях это общее значение минимакса и максимина (его называют чистой ценой игры) является наименьшим в своей строке матрицы и наибольшим в своем столбце, а об игре говорят, что ее матрица имеет «седловую точку». Это название объясняется тем, что подобная точка имеется на поверхности седла:



она занимает наивысшее положение при поперечном его разрезе и наименьшее — при продольном разрезе.

Седловая точка матрицы — чистая цена игры — лежит на пересечении минимаксной и максимальной стратегий.

Эти стратегии и являются оптимальными для обоих игроков. Если один из них решил придерживаться своей оптимальной стратегии, то для другого отклонение от своей оптимальной стратегии нецелесообразно, ибо в лучшем случае при этом его выигрыш останется неизменным, а в худшем — уменьшится. При этом наличие у любого из игроков информации о том, что его противник избрал свою оптимальную стратегию, не может изменить поведение этого игрока: если только последний не хочет действовать против своих же интересов, он и сам вынужден придерживаться своей оптимальной стратегии.

Рассмотрим в виде примера такую конфликтную ситуацию.

Пусть некий гражданин — назовем его Иваном Ивановичем — живет в квартире с печным отоплением. На дворе сентябрь, и Иван Иванович весьма озабочен проблемой заготовки топлива на зиму. Он знает, что в случае обычной зимы (не очень суровой и не очень мягкой) для отопления квартиры необходимо 6 кубометров дров; если зима будет мягкой, то потребуется всего 4 кубометра, а в случае очень суровой зимы придется израсходовать даже 8 кубометров дров. Цены на дрова в зимнее время тоже колеблются в зависимости от погоды и равны соответственно 6, 9 и 12 рублям за кубометр в случае мягкой, средней и суровой зимы. Однако сейчас, пока зима еще не наступила, Иван Иванович имеет возможность купить дрова по цене 6 рублей за кубометр.

Как поступить Ивану Ивановичу? Каким количеством дров запастись на зиму?

Если он закупит сейчас небольшое количество дров в расчете на мягкую зиму, а зима окажется суровой, то ему придется зимой покупать дрова дополнительно по более высокой цене. Если же он закупит сейчас много дров, то в случае мягкой

зимы часть дров останется неизрасходованной. Через год эти оставшиеся дрова уже не понадобятся, так как Ивану Ивановичу известно, что летом к дому подведут теплотрассу и в его квартире будет установлено центральное отопление.

«Топливные заботы» Ивана Ивановича представляют собой типичную игру с природой (или, если угодно, — с погодой), которая является в этой игре противником нашего героя. У Ивана Ивановича имеются три стратегии:

- купить 4 кубометра дров,
- купить 6 кубометров дров,
- купить 8 кубометров дров.

У природы тоже три стратегии:

- мягкая зима,
- нормальная (средняя) зима,
- суровая зима.

Матрица игры имеет следующий вид:

Стратегия Ивана Ивановича \ Стратегия природы	Мягкая зима	Нормальная зима	Суровая зима
Купить 4 куб. м . . . . .	—24	—42	—72
Купить 6 куб. м . . . . .	—36	—36	—60
Купить 8 куб. м . . . . .	—48	—48	—48

В этой матрице на пересечении строк и столбцов, соответствующих возможным стратегиям игроков, записаны расходы Ивана Ивановича в рублях. Например, если Иван Иванович запасает в сентябре 6 кубометров дров по цене 6 рублей за один кубометр (2-я строка), израсходовав на это 36 рублей, а зима окажется суровой (3-й столбец), то ему придется зимой дополнительно купить еще 2 кубометра дров по цене 12 рублей за один кубометр, израсходовав еще 24 рубля. Общие затраты на топливо в этом случае:

$$36 \text{ руб.} + 24 \text{ руб.} = 60 \text{ руб.}$$



Это число и указано на пересечении второй строки и третьего столбца. Знак минус подчеркивает то обстоятельство, что деньги затрачиваются. Аналогично подсчитываются предполагаемые затраты Ивана Ивановича во всех восьми остальных случаях.

Рассматривая матрицу игры, нетрудно убедиться, что минимумы строк составляют соответственно —72, —60 и —48 рублей, а максимумы столбцов: —24, —36 и —48 рублей. Максимальный минимум строк и минимальный максимум столбцов одинаковы и равны —48 рублей. Это и есть чистая цена игры и седловая точка. Она расположена на пересечении третьей строки и третьего столбца матрицы игры.

Следовательно, Ивану Ивановичу наиболее целесообразно закупить в сентябре 8 кубометров дров по цене 6 руб. за кубометр. Если он воспользуется этой своей оптимальной стратегией, то никакие капризы природы не заставят его израсходовать на дрова более 48 рублей. Заметим, что природа — этот своеобразный противник Ивана Ивановича — выбирает свою стратегию, конечно, не в зависимости от того, сколько дров решил закупить наш герой, но в теории игр это обстоятельство не имеет существенного значения.

### **КОГДА ИСХОД ИГРЫ ПРЕДРЕШЕН...**

В теории игр доказывается, что седловую точку имеет всякая игра с полной информацией, и, следовательно, для такой игры всегда существует пара оптимальных стратегий, гарантирующих игрокам выигрыш, равный цене игры. А так как при отклонении от оптимальных стратегий игроки могут только ухудшить свое положение, то наиболее разумное поведение каждого из них должно заключаться в выборе своей оптимальной стратегии. Но если оптимальные стратегии известны игрокам, то исход игры заранее предreshен и незачем играть. Поэтому игры с полной информацией имеют смысл лишь в тех случаях, когда игроки (или, по крайней мере, один из них) не знают своих оптимальных стратегий.

В качестве еще одного примера игры с полной информацией приведем известную игру Баше. Двое играющих берут по очереди спички (или какие-либо другие предметы) из кучки, содержащей 12 спичек. При каждом ходе игрок может взять одну, две или три спички (по желанию), но не более трех. Выигрывает тот, кто берет последнюю спичку.

Исход этой игры всегда предreshен, и существует вполне определенная стратегия, обеспечивающая достоверный выигрыш тому из игроков, который делает ход вторым. Выигрышная стратегия заключается в том, чтобы при каждом ходе брать количество спичек, дополняющее число взятых противником спичек до четырех: если противник взял три спички, то нужно взять одну, если он взял две спички, то нужно взять тоже две, и, наконец, если он взял одну спичку, то надо взять три. При этом противник может вести себя как угодно (в пределах правил игры), но он не в состоянии изменить предreshенный результат игры — свой проигрыш.

Ясно, что если один из игроков знает выигрышную стратегию для этой игры, то, предоставляя первый ход своему партнеру, он будет неизменно выигрывать до тех пор, пока тот наконец не поймет, что играть бессмысленно. Если же выигрышную стратегию узнают оба игрока, то сам процесс игры тотчас же потеряет для них всякий интерес.

Аналогично дело обстоит и с другими играми с полной информацией и, в частности, с такими популярными спортивными играми, как шашки и шахматы: каждая из этих игр имеет седловую точку и пару оптимальных стратегий. Однако для шахмат и шашек эти оптимальные стратегии пока не найдены, так как число комбинаций возможных ходов слишком велико, чтобы можно было построить матрицу игры и найти в ней седловую точку.

Действительно, в шахматах, например, только первый ход белые могут сделать 20 различными способами, и черные могут ответить на этот ход 20 независимыми ходами, так что только при первых ходах возможны 400 различных вариантов ( $20 \times 20$ ). Если при вторых ходах возможны 400 других вариантов, то тогда первые два хода обоих игроков можно осуществить 160 000 различными способами. Общее же число всех возможных вариантов игры в шахматы равно приблизительно  $10^{140}$ . Это число настолько колоссально, что его нельзя себе представить. Для того чтобы переиграть/все возможные варианты шахматных партий, всему населению земного шара потребовалось бы  $10^{100}$  столетий непрерывной игры, в предположении, что каждый игрок делал бы ежесекундно по одному ходу.

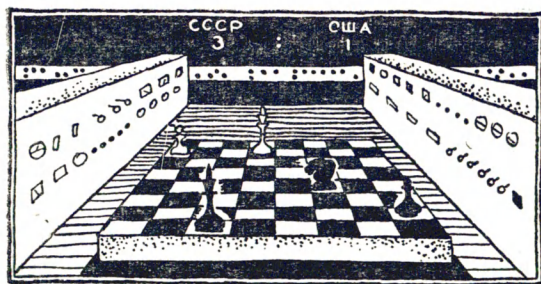
Вот почему эта древняя игра до сих пор не потеряла своей привлекательности, и сражения за шахматной доской с одинаковым энтузиазмом ведут сегодня и начинающие любители, и маститые гроссмейстеры.

## ИГРОКОМ СТАНОВИТСЯ МАШИНА

Мы только что познакомились с некоторыми элементами теории игр и убедились, что для принятия решений в конфликтных ситуациях всегда приходится выполнять ряд вычислительных и логических операций. Мы знаем, что такие действия может выполнять с большой скоростью электронная цифровая вычислительная машина. Не удивительно поэтому, что сразу же после появления таких машин возникла идея использовать их для решения игровых задач. Так, известный американский ученый Клод Шеннон в 1950 году высказал основные соображения о возможности машинной игры в шахматы, дав тем самым толчок для большого количества работ в этом направлении. И теперь, как отмечалось выше, исследования, связанные с созданием играющих машин и разработкой программ для них, ведутся во многих научных учреждениях у нас в стране и за рубежом. Даже крупнейший шахматист современности, экс-чемпион мира по шахматам Михаил Ботвинник, включился в эту работу и несколько лет занимается разработкой алгоритма игры в шахматы. М. М. Ботвинник придает этой работе настолько большое значение, что ради нее отказался даже от борьбы за шахматную корону.

В ноябре 1967 года закончился продолжавшийся около года первый в истории международный шахматный матч электронных цифровых вычислительных машин. За шахматной доской «встречались» вычислительные машины Московского института теоретической и экспериментальной физики и Стэнфордского университета (Калифорния, США). Две крупнейшие математические школы принимали участие в подготовке и проведении этого состязания, явившегося вместе с тем важным научным экспериментом: с советской стороны в разработке программы игры для машины принимали участие математики Г. Адельсон-Вель-

ский, В. Арлазаров, А. Битман, А. Животинский, А. Усков; американская программа была разработана группой математиков под руководством профессора Д. Маккарти.



Завершился этот необычный шахматный поединок убедительной победой Москвы с общим счетом 3:1. Из четырех партий, сыгранных в матче, в двух выиграла советская машина — в одной на 19-м ходу, а в другой — на 41-м. В двух других партиях была зафиксирована ничья. Это своеобразное соревнование советских и американских математиков-программистов наглядно показало, на что способны в наши дни электронные цифровые вычислительные машины, какие сложные задачи они могут решать.

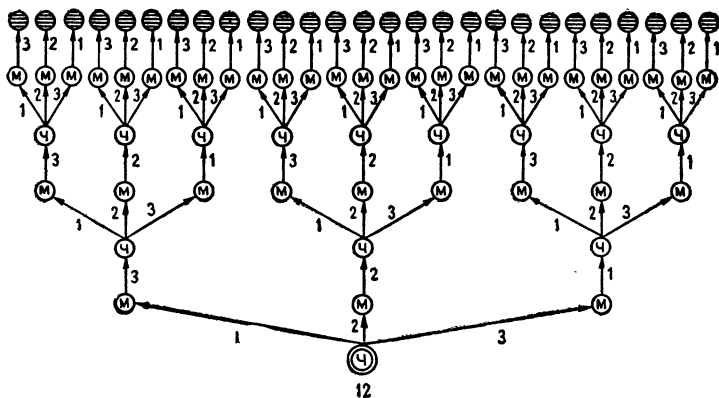
Не следует думать, что машины, играющие в шахматы, нужны для того, чтобы освободить от этого людей. Вовсе нет! Игры в шашки, шахматы являются полезным и увлекательным видом спорта, они украшают часы нашего досуга и отдыха. Разумеется, в эти игры человек всегда будет играть сам. Но машина, умеющая хорошо играть в шахматы, найдет себя в таких сложных «играх», где выиграшем будет сталь, зерно, автомобили, электроэнергия, здоровье и безопасность людей. Создание и совершенствование играющих машин раскрывает широкие перспективы применения игровых методов для решения самых разнообразных задач народного хозяйства нашей страны.

Возможно, что наш читатель заинтересуется этим делом настолько, что пожелает и сам заняться постройкой моделей играющих машин.

С чего же начать?

Не все парные игры с полной информацией столь же сложны, как шашки или шахматы. В некоторых таких играх число возможных стратегий сравнительно невелико, их нетрудно до конца проанализировать и составить программу (алгоритм) оптимального поведения для одного из игроков. После этого оказывается нетрудным «заставить» машину играть. При этом вовсе необязательно иметь в своем распоряжении большую электронную быстродействующую цифровую машину. Для таких игр, как упоминавшаяся выше игра Баше, «Крестики и нолики» и т. п., можно в любительских условиях построить небольшие и сравнительно несложные автоматы, собирая их из нескольких электромагнитных реле, лампочек, полупроводниковых диодов и других доступных деталей электротехнических устройств.

При постройке такой машины-автомата в ее «память» вводятся все возможные варианты игры — составляется «словарь» игры, т. е. набор рекомендаций вида: «Если противник пойдет... то надо отвечать ходом...» Это — своеобразный «рецепт» на все случаи игры. Когда машине во время игры нужно делать ход,



Р и с. 35. Дерево игры Баше для выигрышной стратегии машины.

она просмотрит свой «словарь» и выберет наилучший ход для продолжения игры. Такая машина всегда будет играть оптимально. Наибольшее, на что может надеяться ее противник, — это ничья, если только она вообще возможна.

Развитие игры при оптимальной стратегии одного из игроков (в нашем случае это машина) удобно изображать графически в виде так называемого дерева игры. На рис. 35 представлено такое дерево для игры Баше. Узлы дерева (кружки) соответствуют возможным ситуациям в игре. Внутри каждого узла написана буква, указывающая, кто из играющих (М — машина или Ч — человек, ее партнер) делает ход при данной ситуации. Стрелки-ветвления, исходящие из узлов, и поставленные рядом цифры обозначают ходы игроков и количество взятых ими из кучки спичек (в соответствии с правилами игры). Заштрихованные узлы соответствуют заключительным ситуациям — при выигрыше машины. Каждая отдельная партия на дереве игры представляется последовательной цепочкой узлов и стрелок, соединяющих узел исходной ситуации с одним из узлов конечной ситуации.

Рассматривая дерево игры Баше, можно убедиться в том, что если машина-автомат следует выигрышной стратегии, то, в конце концов, после очередного хода противника в кучке остаются 1, 2 или 3 спички; беря эти оставшиеся спички, машина всегда выигрывает. Разумеется, успех будет полным, если партнер не знаком с выигрышной стратегией. В противном случае он отка-

жется начинать игру: ведь здесь, как мы убедились выше, исход игры заранее определен.

Модель кибернетического устройства, способного играть в игру Баше, придерживаясь выигрышной стратегии, нетрудно собрать в условиях школьного технического кружка. Несколько различных конструкций и схем автомата для игры Баше описывалось в печати. В этих моделях роль спичек выполняют горящие лампочки, которые выключают по очереди человек и машина. Оптимальная (выигрышная) стратегия «вложена» в машину чрезвычайно просто: при каждом ходе машины отключается питание группы из четырех лампочек, часть из которых (одна, две или три) была отключена предыдущим ходом противника. Таким образом, сколько бы лампочек ни отключал человек, играющий с машиной, она всегда дополняет число «взятых» лампочек до четырех.

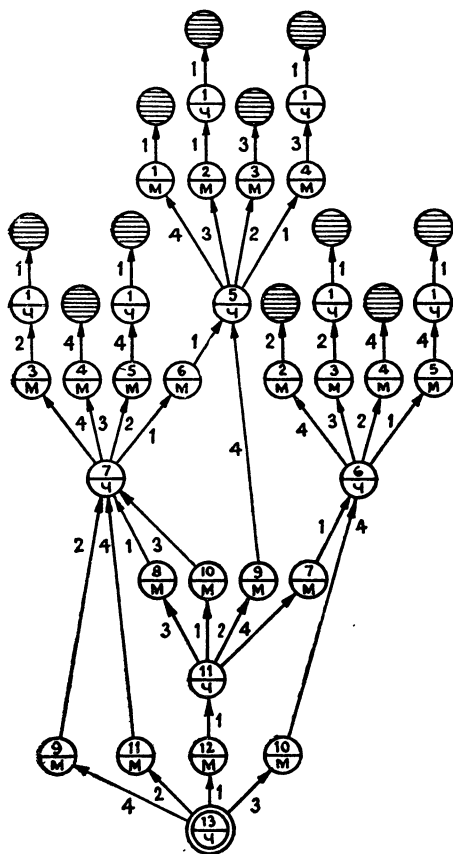
Мы здесь не будем приводить описание автомата для игры Баше. Читатель, интересующийся устройством и конструкцией этой играющей машины, может найти описание ее в сборнике «Простая кибернетика», вышедшем из печати в издательстве ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия» в 1965 году. В качестве примера простой играющей машины-автомата опишем кибернетическое устройство для игры «Набери чет».

### **«НАБЕРИ ЧЕТ»**

Эта игра немного похожа на игру Баше. Здесь также имеется «куча», из которой двое играющих по очереди берут предметы, но условия игры иные: кто возьмет последний предмет — это не имеет значения. Выигравшим считается тот из игроков, у которого к концу игры будет набрано четное число предметов. Всего в начале игры в «куче» имеется 13 предметов; за один ход игроку разрешается взять от одного до четырех (не более) предметов.

Попробуйте сыграть в эту игру с вашим приятелем, воспользовавшись в качестве предметов спичками или монетами. Вы убедитесь, что во время игры не так-то просто правильно рассчитывать наперед свои ходы. А между тем здесь, как и в игре Баше, исход игры всегда предопределен: тот из игроков, который начинает игру, при умелом поведении его противника обречен на проигрыш.

Как же нужно действовать для того, чтобы обеспечить себе выигрыш в этой игре? Ответ на этот вопрос дан на рис. 36, где изображено дерево игры «Набери чет» для того случая, когда



Р и с. 36. Дерево игры «Набери чет» для выигрышной стратегии машины.

один из игроков (*М*) пользуется беспроигрышной стратегией, а другой игрок (*Ч*) лишен этой возможности. (Вы, конечно, догадались, что роль игрока *М* будет в дальнейшем передана машине). Здесь, как и прежде, узлы дерева игры соответствуют возможным ситуациям; внутри кружков над чертой указано, сколько осталось в «куче» предметов, а под чертой — чей ход; рядом с каждой из стрелок, обозначающих ходы игроков, указано, сколько предметов берет игрок своим ходом.

Проследим по дереву игры «Набери чет», как проходит какая-либо из партий. Пусть, например, игрок *Ч* делает первый ход, взяв из «кучи» четыре предмета. В «куче» остается 9 предметов, и игрок *М* ответным ходом берет 2 из них. Теперь в «куче» осталось 7 предметов. Предположим, что игрок *Ч* вторым ходом берет один предмет. Тогда игрок *М* возьмет также только один предмет, в «куче» останется 5 предметов, а на ру-

ках у каждого из игроков будет нечетное число предметов: у игрока *Ч* их будет  $4 + 1 = 5$ , а у игрока *М* —  $2 + 1 = 3$ . Теперь ясно, что игрок *Ч* обречен: сколько бы предметов он ни взял при третьем ходе — один, два, три или четыре — игрок *М* в любом случае может взять ответным ходом нечетное количество предметов (три или один), набрав, таким образом, в общем четное число и обеспечив себе выигрыш. Даже если после третьего хода

у игрока *Ч* окажется четное число взятых предметов, игрок *М* «заставит» его взять четвертым ходом оставшийся последний предмет и довести общую сумму взятых предметов до нечетного числа.

Машина-автомат, придерживающаяся выигрышной стратегии в игре «Набери чет», немного сложнее модели-автомата для игры Баше. Она также представляет собою релейно-контактное устройство с лампочками и выключателями, играющими роль предметов в «куче». Все основные детали и органы управления размещены на лицевой панели машины (рис. 37): все лампочки и выключатели установлены здесь в один ряд. Табличка с правилами игры содержит следующий текст:

**Правила игры.** На панели расположены 13 горящих лампочек. В игре участвуют двое. Каждый по очереди выключает от одной до четырех (не более) ламп за один ход. Лампочки нужно выключать последовательно, одну за другой, начиная слева. Не разрешается оставлять очередные лампочки включенными, «перескакивая» через них, а также пропускать свой очередной ход.

Выигрывает тот, у кого к концу игры будет на счету четное число выключенных лампочек.

Автомат может заменить одного из играющих. Для игры с автоматом после каждого своего хода нажимайте кнопку «Ход автомата».

На рис. 38 приведена принципиальная схема играющего автомата. Воспользуемся этой схемой для того, чтобы разобраться в том, как он действует.

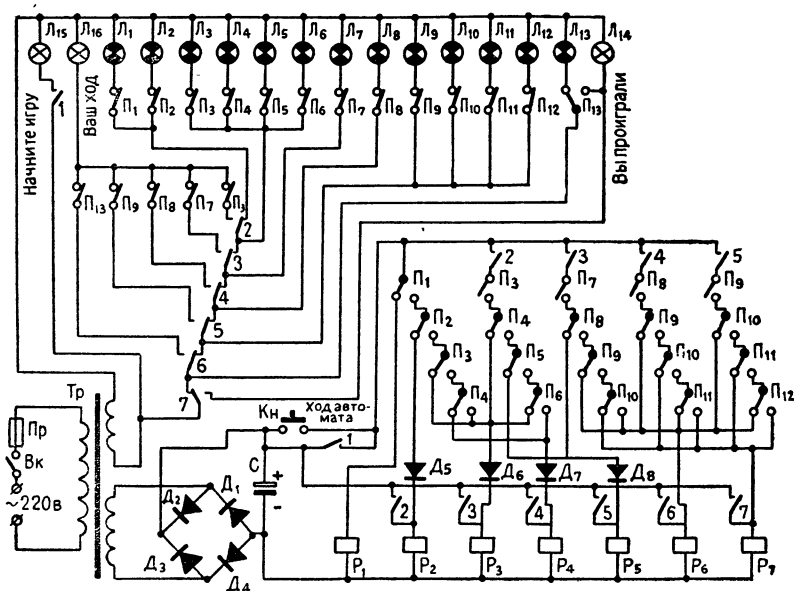
Для подготовки играющей машины к работе нужно установить все выключатели лампочек  $P_1—P_{13}$  в положение «Включено» и затем включить выключатель сети *Вк*. При этом лампочки  $L_1—L_{13}$  должны загореться, что будет означать, что машина готова к игре.

Первый ход должен сделать противник машины. Если же нажать кнопку *Кн* («Ход автомата»), пытаясь заставить



Рис. 37. Лицевая панель играющей машины «Набери чет».





Р и с. 38. Принципиальная схема играющей машины «Набери чет».

машину начать игру, то напряжение 24 в поступит с выпрямителя через контакт переключателя  $\Pi_1$  на реле  $P_1$ , это реле срабатывает, и его нормально открытый контакт 1 включит лампочку  $L_{15}$ , подсвечивающую табло с надписью «Начните игру». В то же время другой нормально открытый (в дальнейшем мы будем обозначать его н. о.) контакт 1 реле  $P_1$  блокирует это реле, и оно остается включенным даже после отпускания кнопки  $Кн$ . Противник машины вынужден сделать первый ход, чтобы начать игру.

Первым своим ходом он должен выключить лампочку  $L_1$  (переключателем  $\Pi_1$ ), а затем, при желании, и лампы  $L_2$ ,  $L_3$  и  $L_4$ . Какой бы ход ни сделал партнер машины, один из контактов переключателя  $\Pi_1$  отключает обмотку реле  $P_1$ , и табло «Начните игру» гаснет. Далее, в зависимости от того, сколько ламп выключает он при первом своем ходе, логическая контактная схема переключателей  $\Pi_1$  —  $\Pi_4$  подготавливает к включению одно из реле:  $P_2$ ,  $P_3$  или  $P_4$ . Реле  $P_2$  подготавливается к включению в тех случаях, когда после ответного хода машины в «куче»

должно остаться 11 предметов — горящих лампочек; реле  $P_3$  или  $P_4$  — в тех случаях, когда должно остаться соответственно 7 или 6 горящих лампочек.

Чтобы машина сделала ответный ход, нужно нажать кнопку *Кн.* При этом напряжение питания 24 в поступает на логическую схему переключателей  $P_1 — P_4$  и далее, через последовательность замкнутых контактов, — на обмотку того из реле  $P_2, P_3$  или  $P_4$ , которое было подготовлено к включению. Это реле срабатывает, и его контакты выполняют следующие действия:

н. о. контакты 2, 3 или 4 обеспечивают блокировку (самопитание) сработавшего реле;

другие н. о. контакты 2, 3 или 4 подготавливают к включению следующую группу переключателей в логической схеме ( $P_3 — P_6, P_7 — P_{10}$  или  $P_8 — P_{11}$  соответственно) — машина выбирает варианты продолжения игры;

переключающие контакты 2, 3 или 4 отключают необходимое количество лампочек, выполняя ответный ход машины и оставляя горящими соответственно 11, 7 или 6 лампочек; эти же контакты включают лампочку  $L_{16}$ , подсвечивающую табло «Ваш ход».

Теперь противник машины должен сделать второй ход. Этот ход он начинает отключением 11-й, 7-й или 6-й лампочек (переключателем  $P_3, P_7$  или  $P_8$ ), в зависимости от того, какой вариант игры был избран при первом ходе. Световое табло «Ваш ход» гаснет, так как контакты переключателя  $P_3, P_7$  или  $P_8$  отключают лампочку  $L_{16}$ . Далее, противник машины может (при желании) этим своим ходом выключить еще одну, две или три последующие лампочки. При этом логическая контактная схема переключателей подготавливает к включению одно из реле  $P_3, P_4, P_5, P_6$  или  $P_7$  соответственно для случаев, когда после второго хода машины в «куче» должно остаться 7, 6, 5, 1 или 0 лампочек-предметов.

Для второго ответного хода машины снова нажимается кнопка *Кн.* Как и при первом ходе машины, это вызывает срабатывание одного из реле — того, которое было подготовлено к включению. Если сработало реле  $P_7$ , то отключенными оказываются все лампочки  $L_1 — L_{13}$ , игра заканчивается выигрышем машины. Переключающий контакт 7 включает лампочку  $L_{14}$ , подсвечивающую табло «Вы проиграли». Если же сработало какое-либо другое реле ( $P_3, P_4, P_5$  или  $P_6$ ), то игра должна быть продолжена. При этом, как и при первом ходе машины, контакты сработавшего реле обеспечивают самопитание, отключают необходимое число лампочек, выполняя ответный ход машины, и включа-

ют лампочку  $L_{16}$ , подсвечивающую табло «Ваш ход». Кроме того, контакты реле  $P_3$ ,  $P_4$  или  $P_5$  подготавливают к включению очередную группу переключателей в логической схеме.

Если сработало реле  $P_6$ , то после второго ответного хода машины остается лишь одна горящая лампочка  $L_{13}$ . Противник машины вынужден выключить ее (переключателем  $P_{13}$ ), делая свой третий ход, и игра заканчивается его проигрышем. Переключатель  $P_{13}$  гасит лампочку  $L_{13}$  и включает лампочку  $L_{14}$ , которая подсвечивает табло «Вы проиграли». В то же время другой контакт переключателя  $P_{13}$  размыкает цепь питания лампочки  $L_{16}$ , и гаснет табло «Ваш ход».

Если же сработало одно из реле  $P_3$ ,  $P_4$  или  $P_5$ , то после второго хода машины остаются 7, 6 или 5 горящих лампочек. Противник машины имеет в этих случаях возможность при своем третьем ходе выключить от одной до четырех лампочек, как и ранее. После того как он сделает свой ход, для ответного хода машины нужно снова нажать кнопку  $Kн$ . Узлы и элементы машины взаимодействуют при этом аналогично.

Игра может закончиться после третьего или четвертого ответного хода машины, а также после четвертого или пятого хода человека. Исход игры всегда один и тот же: у машины оказывается четное число «взятых» лампочек, а у ее противника — нечетное число.

Для того чтобы подготовить машину к следующей партии игры, нужно отключить выключатель сети, вернуть все выключатели лампочек в положение «Включено», затем снова включить выключатель сети.

В описанной модели применяются лампочки от карманного фонаря на 3,5 в, 0,26 а. В качестве выключателей  $P_1—P_{13}$  используются телефонные ключи типа КТРО или какие-либо другие многополюсные переключатели. Выключатель сети  $Вк$  — однопольный тумблер. Электромагнитные реле  $P_1—P_7$  — типа РС-13. Пригодны для использования и другие типы электромагнитных реле с надлежащим количеством контактных групп. В качестве диодов  $D_1—D_8$  использованы диоды типа Д7В. Диоды  $D_1—D_4$  используются в выпрямителе, диоды  $D_5—D_8$  включены в схему для того, чтобы исключить ненужные связи между цепями, питающими обмотки реле (в логической схеме переключателей). Конденсатор  $C$  — электролитический, емкостью 20 мкф, 50 в. Кнопка  $Kн$  («Ход автомата») самодельная, для ее изготовления использованы упругие контактные пружины от негодного реле. Трансформатор блока питания собирается из

пластин Ш-20, толщина пакета 45 мм. Сетевая обмотка содержит 1320 витков провода ПЭ-0,33, обмотка выпрямителя для питания реле содержит 180 витков провода ПЭ-0,62; обмотка накала ламп — 20 витков провода ПЭ-1,2.

Все основные детали и узлы модели монтируются на горизонтальном металлическом шасси и вертикальной лицевой панели, жестко соединенной с этим шасси. Лицевая панель изготавливается из текстолита или алюминия. На панели укрепляются лампочки, ключи  $П_1 — П_{13}$ , кнопка  $Кн$ , выключатель сети  $Вк$  и предохранитель  $Пр$ . Блок питания и электромагнитные реле устанавливаются на шасси и соединяются с деталями на лицевой панели с помощью многожильного кабеля. Правила игры, аккуратно написанные или отпечатанные на машинке, прикрепляются к лицевой панели и прикрываются пластинкой из оргстекла. Небольшими пластинками из оргстекла прикрываются также световые табло. Футляр для модели можно сделать из алюминия, пластика или фанеры.

Релейная схема модели не нуждается в наладживании. Если все монтажные соединения выполнены без ошибок, она будет работать сразу же после включения в сеть.

Использование в схеме играющей машины лампочек для карманного фонаря на 3,5 в, 0,26 а может привести к перегрузке (общий ток 13 лампочек-предметов составит более трех ампер), контакты реле могут подгореть и оплавиться во время работы. Поэтому лучше вместо лампочек накаливания применить в схеме неоновые лампочки типа МН-3 или МН-5, ток которых составляет всего 2—3 ма. Последовательно с каждой лампочкой нужно включить балластный резистор на 80—100 ком, как это показано на рис. 39. Разумеется, при этом придется внести изменения и в схему блока питания машины: на неоновые лампочки подать напряжение 220 в от сети переменного тока.

Машину «Набери чет» можно использовать также для игры двух человек. При этом кнопка «Ход автомата» не используется, каждый из игроков делает ходы по очереди, отключая лампочки с помощью переключателей  $П_1 — П_{13}$ . После окончания игры вспыхивает табло «Вы проиграли». Этот сигнал нужно отнести на счет того из игроков, у которого оказалось нечетное число «взятых» лампочек.

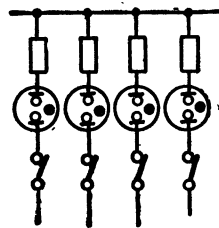


Рис. 39. Схема включения неоновых ламп.

## НА ДЕВЯТИ КЛЕТКАХ

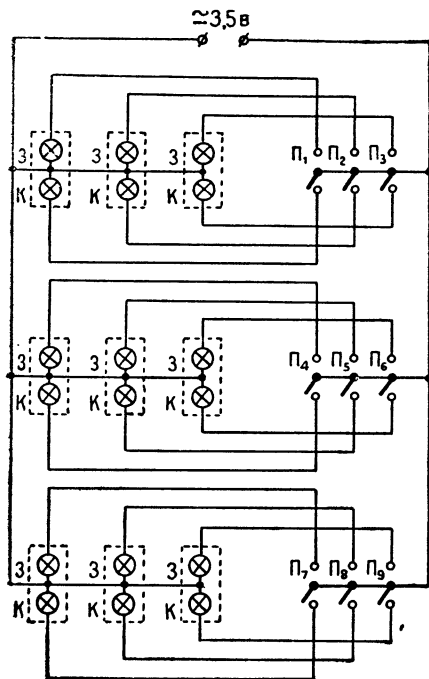


Рис. 40. Принципиальная схема электрифицированной игры в «Крестики и нолики».

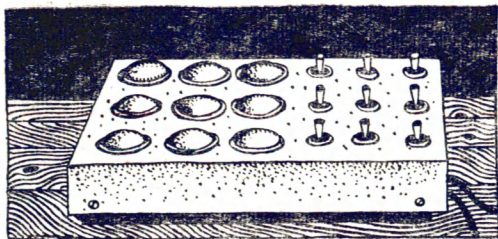
Играющие автоматы, подобные описанному выше, доступны по степени сложности для начинающих любителей кибернетики. Над их конструированием и монтажом с увлечением работают многие энтузиасты в технических кружках школ и внешкольных учреждений. Они вносят в конструкции и схемы своих моделей все новые добавления, изменения, усовершенствования. Однако такая работа не может удовлетворить более опытных моделистов-конструкторов, желающих построить автомат посложнее, но не имеющих возможности воспользоваться для этого большой электронной цифровой вычислительной машиной. Для таких энтузиастов мы предлагаем модель автоматической машины для игры в «Крестики и нолики».

Кто из нас в детстве не увлекался этой игрой? Кто не помнит жарких сражений, разгоравшихся на переменах между уроками и в часы досуга на листке бумаги с девятью квадратными клетками: двое играющих ставят по очереди в одной из клеток свой знак — крестик или нолик. Побеждает тот, кто раньше заполнит своими значками строчку, столбик или диагональ игрового поля.

Игру в «Крестики и нолики» нетрудно электрифицировать. Для этого нужно укрепить на деревянной или пластмассовой панели 9 переключателей и 18 лампочек (окрасив половину из них в красный цвет, остальные — в зеленый), затем соединить их проводниками, как показано на рис. 40. Лампочки лучше взять малогабаритные — от карманного фонаря на 3,5 в, 0,28 а.

Внешний вид такого электрифицированного устройства для

игры в «Крестики и нолики» показан на рис. 41. Крестикам и ноликам при игре соответствуют красные и зеленые лампочки. Во время игры каждый из партнеров, занимая какую-либо клетку поля, должен перевести соответствующий этой клетке переключатель в левое или правое положение, включая лампочку своего цвета.



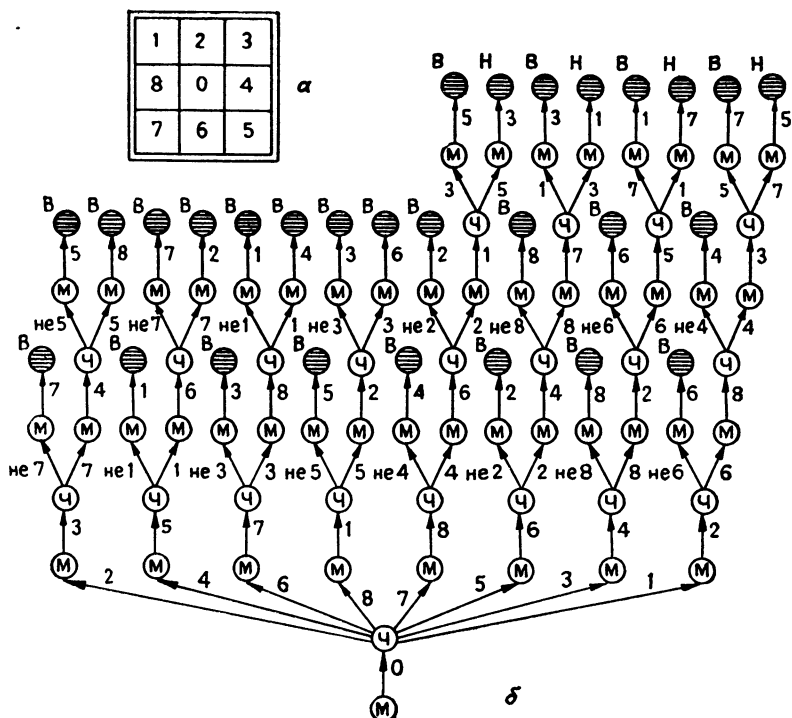
*Р и с. 41. Внешний вид электрифицированной игры в «Крестики и нолики».*

Разумеется, такое электрифицированное устройство нельзя называть играющей машиной: оно лишь заменяет необходимый игрокам листок бумаги и избавляет их от необходимости рисовать игровое поле для каждой новой партии игры. Сама же игра между двумя игроками протекает как обычно.

Несмотря на кажущуюся простоту игры в «Крестики и нолики», число возможных вариантов партий здесь очень велико. В самом деле, тот, кто начинает игру, может сделать ход в любую из девяти клеток, а его партнер в ответ занимает одну из оставшихся восьми клеток. Следовательно, только для первого хода двух партнеров в этой игре имеется  $9 \times 8 = 72$  варианта; вторым ходом первый игрок выбирает одну из семи клеток, второй игрок — одну из оставшихся шести и т. д. Если считать, что игра заканчивается, когда заняты все клетки, то общее число возможных вариантов игры составит

$$9 \times 8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 362\,880.$$

(В действительности же во многих случаях игра заканчивается победой одного из партнеров до того, как все клетки будут заполнены крестиками и ноликами, поэтому количество вариантов игры несколько меньше приведенного числа, но все же оно остается очень большим.) Все варианты игры можно разбить на несколько серий. Подсчитано, что в каждой серии есть 512 вариантов по четыре хода, придерживаясь которых, машина не проиграет. А если ее партнер невнимателен, то 360 вариантов приведут машину к победе. Не удивительно, что для создания играющего в «Крестики и нолики» автомата обычно используется быстродействующая цифровая вычислительная машина. Например, при программировании игры в «Крестики и нолики» на



Р и с. 42. Дерево игры в «Крестики и нолики».

быстродействующей электронной вычислительной машине «Стрела» таблица стратегий едва-едва размещается в ее оперативной памяти.

Можно сократить объем памяти автомата настолько, чтобы модель машины для игры в «Крестики и нолики» стала доступной для изготовления в любительских условиях. Для этого нужно, чтобы игру всегда начинала машина и своим первым ходом она занимала центральную клетку игрового поля (что представляется наиболее выгодным). Рассмотрим, какой стратегии должна придерживаться машина-автомат в этом случае, чтобы не проигрывать. Для этого обратимся к дереву игры, построенному в предположении, что машина играет оптимально, а ее противник может допускать ошибки, но может и придерживаться бесприигрышной стратегии, не ошибаясь.

Дерево для игры в «Крестики и нолики» изображено на рис. 42. Узлы дерева соответствуют возможным ситуациям в игре; заключительным ситуациям соответствуют заштрихованные узлы. Внутри каждого узла написана буква, обозначающая того из игроков, который делает ход при данной ситуации (буквы *Ч* и *М*, как и ранее, обозначают человека и машину). Стрелки - ветвления, исходящие из узлов, и поставленные рядом номера клеток игрового поля обозначают ходы игроков в данной ситуации. Рядом с заштрихованными узлами заключительных ситуаций буквы *В* и *Н* указывают исход игры — выигрыш машины или ничью. Внимательно изучая дерево игры, можно убедиться в том, что оно указывает беспроигрышную стратегию для машины.

Модель автомата для игры в «Крестики и нолики», которую мы здесь опишем, придерживается в игре именно такой беспроигрышной стратегии.

### АВТОМАТ ДЛЯ ИГРЫ В «КРЕСТИКИ И НОЛИКИ»

Модель изготавливается в виде настольной конструкции. На передней (лицевой) панели модели (рис. 43) расположены: игровое поле, состоящее из девяти клеток, восемь из которых имеют гнезда для установки фишек-штекеров при игре;

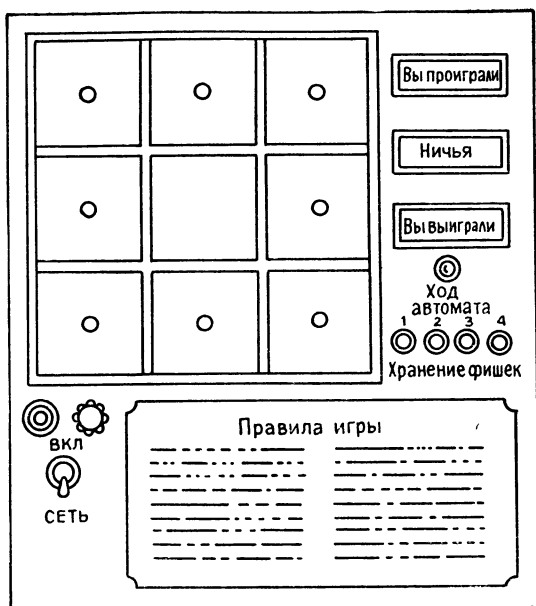


Рис. 43. Лицевая панель кибернетической машины для игры в «Крестики и нолики».



органы управления — выключатель сети, сигнальная лампочка — индикатор включения сети, предохранитель и кнопка «Ход автомата»;

световые сигнальные табло «Вы проиграли», «Ничья» и «Вы выиграли»;

четыре специальных гнезда для хранения фишек-штекеров, которыми играет партнер машины;

табличка с текстом правил игры.

**Правила игры.** В игре участвуют двое. Каждый из играющих поочередно занимает любую свободную клетку игрового поля, отмечая ее каким-либо своим значком.

Выигравшим считается тот, кто первый поставит в ряд (по вертикали, горизонтально или диагонали) три своих значка.

Автомат заменяет одного из играющих. При каждом своем ходе он освещает занимаемую им клетку электрической лампочкой. Ответные ходы партнер автомата должен делать, помещая одну из своих фишек-штекеров в гнездо выбранной им клетки игрового поля.

Игру всегда начинает машина. Для того чтобы она сделала ход, нужно нажать кнопку «Ход автомата».

Модель питается от сети переменного тока с напряжением 220 в. Для подготовки модели к работе нужно:

1) убедиться в том, что все фишки-штекеры находятся в гнездах хранения.

2) включить выключатель «Сеть» на лицевой панели (при этом загорается лампочка-индикатор на лицевой панели).

Чтобы начать игру, нужно нажать кнопку «Ход автомата». Автомат делает первый ход, занимая центральную клетку поля (эта клетка подсвечивается лампочкой, которую включает машина). Если партнер автомата попытается сам сделать первый ход (для чего ему нужно взять фишку-штекер из гнезда хранения и вставить ее в гнездо какой-либо клетки поля), то автомат не станет продолжать игру. Таким образом, игру всегда начинает машина.

После того как машина сделает первый ход, ее партнер должен извлечь фишку-штекер из гнезда хранения и сделать ответный ход. Затем нужно нажать кнопку «Ход автомата», и машина сделает второй ход. Для ответного хода партнер машины пользуется фишкой-штекером, взятой из другого гнезда хранения и т. д. О своем выигрыше автомат извещает, включая табло «Вы проиграли». Если после нескольких ходов машины и ее партнера все клетки игрового поля оказываются занятыми, но при этом ни одному из игроков не удалось добиться победы, ав-

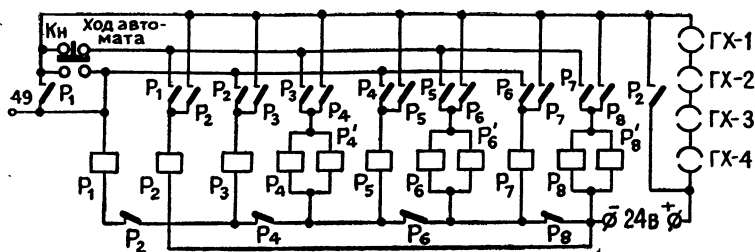


Рис. 44. Схема релейного распределителя блока программы машины для игры в «Крестики и нолики».

томат включает табло «Ничья». Так как машина играет, придерживаясь оптимальной (беспроигрышной) стратегии, то она никогда не проигрывает. Поэтому табло «Вы выиграли» на лицевой панели никогда не включается — оно играет чисто декоративную роль.

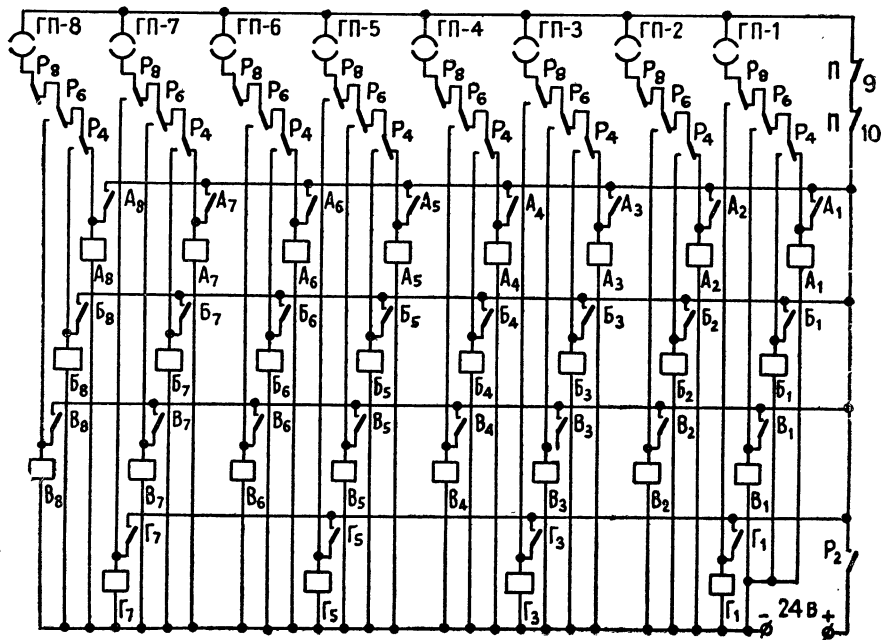
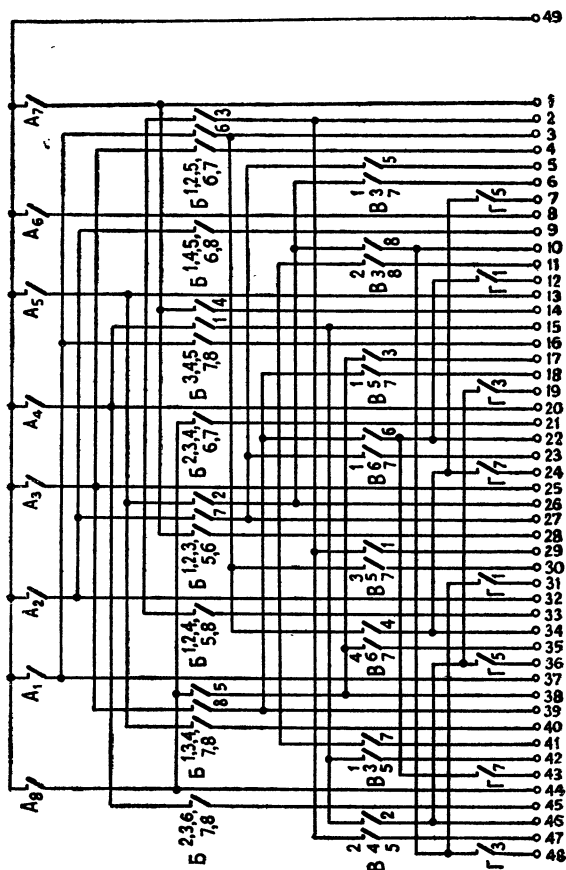


Рис. 45. Схема блока программы машины для игры в «Крестики и нолики».

После окончания игры для возвращения машины в исходное состояние достаточно установить фишки-штекеры в гнезда хранения и затем отключить и снова включить выключатель сети. После этого можно опять начинать игру.



Р и с. 46. Схема соединений контактов реле блока программы игры в «Крестики и нолики».

Для того чтобы разобраться в устройстве и взаимодействии основных узлов машины, обратимся к ее принципиальной схеме.

Блок программы игры содержит следующие основные элементы:

релейный распределитель (рис. 44), собранный из электромагнитных реле  $P_1 — P_8$ ; его переключающие контакты  $P_4, P_6$  и  $P_8$  (рис. 45) соединены с гнездами ГП-1 — ГП-8 в клетках 1—8 игрового поля и служат для задания программы игры;

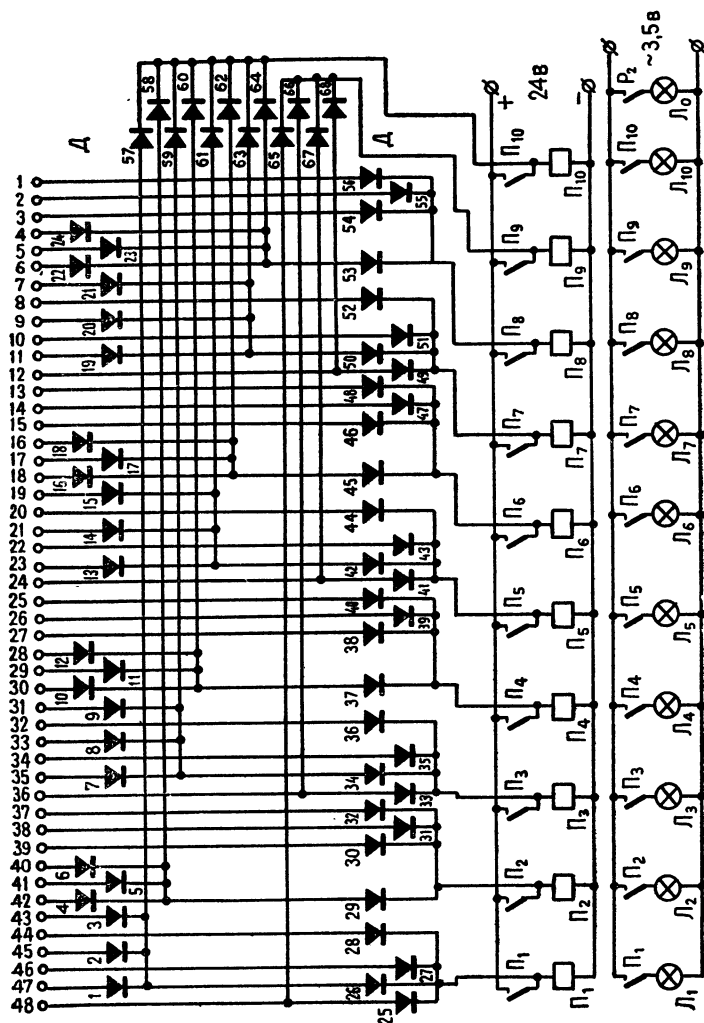


Рис. 47. Схема блока памяти машины для игры в «Крестики и нолики».

электромагнитные реле  $A_1 — A_8, B_1 — B_8, V_1 — V_8$  и  $\Gamma_1, \Gamma_3, \Gamma_5, \Gamma_7$ , обеспечивающие выбор оптимального продолжения игры после первого (реле  $A$ ), второго (реле  $B$ ), третьего (реле  $V$ ) и четвертого (реле  $\Gamma$ ) очередного хода человека; соединение контактов этих реле показано на рис. 46;

кнопка  $K_n$  «Ход автомата».

Б л о к п а м я т и (рис. 47) имеет:

электромагнитные реле  $\Pi_1 — \Pi_{10}$ ; реле  $\Pi_1 — \Pi_8$  обеспечивает запоминание сделанных машиной ходов и передачу этой информации на игровое поле (путем освещения соответствующих клеток поля); реле  $\Pi_9$  и  $\Pi_{10}$  фиксируют окончание игры; первое из них служит для включения табло «Ничья», второе — для включения табло «Вы проиграли»;

полупроводниковые диоды  $D_1 — D_{68}$ , предназначенные для развязки электрических цепей (т. е. для исключения связей, не предусмотренных логикой работы блока памяти);

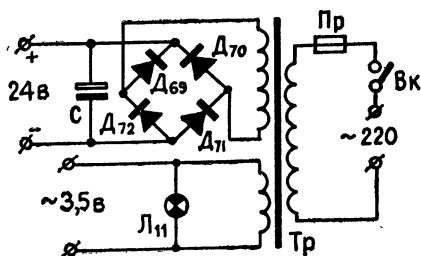
лампочки  $L_0 — L_{10}$ ; лампочки  $L_0 — L_8$  подсвечивают клетки игрового поля, лампочка  $L_9$  — табло «Ничья», а лампочка  $L_{10}$  — табло «Вы проиграли».

Б л о к п и т а н и я модели состоит из силового трансформатора  $Tr$  и выпрямителя. Он обеспечивает напряжение 3,5 в переменного тока для лампочек накаливания  $L_0 — L_{11}$  и напряжение 24 в постоянного тока для обмоток электромагнитных реле (рис. 48).

И г р о в о е п о л е, расположенное на лицевой панели, представляет собой полупрозрачный квадрат (из матового оргстекла) размерами  $30 \times 30$  см<sup>2</sup>, разделенный на 9 клеток, каждая из которых может подсвечиваться лампочкой, расположенной под панелью. Клетки поля 1—8, как указывалось выше, имеют гнезда для установки фишек-штекеров партнера машины при игре

(центральная клетка не имеет гнезда, так как эту клетку всегда занимает машина, делая первый ход). Под каждым гнездом расположены контакты ГП, замыкающиеся при вводе в гнездо фишки-штекера.

Гнезда хранения ГХ-1 — ГХ-4 устроены аналогично гнездам поля. При извлечении фишки-штекера из гнезда соответствующий контакт ГХ



Р и с. 48. Блок питания машины для игры в «Крестики и нолики».

размыкается, отключая напряжения питания обмоток реле 24 в. Поэтому партнер машины не может начать игру сам. Он вынужден уступить первый ход машине, нажимая кнопку  $K_n$  «Ход автомата». При нажатии этой кнопки срабатывает и блокируется реле  $P_1$ ; н. о. контакт этого реле  $P_1$ , замыкаясь, подготавливает к включению реле  $P_2$ . При отпускании кнопки  $K_n$  реле  $P_2$  срабатывает и становится на самопитание. Н. з. контакт реле  $P_2$ , замыкаясь, отключает реле  $P_1$ . В то же время другие н. о. контакты этого реле:

- включают лампочку  $L_0$ , подсвечивающую центральную клетку игрового поля (машина делает первый ход);

- включают напряжение 24 в на блок программы;

- шунтируют гнезда хранения ГХ-1 — ГХ-4, освобождая фишки-штекеры;

- подготавливают к включению реле  $P_3$  в блоке программы игры.

После этого партнер машины может сделать ответный ход — извлечь фишку-штекер из гнезда хранения и поместить ее в любое из гнезд ГП-1 — ГП-8, занимая соответствующую клетку игрового поля. Вставляя фишку-штекер в гнездо поля, партнер машины замыкает соответствующий контакт ГП, и напряжение +24 в поступает через этот контакт на одно из реле  $A$  (через контакты реле  $P_8$ ,  $P_6$  и  $P_4$ , см. рис. 45); это реле срабатывает и становится на самопитание, а его н. о. контакты в блоке программы замыкаются, подготавливая к включению соответствующее реле блока памяти. (Например, если партнер машины вставил фишку-штекер в гнездо четвертой клетки игрового поля, то замыкается контакт ГП-4, срабатывает и становится на самопитание реле  $A_4$ , а его н. о. контакт  $A_4$  в блоке программы, замыкаясь, подготавливает к включению реле памяти  $P_5$ ).

Далее должна сделать свой очередной ход машина. Для этого нажимается кнопка  $K_n$  «Ход автомата». При этом напряжение поступает на реле  $P_3$  и на систему релейных контактов блока программы. Реле  $P_3$  срабатывает и становится на самопитание, его н. о. контакт подготавливает к включению реле  $P_4$ . В то же время через систему контактов блока программы напряжение +24 в поступает на обмотку того из реле памяти, которое было подготовлено к включению, это реле срабатывает и становится на самопитание; своим н. о. контактом оно включает соответствующую лампочку подсвета на игровом поле — машина делает ответный ход. (Например, если было подготовлено к включению реле  $P_5$ , то оно срабатывает, включая лампочку  $L_5$  подсвета

пятой клетки игрового поля.) При отпускании кнопки  $K_n$  срабатывает подготовленное ранее к включению реле  $P_4$ . Его контакты: ставят это реле на самопитание;

отключают обмотку реле  $P_3$ ;

подготавливают к включению реле  $P_5$ ;

производят переключения в цепях питания реле программы: отключают все обмотки реле  $A$  и включают все обмотки реле  $B$ .

Теперь партнер машины может сделать свой второй ответный ход, вставляя вторую фишку-штекер в одно из гнезд свободных клеток игрового поля. Описанный цикл работы автомата повторяется (срабатывает одно из реле  $B_1 — B_8$ ; нажимается кнопка  $K_n$ ; срабатывает реле  $P_5$  и  $P_6$ , а также одно из реле памяти  $P$ ; машина подсвечивает занимаемую клетку игрового поля; контакты реле  $P_6$  отключают все обмотки реле  $B$  и включают все обмотки реле  $B$ ). После третьего и четвертого ходов партнера машины автомат действует аналогично (в блоке программы срабатывают соответственно реле  $B$  и  $\Gamma$ ).

При выигрыше машины напряжение  $+24$  в поступает не только на то реле памяти, которое должно включить лампочку подсвета последней занимаемой машиной клетки поля, но и на реле  $P_{10}$ , которое включает лампочку  $L_{10}$  — подсвет табло «Вы проиграли». В случае ничьей срабатывает реле  $P_9$ , включая лампочку  $L_9$  — подсвет табло «Ничья». При срабатывании одного из реле  $P_9$  или  $P_{10}$  н. з. контакты этого реле размыкаются, отключая напряжение от гнезд ГП.

Детали и конструкция. Основные блоки автомата — блок программы игры, блок памяти и блок питания — монтируются на отдельных металлических панелях, размеры которых определяются габаритами используемых деталей: электромагнитных реле, полупроводниковых диодов. В схеме можно применить электромагнитные реле типа РКН, РС-13 или РСЧ-52. Эти реле должны иметь до шести контактных групп. У реле  $P_4$ ,  $P_6$  и  $P_8$  должно быть по 11 контактных групп, поэтому целесообразно в качестве каждого из этих реле использовать по два реле типа РС-13, включая их обмотки параллельно.

На схеме эти «сдвоенные» реле обозначены:  $P_4$  и  $P'_4$ ,  $P_6$  и  $P'_6$ ,  $P_8$  и  $P'_8$ . В качестве реле  $P_1 — P_8$ , а также реле  $P_1$  можно применить реле типа РСМ-1. Пригодны для использования и другие типы электромагнитных реле с надлежащим количеством контактных групп. Полупроводниковые диоды  $D_1 — D_{68}$  типа Д7А. Диоды  $D_{69} — D_{72}$  в мостовой схеме выпрямителя выбираются в зависимости от типа примененных реле. Эти диоды долж-

ны обеспечить ток, достаточный для питания до 16 обмоток реле одновременно.

В качестве лампочек подсвета клеток игрового поля  $L_0$ — $L_8$ , табло  $L_9$  и  $L_{10}$ , а также сигнальной лампы  $L_{11}$  удобнее всего взять лампочки накаливания от карманного фонаря (3,5 в). Конденсатор  $C$  электролитический, на 50 мкф, 150 в. Кнопка  $Kn$ , а также контакты гнезд поля и гнезд хранения — самодельные, изготавливаются из полосок фосфористой бронзы. Параметры трансформатора блока питания определяются типами примененных деталей и потребляемой ими мощностью.

Все основные блоки машины монтируются в общем футляре, передняя стенка которого представляет собой лицевую панель, описанную выше. Взаимное расположение блоков не играет существенной роли, важно лишь предусмотреть возможность свободного доступа к любому элементу схемы. Блоки соединяются между собой, с игровым полем и пультом управления при помощи многожильного гибкого кабеля.

В описанной модели машины-автомата для игры в «Крестики и нолики» игру всегда начинает машина, и своим первым ходом она занимает центральную клетку игрового поля. Это обстоятельство позволило значительно сократить объем «памяти» машины, благодаря чему, несмотря на кажущуюся сложность, модель оказалась вполне доступной для изготовления в любительских условиях.

Пользуясь принципом, лежащим в основе действия этой модели, можно так составить схему машины для игры в «Крестики и нолики», чтобы машина уступала первый ход своему партнеру. Это потребует значительного увеличения объема «памяти» машины. Разумеется, можно пойти еще дальше и снабдить машину таким объемом «памяти», чтобы она могла придерживаться в игре беспронигрышной стратегии независимо от того, начинает ли она игру или уступает первый ход партнеру. Это потребует еще большего усложнения блоков программы и «памяти». Изготовление подобных моделей играющих машин в любительских условиях хотя и возможно, но вряд ли целесообразно.

### **МАШИНЫ ИГРАЮТ ВСЕ ЛУЧШЕ...**

При моделировании игры в «Крестики и нолики» и других, более сложных стратегических игр с большим числом стратегий (шашки, домино, шахматы) с помощью быстродействующих цифровых электронных машин используются принципы, которые



не сводятся к полному анализу всего дерева игры и введению в «память» машины всех вариантов стратегий. Как же играет, например, в шахматы быстродействующая электронная вычислительная машина?

Чтобы подготовить машину к игре, в ее «память» вводится соответствующая программа. Эта программа должна содержать правила игры, сравнительную (численную) оценку фигур, а также оценку их позиций, так как ценность фигуры значительно изменяется в зависимости от ее положения. Общая ситуация каждой стороны (белых и черных) определяется суммарной оценкой всех фигур и их позиций. При игре наиболее правильным будет такой ход, в результате которого суммарная оценка увеличивается. Для выбора очередного хода машина делает ряд проб и, руководствуясь программой, оценивает положение на доске после каждого своего возможного хода и лучшего возможного ответа противника. Таким образом, из всех возможных ходов машина может выбрать лучший.

Конечно, если машина «думает» только на один ход вперед, то ее игра будет проходить на уровне начинающего шахматиста. Для хорошей игры программа должна быть составлена так, чтобы машина рассчитывала все варианты игры на много ходов вперед. Однако при этом количество возможных вариантов возрастает настолько стремительно, что машина, несмотря на свое быстродействие, может попасть в цейтнот: ведь она испытывает все возможные ходы, в том числе даже явно нелепые, на которые шахматист-человек не обратил бы внимания.

Тем не менее, благодаря работе по улучшению шахматных программ и совершенствованию самих машин, электронные устройства, выступая в роли шахматистов, быстро повышают свое мастерство. Об этом свидетельствует и первый международный шахматный матч электронных машин, о котором мы рассказывали в начале этой главы.

В последнее время особый интерес приобрели работы ученых по созданию таких программ для машин, которые позволяли бы машинам, играющим в различные игры, самостоятельно совершенствовать свои способности. Машины, работающие по таким программам, называются самообучающимися.

Несколько лет назад американец А. Л. Сэмюэль составил программу быстродействующей вычислительной машине «ИБМ-704» для игры в шашки таким образом, что она могла запоминать сыгранные партии и, играя, просматривать предыдущие партии и изменять свою стратегию, учитывая накопленный опыт. Внача-

ле при игре с этой машиной Сэмюэлю удавалось легко у нее выигрывать. Однако машина стала быстро совершенствоваться и вскоре играла настолько хорошо, что могла побеждать своего конструктора в каждой партии.

Для игры в шахматы подобной программы пока еще не разработано. Но есть все основания ожидать, что со временем и эта задача будет решена. Играющая машина имеет два огромных преимущества перед своим противником — человеком: во-первых, она не делает ошибок по невнимательности, во-вторых, она может анализировать ходы лучше, чем человек. Самообучающаяся машина, сыграв несколько тысяч партий с квалифицированными шахматистами, со временем достигнет высокого мастерства.

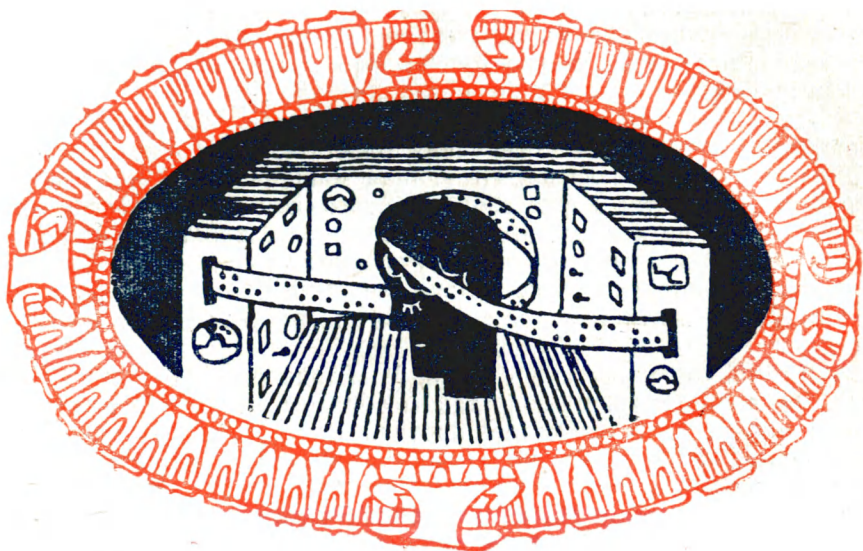
Другой американский ученый, М. Гарднер, предложил даже запрограммировать машину таким образом, чтобы она длительно и ожесточенно сражалась против... самой себя. Быстродействие машины позволит ей в короткое время приобрести опыт, далеко превосходящий опыт любого шахматиста. Экс-чемпион мира по шахматам М. М. Ботвинник высказал несколько лет тому назад мысль о том, что в будущем придется разыгрывать два первенства мира по шахматам: одно — среди гроссмейстеров, другое — среди машин.

Некоторые, впрочем, высказывают опасения за судьбу «живых» шахмат: станут ли люди интересоваться турнирами шахматных мастеров, когда машина превзойдет в мастерстве гроссмейстера? Отвечая таким скептикам, Михаил Ботвинник пишет в своей вышедшей недавно книге:

«Живые шахматы умереть не должны. Изобретение автомобиля и мотоцикла никак не снизило интереса к легкой атлетике— миллионы зрителей с увлечением наблюдают с трибун стадионов за борьбой бегунов. На беговой дорожке решается вопрос, кто самый быстрый человек на земле? Аналогичное положение будет и в шахматах — по-прежнему будет решаться вопрос о том, кто лучше среди людей играет в шахматы»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> М. М. Ботвинник. Алгоритм игры в шахматы. М., изд-во «Наука», 1968.





## КИБЕРНЕТИКА ПОМОГАЕТ УЧИТЬСЯ

*Образование есть то, что остается, когда все выученное уже забыто.*

*М. Лауэ*

*Во всем мире происходит переоценка устаревших методов, совершается переход на кибернетические методы обучения...*

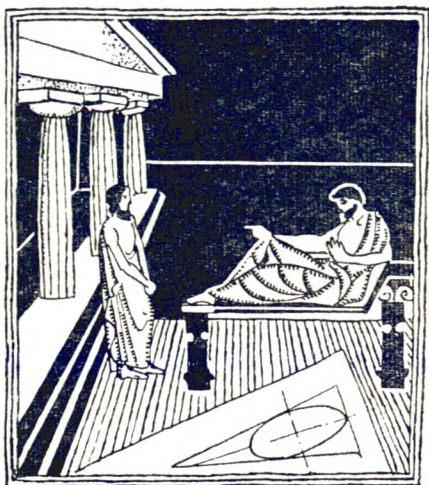
*А. И. Берг*

### В ПОИСКАХ «ЦАРСКОЙ ДОРОГИ»...

Древнее предание рассказывает, что царь Птоломей I, заинтересовавшись рассказами своих приближенных о великом математике Евклиде, велел однажды призвать его к себе. «Послушай, мудрец, — обратился царь к ученому. — Мне рассказали, что ты сделал много замечательных открытий. Я хочу познать сущность твоей науки. Но я царь, и времени для этого у меня мало. Укажи для меня кратчайший и удобнейший путь познания геометрии».

«О царь,— ответил ученый монарху.— Нет царской дороги в геометрии!»

В предании не сказано, как воспринял Птоломей I ответ Евклида. Но для многих поколений педагогов эти слова знаменитого математика оказались недостаточно авторитетными. Более двух тысячелетий они упорно искали и сейчас продолжают искать «царскую дорогу» — облегченные пути к знанию для детей и юношества. И надо признать, что усилия педагогов в этом трудном деле не были тщетны. За многие столетия учителя и



воспитатели научились преподносить в доступной форме знания, которые в древнем мире и в эпоху средневековья могли быть достоянием лишь бородатых мужей, да и то — далеко не всех.

В средние века, например, многие студенты с трудом добивались до пятого предложения первой книги «Начал» Евклида (о том, что в равнобедренном треугольнике углы при основании равны), и эта скромная теорема именовалась тогда «бегством убогих» или «ослиным мостом». Что же касается последней по счету теоремы той же первой книги — теоремы Пифагора, ныне доступной тринадцатилетним школьникам, то до нее в те времена доходили только магистры, в связи с чем она и получила пышное название «*magister matheseos*». А в наши дни нередко можно слышать, как школьники рассуждают о ядерных реакциях, о работе транзисторных радиоприемников и многих других вещах, которые даже не снились Евклиду и другим ученым древности и средневековья.

Бурно развиваются наука, техника, производство. Темп накопления естественных и научно-технических знаний теперь таков, что объем их увеличивается вдвое через каждые 8—10 лет. За десятилетие удваивается количество научных исследований во всем мире, примерно вдвое возрастает число научных работников, количество издаваемых в разных странах научных жур-

налов, статей, книг, число существенных изобретений и открытий; удваиваются и расходы на научные исследования. Все это вызывает потребность быстрого повышения уровня общей подготовки учащихся, значительного увеличения объема тех знаний, которые становятся необходимым минимумом для них на производстве, в быту, в общественной жизни, в часы досуга.

Но простое расширение учебных программ в школах и других учебных заведениях, включение в них новых тем и разделов приводит к перегрузке учащихся.

Что же делать? Увеличить сроки обучения?

Однако и так почти треть жизни человек тратит на усвоение того, что было сделано до него другими. Несложные расчеты показывают, что при существующих темпах накопления информации и сохранении традиционных методов обучения через два-три десятилетия молодому человеку для получения среднего образования потребуется не 10 лет, как в наши дни, а 20—25 лет! А что ожидает в этих условиях систему высшего образования? Нетрудно представить: диплом инженера студент сможет получить к тому времени, когда будет собираться на пенсию. К тому же придется во много раз увеличить количество педагогов, занятых в учебном процессе, а материальные затраты на обучение неимоверно возрастут и станут непосильным бременем для общества.

Остается другой путь: улучшить качество обучения, разработать новые, более совершенные методы передачи знаний с тем, чтобы резко увеличить эффективность использования учебного времени и добиться более прочного усвоения знаний при возрастающем их объеме.

Что же этому мешает?

### **ТРУДНО УЧЕНИКУ, НЕЛЕГКО И УЧИТЕЛЮ**

«Мы пытаемся, — говорит «главный кибернетик» нашей страны академик А. И. Берг, — во второй половине XX века обучать миллионы детей, подростков и взрослых теми же методами, которые давали малоудовлетворительные результаты, когда обучалось в сто раз меньше людей».

Нельзя не согласиться с этими словами ученого. В промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в научных исследованиях, даже в быту — всюду привычными стали слова «электрификация», «механизация», «автоматизация». Всюду быстро внедряются новейшие достижения науки и техники. И только

в учебном процессе все еще бытует образное выражение о меле и тряпке как главных технических средствах учителя. Правда, в последнее время в учебных заведениях стали использовать звукозапись, кино, даже телевидение... Но всего этого пока еще очень мало. В целом же характер труда учителя за последние столетия почти не изменился.

А ведь возможности наши теперь иные! Следует подумать о более широком использовании достижений науки и техники в обучении.

При механизации и автоматизации всякого вида человеческой деятельности машины и другие технические средства освобождают человека для труда творческого, увлекательного, истинно человеческого, принимая на себя самую трудоемкую часть работы, самые утомительные функции. Труд педагога включает немало таких функций. Кто из учителей, например, просиживая ежедневно долгие часы за проверкой ученических тетрадей, не фантазировал, мечтая о такой машине, которая бы выполняла за него эту однообразную, утомительную и, в сущности, «черную» работу? Кто из педагогов не знает, сколько труда и сил приходится затрачивать, чтобы хоть частично преодолеть противоречие между необходимостью индивидуального подхода учителя к каждому учащемуся и групповым обучением, которое, по сути дела, очень затрудняет (а часто делает просто физически невозможным) истинно индивидуальный подход к учащимся при существующих методах обучения?

В учебной группе обычно 20—40 (а иногда и более) учеников, различных по своим склонностям, темпераменту и предварительной подготовке. Где тут «приспосабливаться» к каждому! Педагогу приходится ориентироваться на некоего «среднего» ученика в ущерб интересам наиболее успевающих и отстающих.

А усвоил ли учащийся пройденный материал? Проверка знаний ребят на уроке малоэффективна. Как известно, добросовестность подготовки учащихся часто зависит от того, как оценивает ученик вероятность его вызова «к доске» на предстоящем уроке. («Нужно хорошо подготовиться, так как меня давно не вызывали и могут вызвать завтра», — рассуждает ученик; или, наоборот: «Вчера меня вызывали к доске, значит, завтра не вызовут, и можно не готовиться».) Вместе с тем, при опросе одного ученика остальные учащиеся (во всяком случае, большинство из них) часто остаются пассивными.

Письменные контрольные работы позволяют лучше определить степень усвоения материала всеми учащимися. Но поскольку

ку такие работы проводятся не часто, они вскрывают недочеты в знаниях учащихся с большим опозданием.

Но дело не только в этом. Допустим, учитель ухитряется чаще проводить письменные контрольные работы. Но как работают школьники? Правильно ли мыслят? Не пытаются ли «угадать» ответ? Этого учитель не может узнать. Даже во время проверки тетрадей учитель сможет судить лишь о результатах мыслительной деятельности ученика (решил — не решил, ошибся — не ошибся). Между тем, как важно выяснить, почему произошла ошибка? Ведь не зная причины, трудно ее устранить. Учитель вынужден «лечить без диагноза» и к тому же, как правило, с опозданием. А ведь неправильные действия и навыки могли закрепиться, привести к образованию в мозгу ученика неправильных связей, которые теперь надо ломать, перестраивать.

Как видим, при существующих методах обучения, выражаясь языком кибернетики, отсутствует хорошая обратная связь. Сообщая ученикам определенные сведения (например, объясняя, как следует рассуждать при решении задач данного типа), преподаватель не получает немедленно ответной информации о том, как в действительности рассуждают ученики, решая такие задачи. А без ответной информации педагог не имеет возможности своевременно корректировать течение мыслительных процессов, управлять ими. Мыслительные процессы у ребят формируются стихийно, а потому часто неправильно. И в этом — главная причина отставания, неуспеваемости, второгодничества.

## **ПРОГРАММИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ И ОБУЧАЮЩИЕ МАШИНЫ**

Достижения кибернетики, педагогики, психологии и физиологии позволяют в наше время значительно облегчить труд учителя и повысить его эффективность (следовательно, повысить эффективность учебного процесса), применяя методы так называемого программированного обучения с широким использованием кибернетических обучающих машин.

Сущность программированного обучения в следующем. Изучаемый материал разбивается на элементарные порции («дозы») в строгой логической последовательности. Каждую новую порцию материала учащиеся получают только после того, как хорошо усвоят предыдущую. Для проверки усвоения учебного материала ученику предлагается ответить на контрольные вопросы.

Правильность своих ответов учащийся проверяет, сравнивая их с образцовыми ответами. В случае правильных ответов ученик получает новую порцию учебного материала и как бы совершает первый шаг в обучении. Если ответы были неверными, учащемуся даются дополнительные разъяснения и предлагаются дополнительные вопросы.

Для совершения второго шага учащийся должен хорошо усвоить первую и вторую порции учебного материала, а для совершения третьего шага — первую, вторую и третью порции и т. д. Таким образом, в процессе изучения материала ученик движется постепенно, шаг за шагом, с одной ступеньки на другую, от незнания к знанию. При этом в зависимости от предварительной подготовки и способностей разные учащиеся продвигаются вперед с большей или меньшей скоростью, но всегда достигают конечного этапа — успешного завершения обучения. Этим достигается индивидуализация обучения при сохранении его группового характера, т. е. устраняется одно из основных противоречий традиционных методов обучения.

При таком обучении педагог должен своевременно получать значительно большую информацию о ходе усвоения материала каждым из учащихся, чем при обычных методах обучения. Это обеспечивается широким применением специальных программированных учебников и учебных пособий, а также использованием кибернетических обучающих машин. Особая роль в новых методах обучения отводится электронным кибернетическим машинам.

Какие же функции в учебном процессе можно поручить электронным помощникам?

Основные функции учителя в процессе обучения сводятся к следующему:

- сообщение учащимся нового учебного материала, демонстрация различных опытов, изучаемых предметов, наглядных пособий и т. п.; здесь учитель выступает перед учащимися как лектор, рассказчик, консультант, информатор;

- тренировка учащихся при усвоении ими учебного материала во время выполнения упражнений, лабораторных работ, различных практических занятий и т. п.; в этом случае учитель является репетитором, тренером;

- проверка усвоения учебного материала учащимися; при этом учитель играет роль контролера, экзаменатора.

В живом процессе обучения все эти функции учителя обычно тесно связаны и даже переплетаются настолько, что порой трудно сказать, где кончается роль учителя-информатора и где



начинаются его функции репетитора и контролера. Выступая, например, в качестве репетитора при выполнении учащимися упражнений и закреплении знаний в их памяти, учитель должен быть одновременно и экзаменатором, контролирующим правильность усвоения учебного материала, и консультантом, который сообщает учащимся в случае надобности дополнительные сведения, дает необходимые разъяснения и т. п.

Особенно тесно должны быть связаны функции учителя при программированном обучении. Ведь здесь требуется подача учебного материала небольшими порциями и немедленный контроль качества усвоения сразу же после изучения каждой порции. Однако именно здесь учитель физически не в состоянии выполнять свои функции достаточно эффективно, так как он не может быстро перерабатывать огромное количество информации, поступающей к нему от всех учеников одновременно. Только применение кибернетических машин и устройств может помочь ему в решении этой задачи.

Кибернетические машины способны выполнять все указанные нами основные функции учителя, выступая в учебном процессе в роли информаторов, репетиторов (тренажеров) и контролеров (экзаменаторов).

### **МАШИНЫ КОНСУЛЬТИРУЮТ, ТРЕНИРУЮТ, ЭКЗАМЕНУЮТ...**

Познакомимся теперь с принципом действия основных типов обучающих кибернетических машин.

**Машины - информаторы.** Технические средства обучения этой группы являются наиболее примитивными с точки зрения возможностей обмена информацией с учащимися (хотя конструкции подобных устройств могут быть весьма сложными). В простейших случаях такие машины состоят всего из двух основных узлов: запоминающего устройства (блока памяти), в котором хранится информация (учебный материал), и более или менее сложного механизма, способного выдавать эту информацию учащимся по определенной программе.

При использовании таких машин в учебном процессе имеет место лишь односторонняя передача информации — от машины к учащимся, или, как говорят кибернетики, существует лишь прямая связь с учащимися, обратная связь учащихся с машиной отсутствует. Примерами таких машин, широко применяемых в настоящее время в учебном процессе, являются эпидиаскопы, кинопроекторные аппараты, телевизионные установки, магнито-

фоны и т. п. Начинают находить применение и различные информационно-логические устройства и справочные машины (о чем мы уже рассказывали в главе «Электронные эрудиты»). Информационно-логический справочный автомат, в «памяти» которого записано обилие сведений, может быть хорошим консультантом и даже лектором, который по первому требованию учащегося выдает учебный материал, а также нужные справки или проводит исчерпывающие консультации по пройденному курсу.

Недалеко то время, когда электронные информаторы-консультанты будут широко применяться в школах, вузах и других учебных заведениях.

**Машины-контролеры.** Для обучающих машин этой группы, как и для информационных машин, применяемых в обучении, также характерна односторонняя передача информации. Но, в отличие от информаторов, в таких автоматах информация передается только от учащегося к машине, т. е. существует лишь обратная связь, прямой связи машины с учащимися нет. Для проверки и оценки усвоения учащимися материала в запоминающее устройство машины-контролера вводится программа опроса. Учащийся, которому машина предлагает вопрос (или серию вопросов) по определенному учебному материалу, формулирует самостоятельно ответ (метод прямого ответа) или выбирает один из нескольких предложенных ответов (метод выбора ответа) и вводит его с помощью какого-либо механизма в машину. Машина сравнивает ответы учащегося с правильными, хранящимися в ее памяти, затем, на основании этого сравнения, производит оценку ответов.

Разумеется, такие машины не решают проблему контроля во всем объеме, но они могут успешно использоваться для текущего контроля успеваемости, особенно для проверки и самопроверки учащимися своих знаний, причем такая самопроверка может проводиться вне урока и даже в отсутствие учителя.

**Машины-тренажеры (репетиторы).** В таких машинах учебный материал в виде упражнений, примеров и новых для учащегося сведений, а также задачи и вопросы по этому материалу (программа контроля) вводятся в запоминающее устройство машины заранее, во время подготовки ее к работе. После включения машины устройство выдачи информации извлекает из «памяти» хранящиеся там дозы учебного материала, контрольные вопросы и предлагает их учащемуся. Выдача информации может производиться с помощью магнитофона, диапроектора, бумажной ленты, на которой записан соответствующий текст, и тому

подобных узлов, составляющих единое целое со всей машиной-тренажером. Прослушав (просмотрев) очередную порцию информации и ознакомившись с соответствующими контрольными вопросами, учащийся отвечает на последние, вводя свои ответы в машину с помощью блока ввода ответов.

После сравнения каждого ответа с правильным, поступающим в устройство сравнения из блока памяти, машина направляет в блок выдачи оценки сигнал подтверждения правильности этого ответа (при неправильном ответе в блок выдачи оценки поступает сигнал «ошибка»). Дальнейшие действия машины-тренажера могут быть различными в зависимости от логической структуры обучающей программы, заложенной в ее конструкцию.

В простейших машинах этого типа сразу же после ввода учащимся ответа на очередной вопрос устройство выдачи оценки сигнализирует о правильности или неправильности ответа, а при неправильном или неполном ответе машина выдает учащемуся информацию, содержащую разъяснение и полный ответ на вопрос, после чего следует переход к новой дозе учебного материала (в этом случае говорят, что машина работает по линейной программе).

В других машинах этого типа в случае ошибки правильный ответ не выдается, но учащемуся предоставляется возможность повторных ответов на предложенные машиной вопросы. В машине для этого предусмотрены блокирующие устройства, не разрешающие учащемуся переходить к новому вопросу до тех пор, пока он не ответит правильно на предыдущий.

Более сложные машины-тренажеры работают по разветвленной программе: при неправильных ответах учащегося автомат анализирует характер ошибки, выдает соответствующий дополнительный учебный материал, наводящие вопросы, подсказки, дополнительные задания и т. п. Только убедившись в том, что материал очередной дозы учащийся усвоил прочно, машина переходит к следующей, новой дозе.

В большинстве случаев машины-тренажеры снабжены счетчиками ошибок или другими устройствами, позволяющими учителю и самому учащемуся в конце цикла обучения проверить его результаты и эффективность.

Наряду с информаторами, экзаменаторами и тренажерами, предназначенными для автоматизации отдельных этапов учебного процесса, существуют универсальные многорежимные обучающие машины, совмещающие функции машин всех указанных трех групп.

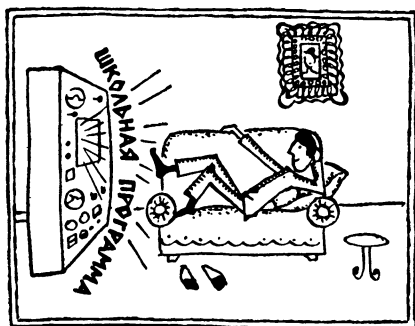
Индивидуальные обучающие машины, с каждой из которых работает один учащийся, находят применение в тех случаях, когда работа носит полностью самостоятельный характер и управляющее воздействие оказывает сама машина. С такими случаями мы встречаемся при заочном обучении, при самоподготовке к занятиям, зачету, экзамену и т. п. Если же в классе, оборудованном такими машинами, занятие проводит преподаватель, то гибкое управление работой всей группы ему трудно осуществить: он должен переходить от одного места к другому, успевать следить за сигналами многих машин, разбросанных по классу.

Поэтому при групповом обучении начинают применяться обучающие системы, в которых все рабочие места связаны с пультом преподавателя электрическим кабелем. С пульта преподавателя по этому кабелю ведется управление работой всего класса: выдается информация, задаются упражнения и контрольные задания, вводятся программы правильных ответов. Такие комплексы получили название автоматизированных классов.

Наиболее перспективно создание автоматизированных классов, содержащих в качестве основного управляющего элемента электронную быстродействующую вычислительную машину. Обладая высоким быстродействием и значительным объемом памяти, электронные вычислительные машины позволяют индивидуализировать обучение в больших группах — от 100 до 1000 учащихся и более. Например, в одном из высших учебных заведений Киева для обучения студентов была использована обучающая машина типа УМШН (управляющая машина широкого назначения), разработанная Институтом кибернетики АН УССР, имеющая оперативное запоминающее устройство, рассчитанное на 2048 26-разрядных чисел (машина выполняет в среднем до 8000 операций в секунду). Обучающий комплекс под управлением этой машины дал возможность проводить обучение одновременно до 150 человек.

Заглядывая в будущее, можно с уверенностью сказать, что электронные машины, обслуживая одновременно сотни и тысячи человек, причем делая это четко, адаптивно (приспосабливаясь к каждому обучающемуся индивидуально), будут снабжать их учебной информацией прямо на дому, и это окажется безусловно выгоднее и надежнее, чем содержать огромное число школ и миллионы учителей, на подготовку которых требуются большие материальные затраты.

На сегодняшний день создание обучающих центров с электронными обучающими машинами и связанные с этим задачи про-



граммированного обучения и психологии находятся еще в стадии разработки. Но множество отдельных педагогических операций — тренировку, самоконтроль, проверку знаний — сегодня уже могут взять на себя довольно простые и сравнительно недорогие кибернетические устройства, разработанные нашими инженерами и педагогами.

### УЧИТ «СВЕРДЛОВСК-1»

Несколько лет назад научными сотрудниками Свердловского педагогического института в содружестве с работниками Свердловского медицинского института была сконструирована и построена обучающая машина «Свердловск-1» — электронное кибернетическое устройство для программированного обучения студентов-медиков рентгенодиагностике. Основное назначение этого электронного «репетитора» — выработка у студента строгой логической системы мышления, без которой невозможно распознавание и лечение болезни. Ведь диагноз — это результат логически связанных, последовательно вытекающих одно из другого умозаключений.

Один из создателей машины — доктор медицинских наук Л. Б. Наумов — разработал обучающую программу — алгоритм обучения диагностике 60 наиболее распространенных заболеваний легких и сердца. В соответствии с этим алгоритмом весь процесс постановки диагноза — от первого взгляда студента на рентгеновский снимок до установления развернутого, исчерпывающего диагноза — разбит на последовательные логические этапы. На каждом таком этапе необходимо, рассматривая рентгеновский снимок, проанализировать определенные рентгенологические признаки, их комбинации и на основании этого анализа сделать соответствующие умозаключения. Если все эти умозаключения безошибочны, то врач в конце концов приходит к единственно правильному диагнозу.

Как же учит «Свердловск-1»?

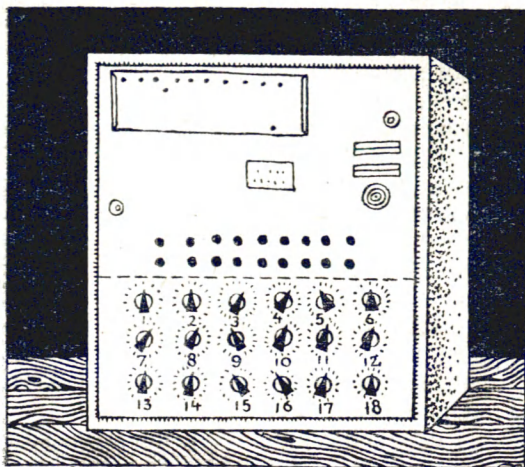
Преподаватель вводит в память машины с помощью специальной перфокарты информацию о симптомах и диагнозе заболева-

ния, а соответствующий этому заболеванию рентгеновский снимок устанавливается перед студентом на негатоскопе (светящемся экране). Будущий врач получает также специальную карточку-программу с вопросами, соответствующими логическим этапам изучения рентгенологических признаков заболевания (обучающий алгоритм). Затем преподаватель включает машину и оставляет студента с ней «наедине». Непрерывно сопоставляя темную картину на рентгеновском снимке с программой, учащийся на каждом этапе выбирает ответ, который представляется ему верным (делает умозаключение), и вводит этот ответ в машину. При правильном ответе загорается белая лампочка-сигнал: «Правильно, продолжайте». После этого можно переходить к анализу следующего этапа решения диагностической задачи. При неправильном ответе (т. е. неверном умозаключении) загорается красная лампочка-сигнал: «Ошибка».

Не приведет ли обучение с такой машиной к попыткам студентов угадывать правильные ответы? Не будет ли машина подавлять мыслительный процесс учащегося? Чтобы проверить эффективность машины, в Свердловском медицинском институте провели следующий эксперимент. Студентам были даны четыре задания: описать рентгеноснимок и поставить диагноз без использования машины, опираясь лишь на свои знания; затем выбрать верные, по их мнению, ответы из разработанной для машины программы; проверить эти ответы с помощью машины и, наконец, составить новое описание снимка и снова поставить диагноз.

Сотни студентов «поработали» с машиной. И вот весьма красноречивые результаты. Первоначальные описания снимков довольно поверхностны, студенты могли увидеть и выделить только несколько признаков заболевания. Пользуясь программой, они глубже проникают в тайну снимка, выделяют все необходимые для постановки диагноза симптомы. И это не удивительно: программа вносит логический порядок, обогащает представление студента новыми признаками болезни. Но все же она не гарантирует его от ошибки. На каком-то этапе студент может неправильно истолковать симптом, придя к неверному умозаключению. Одна ошибка влечет за собой другую, третью, и в результате — неверный диагноз. Машина же, контролируя умозаключения студента, не пропустит ни одной ошибки, она обращает внимание студента на неправильные умозаключения и настойчиво требует нахождения правильных ответов.

И вот, наконец, получены повторные описания снимков, сделанные «под репетиторством» машины. Они значительно отлича-



Р и с. 49. Внешний вид обучающей машины «Свердловск-1».

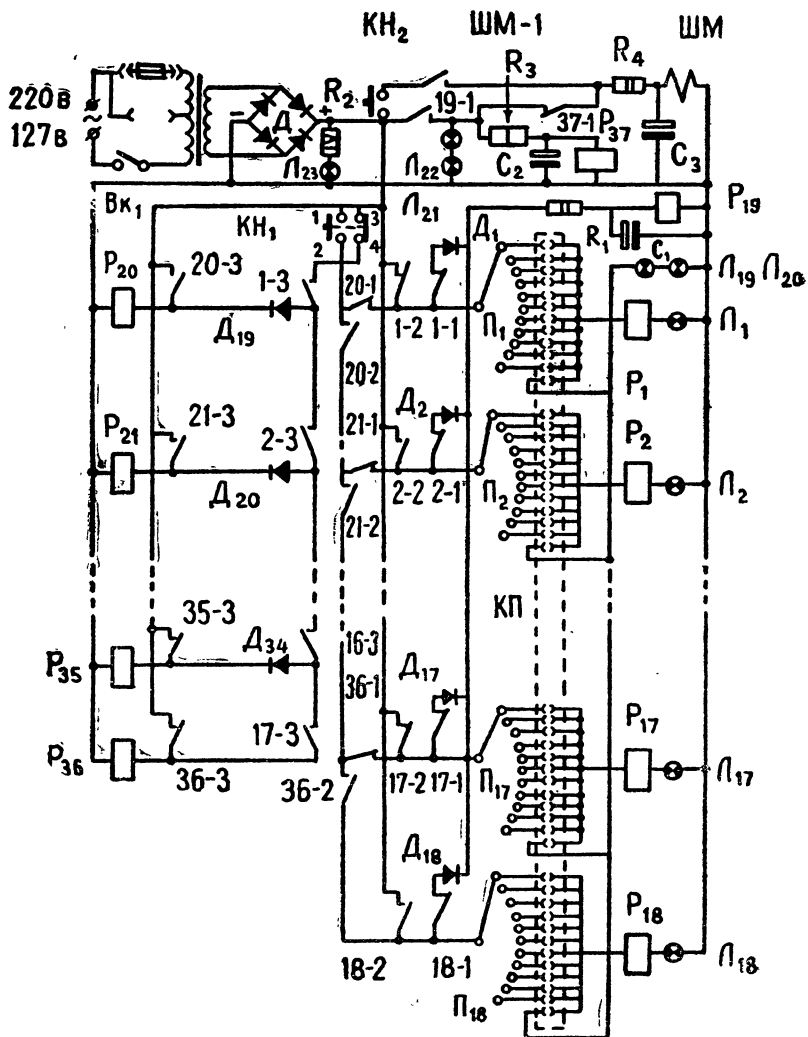
ются от робких начальных студенческих поисков, логичны, всесторонни, а главное — вполне квалифицированы.

Машины типа «Свердловск-1» и усовершенствованные их модели «Свердловск-2» и «Свердловск-4» нашли применение в Свердловском медицинском институте для обучения будущих врачей рентгенодиагностике. Но эти машины могут быть использованы для обучения многим другим

дисциплинам: математике, физике, электротехнике, словом, любому предмету, для которого разработан обучающий алгоритм и составлена программа обучения.

### КАК УСТРОЕНА ОБУЧАЮЩАЯ МАШИНА «СВЕРДЛОВСК-1»?

Общий вид обучающей машины «Свердловск-1» показан на рис. 49. На лицевой панели ее расположены: выключатель питания «Сеть» (220 в); сигнальная лампочка-индикатор включения машины и подсветка счетчика ошибок; штепсельный коммутатор, с помощью которого задается программа решения задачи (в описываемой конструкции — диагностической задачи); 18 переключателей для последовательного ввода ответов; переключатели пронумерованы большими цифрами от 1 до 18, каждый из них поворотом ручки может быть установлен в любое из 11 положений, обозначенных малыми цифрами от 1 до 11; кнопка «Ответ»; 18 лампочек-индикаторов правильных ответов; нумерация лампочек соответствует нумерации переключателей — от 1 до 18; красное световое табло — сигнал ошибочного ответа; зеленое световое табло — сигнал окончания опроса (в описанной конст-



Р и с. 50. Принципиальная схема обучающей машины «Свердловск-1».



рукции — сигнал, подтверждающий правильно поставленный диагноз); кнопка установки счетчика ошибок на нуль.

Для работы с машиной обучаемый получает рентгеновский снимок больного, перфокарту этого снимка и соответствующую ему карточку-программу. Снимок устанавливается на негатоскоп, а перфокарта накладывается на штепсельный коммутатор. В отверстия перфокарты вставляются штекеры, замыкающие контакты правильных ответов на вопросы программы. Затем обучаемый тумблером «Сеть» включает машину и приступает к работе, как было описано выше.

На каждый из 18 вопросов программы может быть предусмотрено до 11 ответов, один из которых правильный и полный, а остальные — неправильные или неполные. Учащийся выбирает для каждого вопроса ответ, который представляется ему верным, устанавливает переключатель с номером этого вопроса в положение, соответствующее номеру правильного (по его мнению) ответа и нажимает кнопку «Ответ». Если ответ был выбран правильно, то загорается лампочка-индикатор, имеющая номер того вопроса, на который дан ответ. Если выбран неправильный ответ, загорается красный сигнал и срабатывает счетчик ошибок, делая один отсчет. При отпускании кнопки «Ответ» красное табло ошибки гаснет, и обучаемый должен ввести с помощью того же переключателя другой вариант ответа. До тех пор, пока не будет найден правильный ответ, перейти к следующему вопросу (этапу) невозможно.

Принципиальная схема обучающей машины «Свердловск-1» приведена на рис. 50. Рассмотрим работу схемы. При включении тумблера  $B_{K1}$  («Сеть») начинает работать выпрямитель блока питания и загорается лампочка  $L_{23}$  — индикатор включения машины и подсветка шкалы счетчика ошибок. Программа правильных ответов к поставленной задаче вводится перед включением машины установкой штекеров в гнезда контактного поля штепсельного коммутатора  $KП$  в соответствии с отверстиями перфокарты, накладываемой на этот коммутатор. Чтобы правильно ответить на вопросы, обучаемый должен установить каждый из переключателей выбора ответов  $P_1—P_{18}$  в положение (одно из положений 1—11), запрограммированное как правильное.

При правильном ответе на первый вопрос программы после нажатия кнопки «Ответ» ( $K_{H1}$ ) замыкаются ее контакты 1 и 2 и срабатывает реле  $P_1$  через цепь: плюс (+) источника питания, контакты 1 и 2 кнопки  $K_{H1}$ , нормально замкнутые контак-

ты 20—1, переключатель  $P_1$ , контакты КП, обмотка реле  $P_1$ , лампа  $L_1$ , минус (—) источника питания. Срабатывает реле  $P_1$  и становится на самопитание через свои контакты 1—2; одновременно размыкаются контакты 1—1 и замыкаются контакты 1—3 этого реле. При отпускании кнопки  $K_{н1}$  ее контакты 3 и 4 замыкаются, и через контакты 1—3 реле  $P_1$  и диод  $D_{19}$  включается реле  $P_{20}$ . Через свои контакты 20—3 это реле становится на самопитание, а контакты 20—1 и 20—2 переключаются, подготавливая схему к приему ответа на следующий вопрос. Лампочка  $L_1$  продолжает гореть, указывая, что ответ на первый вопрос дан правильно и можно переходить к следующему вопросу.

При ответе на следующий вопрос схема работает аналогично, но теперь срабатывает реле  $P_2$  и  $P_{21}$  и т. д.

При неправильных ответах на каждый вопрос после нажатия кнопки  $K_{н1}$  образуется замкнутая цепь: плюс (+) источника питания, контакты 1 и 2 кнопки  $K_{н1}$ , контакты 20—1, контакты 1—1, диод  $D_1$ , резистор  $R_1$ , обмотка реле  $P_{19}$ , минус (—) источника питания. После срабатывания реле  $P_{19}$  его контакты 19—1 включают лампы  $L_{21}$ — $L_{22}$  светового табло ошибки и шаговый мотор ШМ счетчика ошибок.

Для четкой работы шагового мотора требуются импульсы определенной длительности, поэтому в схеме применено устройство задержки, состоящее из реле  $P_{37}$ , резистора  $R_3$  и конденсатора  $C_2$ . Поскольку питание на реле  $P_{37}$  подается через цепь задержки  $R_3$ — $C_2$ , контакт 37—1 разрывает цепь питания шагового мотора ШМ не сразу после замыкания контакта 19—1, а через время, определяемое величиной  $R_3C_2$ .

Таким образом, длительность импульса, подаваемого на ШМ, зависит только от величины  $R_3$  и  $C_2$  и не зависит от длительности нажатия кнопки  $K_{н1}$  (при условии, что длительность нажатия кнопки  $K_{н1}$  будет больше времени задержки реле  $P_{37}$ ).

При правильном ответе реле  $P_{19}$  сработать не успевает, так как оно также имеет цепь задержки срабатывания во времени (резистор  $R_1$  и конденсатор  $C_1$ ), немного большую, чем время размыкания контакта 1—1 при срабатывании реле  $P_1$ . Время задержки срабатывания реле  $P_{19}$  определяется величинами  $R_1$  и  $C_1$ .

Диоды  $D_1$ — $D_{18}$ , а также диоды  $D_{19}$ — $D_{34}$  являются развязывающими элементами: они предотвращают ложное и преждевременное срабатывание тех из реле  $P_1$ — $P_{18}$  и  $P_{20}$ — $P_{36}$ , которые еще не участвуют в работе. Кнопка  $K_{н2}$  предназначена для установки шкалы ошибок шагового мотора на нуль перед началом работы.

Контакт ШМ-1 создает импульсный режим работы шагового мотора, цепь  $R_4$ — $C_3$  сглаживает пульсацию питающего напряжения, подаваемого на его обмотку.

В машине предусмотрена сигнализация окончания работы (зеленое световое табло «Диагноз поставлен») при окончании опроса на любом этапе. Для этого в каждом вертикальном ряду КП имеется двенадцатое контактное гнездо. При установке в него контактного штекера с соответствующего переключателя ( $P_1$ — $P_{18}$ ) подается напряжение питания на лампы  $L_{19}$  и  $L_{20}$  зеленого светового табло.

Машина питается от выпрямителя на диодах  $D_{35}$ — $D_{38}$  через понижающий трансформатор  $Tr$ , который включается в сеть переменного тока с напряжением 220 в. Для подсветки шкалы счетчика ошибок и сигнализации готовности машины к работе после включения в сеть использована лампа  $L_{23}$ ; резистор  $R_2$  ограничивает ток этой лампы.

Машина собрана на панели из дюралюминия толщиной 2,5 мм и размером 430×500 мм. В схеме применены следующие стандартные детали и узлы. Переключатели  $P_1$ — $P_{18}$  — типа 11П1Н. Лампочки индикации и подсветки табло — типа МН18 напряжением 26 в. Реле  $P_1$ — $P_{18}$  типа РЭС, реле  $P_{20}$ — $P_{36}$  — типа РЭС-6, реле  $P_{19}$  и  $P_{37}$  — типа РЭС-10. Диоды  $D_1$ — $D_{18}$  и  $D_{19}$ — $D_{34}$  типа Д7В. Конденсаторы  $C_1$ — $C_3$  — электролитические типа КЭГ-2 100 мкф, 50 в. Резисторы:  $R_1$ —680 ом,  $R_2$ —340 ом,  $R_3$ —160 ом,  $R_4$ —100 ом. Кнопки — самодельные. Блок питания обеспечивает выпрямленное напряжение 50 в.

Данные трансформатора  $Tr$ : железо Ш-24, пакет 45 мм, первичная обмотка содержит 880 витков провода ПЭЛ-0,4, а вторичная обмотка имеет 240 витков провода ПЭЛ-1,2. Выпрямитель собран на четырех диодах типа Д-214 по мостовой схеме. Шаговый мотор взят от шагового искателя типа ШИ-17, с него сняты все контактные группы, а на оси установлен диск с цифрами от 0 до 35. При подаче на мотор одного импульса диск поворачивается на  $1/36$  оборота, таким образом, максимальное число ошибок, которое может отсчитать счетчик, — 35.

Как показал опыт работы с этой машиной, даже слабо подготовленные студенты не совершают большего числа ошибок при решении одной диагностической задачи, поэтому указанных пределов счета вполне достаточно.

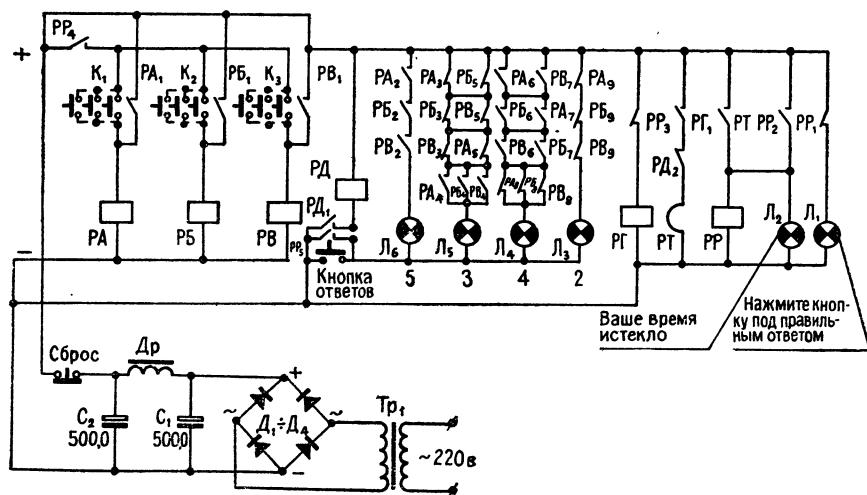
Монтажная панель со всеми деталями и узлами вставлена в деревянный футляр с крышкой; для удобства транспортировки машины футляр снабжен ручкой.

## ЭКЗАМЕНАТОР «МЫСЛЬ-1»

Свердловские школьники — любители кибернетики — в лаборатории радиоэлектроники Дома пионеров имени Володи Дубинина разработали и построили модель машины-экзаменатора. Юные конструкторы назвали свою кибернетическую машину «Мысль-1».

Экзаменатор «Мысль-1» несложен в изготовлении и налаживании, создание подобного кибернетического устройства возможно в любой школе, Доме пионеров или на станции юных техников. Как всякая машина-экзаменатор, «Мысль-1» предназначена для проверки знаний учащихся. Принцип ее работы сводится к следующему.

На пульте машины укрепляется карточка с тремя вопросами, на которые учащийся должен ответить. Рядом с каждым вопросом расположены три кнопки, под кнопками написаны ответы на вопрос — один ответ правильный и два неправильных или неточных. Прочитав вопрос, учащийся нажимает ту из кнопок, которая расположена над правильным (по его мнению) ответом. Если на все три вопроса опрашиваемый ответит правильно, то после нажатия кнопки ответа на световом табло загорится оценка 5. При правильном ответе на два вопроса на табло загорается оценка 4, а при одном верном ответе — оценка 3. Если на все



Р и с. 51. Принципиальная схема экзаменатора «Мысль-1».

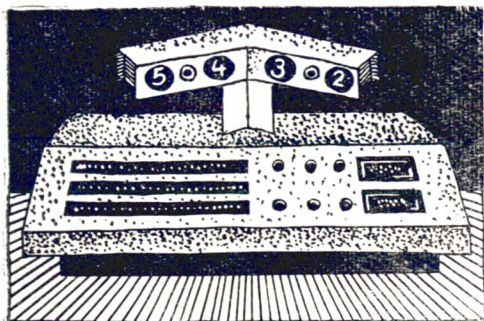


Рис. 52. Внешний вид экзаменатора «Мысль-1».

три вопроса экзаменуемый дал неправильные ответы, на световом табло подсвечивается оценка 2.

Для ответов на все три вопроса отводится вполне определенное время. По истечении этого времени машина включает табло «Ваше время истекло», и выставляет оценку в соответствии с теми ответами, которые опрашиваемый успел дать.

Принципиальная электрическая схема модели

приведена на рис. 51, а внешний вид ее — на рис. 52. Рассмотрим взаимодействие узлов и деталей машины при ее работе.

Реле  $PA$ ,  $PB$  и  $PB$ , управляющие включением табло оценок, срабатывают при нажатии кнопок ввода ответов (три группы по три кнопки  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ ). В каждой группе только одна из кнопок замыкает цепь, подавая напряжение на обмотку реле, другие две отключены. Чтобы экзаменуемый не мог запомнить кнопки, соответствующие правильным ответам, на задней стенке корпуса машины расположены 9 гнезд и 3 штекера, с помощью которых можно коммутировать кнопки.

При включении машины загорается лампочка  $L_1$ , подсвечивающая табло «Нажмите кнопку под правильным ответом». Одновременно поступает напряжение на обмотку реле  $PG$ , это реле срабатывает, его контакт  $PG_1$  включает нагревательный элемент  $PT$  теплового реле времени. Пока этот элемент нагревается, ученик должен ответить на все три вопроса, нажимая кнопки под правильными ответами, затем нажать кнопку ответов. При нажатии кнопок  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  срабатывают реле  $PA$ ,  $PB$  и  $PB$  и становятся на самопитание; их контакты в цепях питания лампочек  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_5$  и  $L_6$  переключаются таким образом, что включенной оказывается только одна из этих ламп:  $L_6$  (оценка 5), если все три ответа правильны,  $L_4$  (оценка 4), если два из трех ответов правильны;  $L_5$  (оценка 3), если верен лишь один ответ, и  $L_3$  (оценка 2), если все три ответа даны неверно. После нажатия кнопки ответов включенная лампочка загорается, подсвечивая оценку на табло. Одновременно срабатывает реле  $PD$ . Его кон-

такт  $PD_1$  шунтирует кнопку ответов, а контакт  $PD_2$  отключает нагревательный элемент реле времени  $PT$ .

Если учащийся долго обдумывает ответы и за отведенное время не успел ответить (не нажал кнопки  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ ), нагревательный элемент  $PT$  нагреется настолько, что сработает тепловое реле: контакт  $PT$  замыкается и подает напряжение на лампочку  $L_2$ , подсвечивающую табло «Ваше время истекло». Одновременно срабатывает и становится на самопитание реле  $PP$ . Его контакт  $PP_1$  отключает лампочку  $L_1$  — гаснет табло «Нажмите кнопку под правильным ответом». Контакт  $PP_4$  отключает кнопки  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ , исключая возможность ввода ответов после включения табло «Ваше время истекло». Контакт  $PP_5$ , включенный параллельно кнопке ответов, включает одну из лампочек  $L_3$ — $L_6$ , подсвечивающих оценку на табло. Контакт  $PP_3$  отключает обмотку реле  $PG$ , и последнее своим контактом  $PG_1$  отключает нагревательный элемент реле времени. Охлаждаясь, этот элемент размыкает контакт  $PT$ , но реле  $PP$  остается включенным через свой контакт  $PP_2$ .

Для возврата схемы машины в исходное состояние нужно нажать кнопку «Сброс» (при этом отключаются все реле).

В модели использованы реле типа РЭС-7 (в качестве реле  $PA$ ,  $PB$  и  $PB$  применены по два таких реле, обмотки которых соединены параллельно) и лампочки на 24 в. Реле укреплены на железной плите размером 200×100 мм. Световое табло, объясняющее правила пользования машиной, и табло реле времени «Ваше время истекло» имеют размеры 120×50 мм, они закрыты матовыми стеклами.

Нагревательный элемент для теплового реле изготавливается следующим образом. Две металлические пластинки — стальная и цинковая — должны быть склепаны вместе. Длина пластинок 40 мм, ширина — 4 мм, толщина 0,2—0,3 мм. Склепанные пластинки нужно обернуть слюдой или другим изоляционным материалом, не боящимся нагревания. Поверх слюды наматывается нихромовая проволока диаметром 0,1 мм, длиной 35 см (шаг намотки — 1 мм). Контакт к этому биметаллическому реле изготавливают из латуни. При нагревании биметаллическая пластинка изгибается и замыкает латунный контакт.

Выпрямитель, питающий схему, должен давать напряжение 24 в. В схеме выпрямителя можно использовать селеновый столбик с диаметром шайб 45 мм (или германиевые диоды Д-203 или ДГЦ-27). Для изготовления трансформатора используется железо Ш-25, толщина пакета 30 мм. Первичная обмотка имеет

2200 витков провода ПЭЛ-0,25. Вторичная обмотка наматывается проводом ПЭЛ-0,8 и имеет 240 витков. Сглаживающий фильтр состоит из дросселя и двух электролитических конденсаторов. Для изготовления дросселя использовано железо Ш-12, толщина набора 15 мм. Число витков дросселя — 1600, провод ПЭЛ-0,2. Электролитические конденсаторы типа КА-2, 500 мкф, 50 в.

Налаживание модели сводится к установлению времени выдержки теплового биметаллического реле. Время выдержки определяется расстоянием между контактами этого реле, которое подбирается экспериментально.

Корпус машины «Мысль-1» изготовлен из алюминия и окрашен светлой «молотковой» нитроэмалью.

Заметим в заключение, что описанная модель обладает существенным эксплуатационным недостатком: если при вводе ответов на каждый вопрос экзаменуемый ухитрится нажимать сразу все три кнопки, то, естественно, среди нажатых будет и кнопка, соответствующая правильному ответу: он сможет «обмануть» машину и получить оценку 5. Для устранения этого недостатка можно заменить каждую группу из трех кнопок переключателем на три положения.





## П О Ю Щ А Я Р А Д У Г А

*Чувство цвета является популярнейшей формой эстетического чувства вообще.*

*К. Маркс*

*Так как звук и свет в сущности сводятся к движению, то у них должно быть много общих свойств.*

*В. Г. Короленко*

### ТРИУМФ В ЛОНДОНЕ

В концертном зале медленно гаснет свет. В программе симфонического концерта — «Итальянское каприччио» П. И. Чайковского. Дирижер дал вступление оркестру, и вместе с первыми звуками зал наполнился красками. Полились нежные звуки, отражаясь на громадном экране зеленоватым сиянием. Мягкие, пастельные теплые краски то вдруг переходят в багровые яркие сполохи, то опять затухают. Как гармонично сливается чарующая музыка с гаммой цветов!



Но вот музыка смолкла, и цвет исчез. А слушатели долго еще находятся в плену необыкновенной гармонии цвета и звука.

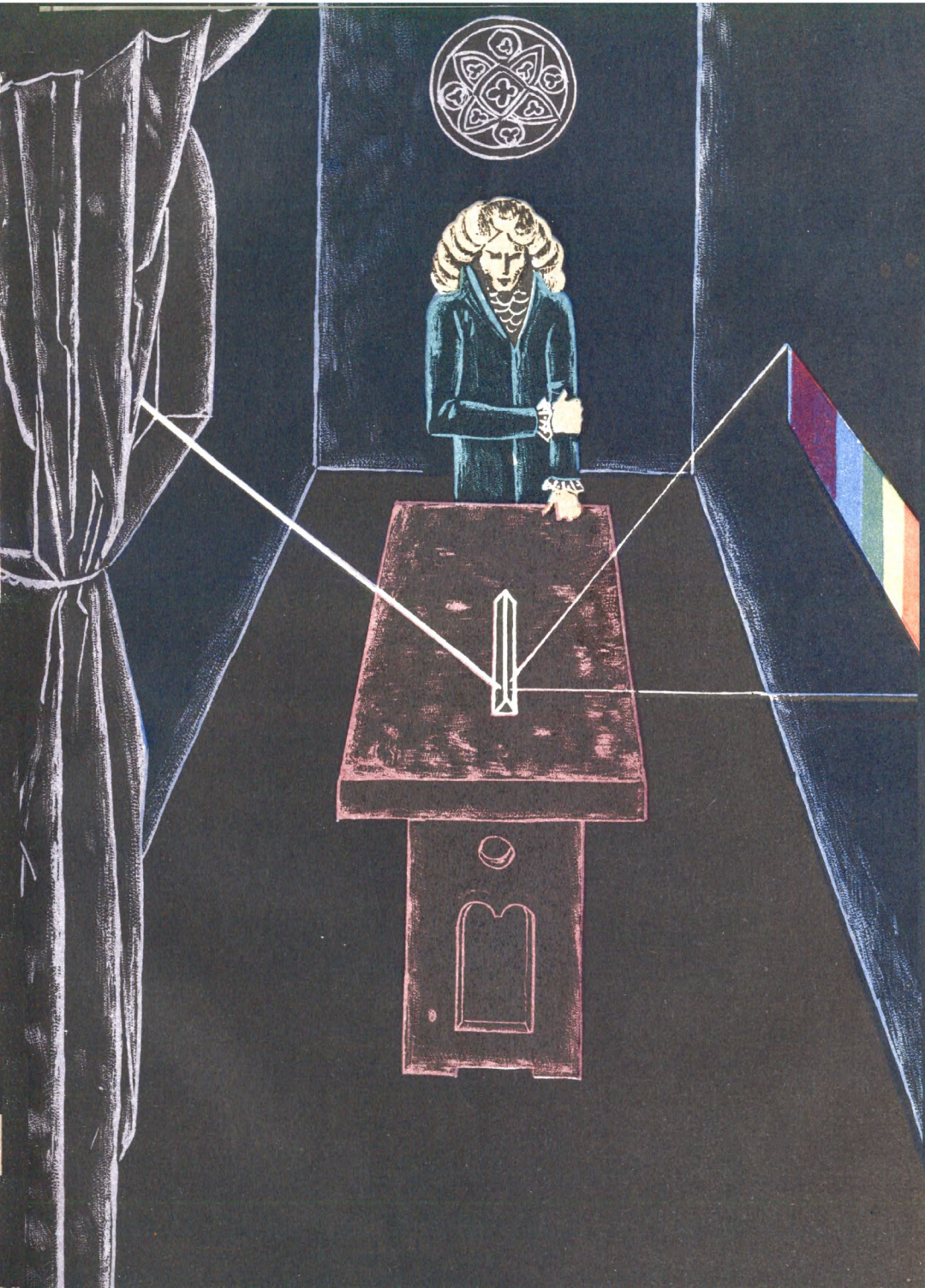
Музыка и цвет! Какое удивительное сочетание. Насколько эмоциональнее воспринимается содержание музыкального произведения, когда оно слито с цветом!

То, о чем мы рассказали,— не отрывок из фантастического произведения. Этот необычный концерт состоялся в 1960 году в Лондоне, на Советской промышленной выставке. Демонстрировалась установка цветомузыки, созданная коллективом ученых под руководством доктора технических наук А. Я. Лернера и К. Л. Леонтьева в Институте автоматики и телемеханики Академии наук СССР.

Английские инженеры и техники проявили к советской цветомузыкальной установке большой интерес. Характерен такой эпизод, о котором рассказал один из авторов цветомузыкальной установки Константин Леонтьевич Леонтьев. «В один из дней было решено в первый раз опробовать работу цветомузыкальной установки. Прозвучал последний аккорд, давший на экране зеленую вспышку. И вдруг в зале раздались аплодисменты. Оказалось, что наша репетиция, о чем мы и не подозревали, проходила при полном зале. Александр Яковлевич Лернер вышел в зал и объяснил «незванным» гостям, что это лишь наладка аппаратуры. Но нас обрадовало это происшествие. Последующая демонстрация проходила в специально оборудованном зале. Установленный в зале экран имел такую форму, чтобы посетитель психологически не настраивался на восприятие кино».

Как выглядит на экране цветомузыкальной установки, скажем, 2-я Венгерская рапсодия Ф. Листа? На этот вопрос трудно ответить, потому что ни в одном языке нет слов, чтобы описать это зрелище. Когда звучат напряженные, мощные аккорды, экран становится багровым. Более спокойная музыкальная фраза окрашивает экран в изумрудно-зеленый цвет. Возникает в музыке тема воли — и экран становится ослепительно-серебристым. С повышением динамики звука цвет становится более насыщенным, с понижением — блеклым.

С каждым днем все больше людей знакомились с необычным экспонатом в Советском павильоне. Пресса Англии почти единодушно выражала восхищение советским изобретением. «Дейли экспресс», «Ивнинг ньюс», «Сан» и даже «Таймс», которую читает сама королева и члены кабинета,— все писали об успехах советской выставки и сходились на том, что одним из интересней-



ших экспонатов является цветомузыкальная установка. Крупнейшие ученые Западной Европы специально приезжали в Лондон, чтобы увидеть и услышать цветомузыку. Из Дании приехал президент Датской академии художеств, чтобы познакомиться с демонстрацией цветомузыки, о которой он узнал из газет. Профессор Бэрлоу, представитель европейского отделения американского журнала «Контрол-инжениринг» — одного из крупнейших теоретических журналов по вопросам автоматики и кибернетики — дал очень высокую оценку цветомузыкальной установке, созданной советскими учеными.

Вернувшись из своей триумфальной поездки на берега Темзы, цветомузыкальная установка получила прописку в павильоне «Радиоэлектроника» Выставки достижений народного хозяйства в Москве. И снова успех, на этот раз — на родной земле. Программа цветомузыкального концерта и здесь была составлена таким образом, чтобы наиболее полно продемонстрировать возможности созданной установки. Исполнялись лучшие произведения мировой классики: «2-я рапсодия» Листа, «Испанское каприччио» Римского-Корсакова, «Итальянское каприччио» Чайковского. Москвичи и гости столицы — все, кому довелось присутствовать на демонстрации цветомузыки, с чувством восторга и гордости за отечественную науку отзывались о необычном концерте.

Триумф первой советской цветомузыкальной установки в Лондоне и Москве привлек внимание зарубежных фирм, производящих радиоэлектронную аппаратуру. Некоторые из них стали создавать «свои» цветомузыкальные приборы. Фирма «Филлипс», затратив огромные средства, построила установку, которая впоследствии демонстрировалась в павильоне ФРГ на Всемирной выставке. Это было нечто среднее между кино и цветомузыкой. На больших экранах появлялись изуродованные страхом и злобой лица, а в это время в зале звучала музыка, написанная в «лучших» традициях абстракционизма. Затем кадры сменялись абстрактным цветным узором, и все повторялось сначала. Конечно, ни о какой связи между музыкой и цветом тут не могло быть речи.

Первые цветомузыкальные концерты в Москве и Лондоне положили начало новому жанру искусства — цветомузыке, связавшей воедино звук и цвет в их эмоциональном воздействии на человека. Но если мы обратимся к истории, то увидим, что первые попытки связать музыку и цвет делались еще, по крайней мере, за 2300 лет до нашего времени.

## В ПОИСКАХ СВЯЗИ

Великий Аристотель в философском трактате «О душе» писал: «Цвета по приятности их гармонии могут относиться между собой подобно музыкальным созвучиям и быть взаимно пропорциональными». Проходили века, а ученые продолжали искать подтверждения мысли этого древнего философа.

В один из солнечных весенних дней 1666 года Исаак Ньютон вместе со своим ассистентом выполнил несложный опыт. Закрыв окно темной бархатной шторой, он направил тонкий солнечный луч на стеклянную призму. Луч, выходя из призмы, превращался в радужную полосу — спектр. Основных цветов в спектре оказалось семь: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый.

Ассистент Ньютона обладал даром очень хорошо различать оттенки цвета. Направив спектр на лист белой бумаги, ученый попросил его отметить границы, разделяющие отдельные цвета. На бумаге получилось семь полосок различной ширины. Самую широкую полосу занимал фиолетовый цвет. Затем полосы сужались, а в конце, там где был красный цвет, снова шла широкая полоса. «Если ширину фиолетовой полосы принять за единицу, — рассуждал Ньютон, — то получатся следующие соотношения полосок по ширине: фиолетовый цвет — 1, синий —  $8/9$ , голубой —  $3/4$ , зеленый —  $2/3$ , желтый —  $3/5$ , оранжевый —  $9/16$ , красный —  $1/2$ .

«Изучая это явление, ученый установил, что цвет определяется длиной световой волны, или частотой колебаний. Далее он предположил, что цвет имеет ту же природу, что и звук. Так как октава состоит из восьми звуков (начало октавы и конец ее завершает одна и та же нота), то Ньютону понадобилось, в соответствии со своей гипотезой, искусственно ввести еще один цвет. Он ввел новый цвет — «индиго», название, которое дошло и до наших дней.

Однако великий ученый ошибался: его сопоставление звуков цветам было искусственным и неправомерным. Ведь в музыке отдельный звук, вне музыкальной фразы, не имеет музыкального смысла и не несет эстетически-смысловой нагрузки. Один и тот же звук, входя составным компонентом в музыкальную фразу, может образовывать разные созвучия, вызывая у слушателя разные эмоции. «Гипотеза Ньютона о связи между музыкальной гаммой и спектром ошибочна и потому, что в природе звук и цвет как физические процессы не являются

взаимозависимыми. Если между ними и имеется некоторая зависимость в отдельных случаях (например, блеск молнии — и последующие раскаты грома, треск поленьев в костре — и трепет языков пламени, щелканье электрического выключателя — и вспышка света электрической лампы и т. д.), то все же различны закономерности восприятия их человеком». Так объясняет ошибку Ньютона один из авторов первой советской цветомузыкальной установки К. Л. Леонтьев в своей книге «Музыка и цвет».

Искусственный и ошибочный подход Ньютона к проблеме соединения музыки и цвета развил и практически реализовал в XVIII веке французский пастор, математик Луи Бертран (отец Кастелий), построивший «цветовой клавикорд». В этом инструменте при нажатии той или иной клавиши, наряду с соответствующим звуком, на небольшом экране появлялись цветные полосы. Звукам низкой частоты соответствовали цвета более длинных оптических волн (красный цвет), звукам середины звукового диапазона — зеленый цвет, высоким звукам — синий и фиолетовый цвета.

Интересно отметить, что «цветовой клавикорд» отца Кастелия был весьма скептически встречен учеными Российской Академии наук, которые интересовались поисками связей между цветом и музыкой. В апреле 1742 года «клавесину для зрения», как его называли в России, было посвящено специальное заседание Академии.

«Самовольно очень роздал тоны цветам честный отец Кастелий, — говорил, выступая перед учеными, член Академии, профессор экспериментальной и теоретической физики Г. Крафт. — Вместо основания или начальной ноты можно всякий цвет выбрать. Выбрал он лазоревый. Изрядно! Коли сей цвет уж принят за основание, то надобно ему за квинту прибавить такой цвет, который, без сомнения, заключал бы в себе полуторную меру, как число два к числу три. Вместо сего расстояния, то есть вместо ноты пятой, которую квинтой обыкновенно называют, назначил Кастелий цвет красный. Да что тому за резон? Чем он докажет такую пропорцию между лазоревым и красным цветом, какая находится между двойкой и тройкой?.. Кто ему открыл, что от лазоревого морской цвет дизом называться может?..»

Член Академии, доктор медицины и профессор физиологии Вейтбрехт, критикуя отца Кастелия, подчеркивал: «В музыке увеселяет нас перемена — скорее ударение, повторение тонов и

различное их одного с другим соединение. В цветах, напротив, увеселяет тихость и простота, продолжающееся вдаль и постоянное представление не как сложение, а как одного цвета к другому приложению. Приятен бывает и цвет одинокий, да, как говорят, одна струна немного гремит...» Бедному отцу Кастилию пришлось выслушать немало гневных, но справедливых упреков в адрес своего дитища.

Однако ошибочная идея разделения звукового диапазона на три части, каждой из которых соответствовал бы свой цвет, оказалась настолько живучей, что и теперь, более чем через двести лет, от нее не отказываются многие конструкторы. Не случайно советский композитор В. Блок возмущался в печати, что «в цветомузыку забрел технический примитив в виде радиоприемников с так называемым «цветовым сопровождением» (например радиолы «Гамма» и «Самоцвет»). В них самые низкие по частоте звуки привязываются, скажем, к красной лампочке, самые высокие — к синей, средние — к желтой или зеленой. Нечего и говорить, что эта крайне упрощенная схема имеет такое же отношение к искусству цветомузыки, как детские переводные картинки к живописи».

В конце XIX столетия некоторые композиторы пытались привлечь «в помощь музыке» не только цвет, но и запах. Делались попытки создать соответствующие инструменты, а в 1891 году в Париже состоялись публичные представления, во время которых слушателям и зрителям демонстрировали произведения, «сочетавшие» музыку с цветом и запахом. Постановка носила интригующее название «Песнь о Соломоне, симфония духовной любви в 8 музыкальных частях и 3 парафразах». Сценарий был написан Полем Реапара, «музыкальные ощущения по Фламену де Ламбрел» (имелся в виду композитор). Увы, зритель, слушая музыку, не испытывал ничего, кроме досады. От изобретателей ускользало самое существенное: связь между музыкой и цветом.

Но поиски не прекращались.

## **«ПРОМЕТЕЙ» И КИБЕРНЕТИКА**

Москва, 4 февраля 1917 года. Даже в то тревожное и беспокойное время интерес к любому зрелищу был велик. Хотя театр еще оставался монополией фраков, вечерних туалетов и парадом бриллиантов, пиджаки, поддевки и студенческие фуражки нередко появлялись в зрительном зале. В этот вечер у подъезда Боль-



ного театра толпилось необычно много людей. Давали не оперу, не балет, а ...цветомузыкальный концерт. Мало кто в то время знал, что это такое. Исполнялась симфоническая поэма «Прометей» («Поэма огня») композитора А. Н. Скрябина. В партитуру «Прометея» композитор ввел строку «люкс», в которой были записаны обозначения цветов, соответствующих той или иной музыкальной фразе произведения.

Чем руководствовался талантливый композитор, записывая цвета на рукописи партитуры? Чувством синопсии — «видения звуков».

У некоторых людей музыка вызывает зрительное представление цвета, они музыку не только слышат, но и видят. Определенные созвучия (аккорды) окрашиваются в их представлении в свои, присущие только данным созвучиям цвета, причем у разных людей цветовая окраска аккордов может быть различной. Для человека, наделенного таким чувством, музыка всегда существует не сама по себе, а в сочетании с цветом. Это и есть синопсия — способность организма связывать звуки с определенными цветовыми сочетаниями.

Видением звука обладают многие композиторы и исполнители музыкальных произведений. Известно, например, что чувством синопсии обладал композитор Берлиоз, видел звуки в цвете композитор Н. А. Римский-Корсаков, А. Н. Скрябин попытался с помощью строки «люкс» передать свои цветомузыкальные ощущения и представления.

Однако чувство синопсии, подсказавшее Александру Николаевичу Скрябину выбор цветов для его «Поэмы огня», принесло ему немало незаслуженных обид от «борзых на руку критиков». Несмотря на новизну, публика осталась равнодушной к эксперименту талантливого композитора. Вот что писала «Русская музыкальная газета» в номере от 5 февраля 1917 года о цветомузыкальном концерте: «Как это, может, ни странно, в распоряжении Большого театра оказалось лишь три смены различных цветов. При таком положении, конечно, нечего было и думать о сколько-нибудь приблизительном воспроизведении цветовой партии». Была создана цветомузыка, но не было еще инструмента, на котором можно было исполнить это гениальное творение.

Прошли десятилетия...И вот достижения радиоэлектроники и кибернетики сделали возможным то, о чем на протяжении многих веков мечтали поколения ученых и композиторов — от Аристотеля до Скрябина.

Какую роль в создании цветомузыкальных инструментов сыграло развитие кибернетики?

Кибернетика — это наука о передаче, приеме и хранении информации. Несет ли музыка какую-либо информацию тем, кто ее слушает? Безусловно. Музыка воздействует на чувства слушателей, и часто это воздействие бывает весьма сильным: музыка может заставить человека веселиться, грустить, негодовать, любить, переживать вместе с любимым героем.

Музыка в своей информативности сильна и тем, что она передает информацию людям, которые не объединены знанием одного языка. Музыка Шостаковича, Глиера понятна и американцу, и индусу, и испанцу, если даже ни один из них не знает языка композитора. В то же время восприятие музыки, особенно серьезной (например, симфонической), — процесс, требующий определенной подготовки слушателя, определенной его музыкальной грамотности.

Передача «музыкальной информации» происходит по сравнительно простой схеме. Композитор вынашивает возникающие в его сознании музыкальные образы, затем кодирует их — записывает с помощью нотных знаков на бумаге. Исполнитель-музыкант с помощью музыкального инструмента превращает нотные знаки в звуки. Услышанная музыка через слуховой аппарат доходит до человеческого сознания, декодируется — расшифровывается, и содержание музыкального произведения может быть сохранено в памяти. Таким образом, процесс передачи музыкальной информации аналогичен чтению газеты или книги, но там используется другой канал связи — зрительный.

Естественно задать вопрос: а нельзя ли воспользоваться зрительным каналом связи для передачи информации, содержащейся в музыкальном произведении?

Давно известно, что информация может быть передана и воспринята зрением в форме цвето-световых явлений. Вспомните, например, как передаются сообщения с помощью «морского» телеграфа. Но может ли быть переложена на цвет информация, заключенная в бессмертных творениях Чайковского, Глинки, Бетховена, Прокофьева и других композиторов?

Здесь уместно обратиться к работам члена-корреспондента Академии наук СССР, заслуженного деятеля науки С. В. Кравкова. Ученый в течение многих лет проводил опыты по изучению влияния звуковых раздражителей на цветовое зрение. Он доказал, что при воздействии на слух человека звуками постоянной громкости можно добиться того, что чувствительность глаза к



зелено-голубым тонам повышается, а чувствительность к оранжево-красным тонам снижается. Исследуя, как влияют на чувствительность глаза звуки разной громкости, Кравков получил также поразительные результаты: оказалось, что с нарастанием громкости звука чувствительность к зеленому цвету растет, а к оранжевому — падает.

Физиологи объяснили установленные С. В. Кравковым закономерности наличием между зрительным и слуховым анализаторами человека определенных связей, осуществляющихся в низших отделах головного мозга. Эти связи свойственны всякому человеку с нормальным слухом и зрением, они вовсе не являются привилегией немногих, как думали раньше. Цветовой слух синопсия — это лишь своеобразное отклонение от обычной формы, в которой осуществляются связи между слухом и зрением.

Своими опытами С. В. Кравков показал, что зрительное восприятие зависит от воздействия на него звука, а слуховое восприятие — от воздействия света. Проникновение в тайны этих закономерностей открывает возможность так соединить музыку и цвет, чтобы цветовые и звуковые восприятия усиливали друг друга, а суммарное восприятие было более обостренным и эмоциональным. Если же при создании цветомузыкальных установок пренебречь этими объективными закономерностями зрения и слуха, то цвет не будет усиливать восприятие музыки, а, наоборот, будет ослаблять его, рассеивая внимание.

Теперь становится понятным, почему не имели успеха попытки создать цветомузыкальный инструмент, в основу которого был положен механистический принцип привязывания каждого цвета к определенной ноте. Советские ученые А. Я. Лернер и К. Л. Леонтьев пошли по другому пути. Они создали свою цветомузыкальную установку, пользуясь достижениями современной физиологии, психологии и кибернетики. Впервые в мире была сделана попытка автоматически анализировать сложное музыкальное произведение и в соответствии с объективными законами зрительного восприятия преобразовывать музыку в цвет.

Как же действует цветомузыкальный инструмент, созданный советскими учеными?

Чувствительный микрофон преобразует музыкальный звук в электрический сигнал, который вводится в электронную аппаратуру, где производится анализ музыкальной фразы. Каждый музыкальный звук анализируется по высоте, длительности и громкости. Затем сигналы поступают в синтезирующее устройство, которое суммирует «параметры» музыкального звука, выявляет

существенные связи между слуховым и зрительным его восприятием, и устанавливает, какой цвет должен соответствовать тому или иному музыкальному звуку по яркости, контрастности, цветовому тону, насыщенности, длительности свечения. После этого световые сигналы попадают на общий экран. В установке применяются три источника света, имеющие красный, зеленый и синий световые фильтры. Цвет экрана зависит от интенсивности отдельных цветовых излучений, которые, смешиваясь, образуют остальные оттенки спектра. Этот способ получения цвета, называемый аддитивным, положен теперь в основу всех кибернетических цветомузыкальных установок.

### ПУТИ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНОГО СИНТЕЗА

За последние годы цветомузыка в Советском Союзе получила широкое распространение. Конструированием цветомузыкальных инструментов и установок с энтузиазмом и увлечением занимаются многие коллективы, ими проделана большая исследовательская работа. Композиторы стали все чаще сочинять цветомузыкальные произведения, рассчитанные на исполнение специально на цветомузыкальных инструментах. Возникло и развивается несколько направлений цветомузыки.

Сторонники одного из направлений разрабатывают методы анализа музыки и перевода ее в цвет с помощью кибернетических устройств на основе общих законов восприятия цвета и музыки. При этом цвет как бы иллюстрирует музыку и имеет подчиненное значение. Эстетическое назначение цвета — создание благоприятных условий для более углубленного восприятия музыки. К этому направлению следует отнести работы кандидата технических наук Е. А. Мурзина, по проекту которого строится первый в Советском Союзе зал цветомузыки в музее основоположника цветомузыки композитора А. Н. Скрябина. Вот что рассказывает о своей работе Евгений Александрович Мурзин:

«Мы пытаемся развивать идеи Скрябина о синтетическом музыкальном искусстве. В нем ведущее начало остается за музыкой, специально написанной для этой цели. Здесь, по-видимому, необходимо исключить все отвлекающее. Поэтому оркестранты и даже исполнители-солисты размещены за пределами обозрения. Зал для цветоконцертов будет иметь форму амфитеатра, вроде концертного зала имени П. И. Чайковского, только в нем не будет привычных архитектурных деталей. Это купол, зрительно напоминающий небосвод, с наклонной линией гори-

зонта, идущей к эстраде. Купол образован с помощью тонкой, проницаемой для звука, сфероидальной белой пленки. Засветка купола — без применения специальной проекционной техники: множеством источников света с цветными фильтрами.

Цвет используется, главным образом, для создания атмосферы восприятия музыки, и лишь изредка переходит в ведущую партию. Ведь он имеет, не считая интенсивности и разбавленности белым светом, только 300 градаций различия. Не допускается использование цвета для создания таких композиций, которые составлены из многих элементов и нуждаются в длительном рассматривании. Этому условию удовлетворяет ограниченная дифференциация цвета (справа, слева, у горизонта) с плавными переходами.

Однако необходимо зафиксировать точку зрительного внимания. Попробуем обобщить образы современного дирижера, мима, чтеца, певца-солиста. Такой обобщенный персонаж может появиться перед зрителями на эстраде. В частном случае это может быть дирижер-чародей, своими скупыми действиями управляющий стихией музыки и цвета. Он — душа композиторского замысла, он и античный Прометей, похитивший с неба огонь, и современный завоеватель космоса. Он лирическая душа поэта. Словом, его участие в исполнении так же рассчитано на участие игры фантазии зрителей-слушателей, как сами музыка и цвет. Для развития этого образа на части купола может появиться какая-либо деталь, например, лицо мима. Это можно сделать из киноаппаратной методом бесформатной проекции.

Располагая таким залом, техникой управления, цветом и звуком, можно будет с помощью художественных экспериментов на деле доказать состоятельность нового жанра и определить его основные направления».

Другое направление энтузиастов цветомузыки объединяет членов студенческого конструкторского бюро «Прометей» Казанского авиационного института и коллектив конструкторов-студентов Ленинградского института авиационной промышленности. Сторонники этого направления считают, что при исполнении цветомузыкальных произведений в оркестре, наряду с музыкантами, должны быть и цветомузыканты-исполнители партии цветового сопровождения на специальном инструменте. В Казани для этого создан цветовой орган, с помощью которого можно исполнять партию цвета, написанную композитором. Цветомузыкальные произведения, рассчитанные на такое исполнение, созданы советскими композиторами. Примером может служить ра-

бота киевского композитора Валерия Петровича Полевого, написавшего поэму для фортепиано и цветового органа.

Первая установка цветомузыки, созданная в Казани, выполнена в виде прямоугольного экрана, затянутого полупрозрачным материалом. За поверхностью экрана были расположены цветовые лампы накаливания: зеленая, синяя, красная, желтая и белая. Каждая лампочка могла включаться с помощью кнопки, находящейся на пульте исполнителя. Так как число ламп было велико, то цветовую партию исполняли несколько цветомузыкантов, которыми дирижировал «цветовой дирижер».

Следующей работой казанской конструкторской группы «Прометей» было создание цветомузыкальной установки «Кристалл» — качественно нового инструмента, на котором можно исполнять партию цвета, сопровождая им музыкальное произведение.

Казанские конструкторы создали несколько установок цветомузыки и сняли цветомузыкальный фильм «Прометей», в котором воплощена цветовая партия поэмы Скрябина. Этот фильм предназначен для сопровождения музыкального исполнения скрябинского «Прометея».

Удачной оказалась и работа омской конструкторской группы, которой руководит Юрий Братанов. Этой группой создан цветомузыкальный инструмент, на котором можно играть, получая любой цвет. Как известно, цветовой спектр может быть представлен графически в виде цветового треугольника. В вершинах этого треугольника располагаются основные цвета — красный, зеленый и синий, а в центре — белый цвет. Смешиванием двух основных цветов без участия третьего получаются цвета, расположенные на сторонах треугольника; цвет, получаемый сочетанием всех трех основных цветов, будет находиться внутри треугольника. В зависимости от доли того или иного цвета точка расположения результирующего цвета будет перемещаться по плоскости треугольника.

Цветомузыкальная установка омичей представляет собой столик, на поверхности которого изображен цветовой треугольник. Нажимая пальцем на любое место плоскости треугольника, исполнитель вызывает появление на экране соответствующего цвета. Инерционность этой системы, по утверждению автора, составляет всего 0,2 сек. Управление световым потоком производится с помощью магнитных усилителей.

Свердловскими школьниками под руководством одного из авторов этой книги построена цветомузыкальная установка

«Радуга-1», в которой анализ звука производится по частоте и громкости. Эта цветомузыкальная машина демонстрировалась на ВДНХ и удостоена Диплома 1-й степени и Золотой медали Выставки. Позднее свердловская «Радуга-1» демонстрировалась на советской выставке детского технического творчества в США, где также вызвала большой интерес.

Научно-популярные журналы предлагают конструкторам-любителям много простых схем цветомузыкальных приставок к радиоприемникам, электропроигрывателям, магнитофонам, которые работают на принципе разделения звукового диапазона на три поддиапазона, каждому из которых соответствует свой цвет. Безусловно, анализ музыкального звука в цветомузыке требует учета не только высоты и громкости, но и тембра, характера исполняемого произведения. В электронике известны специальные приборы — спектроанализаторы, с помощью которых музыкальный звук сложного состава разлагается на ряд частичных тонов и обертонов. Прибором определяются число тонов, высота каждого из них, его сила. Но, несмотря на эти сложные и точные приборы, техника пока не в состоянии соревноваться с ухом человека.

## СВЕТ И ЭКРАНЫ

Разные конструкторы с различных творческих позиций подходят к созданию цветомузыкальных инструментов. Но в наши дни можно сделать некоторые выводы о том, какими должны быть основные технические средства для воспроизведения цвета с помощью цветомузыкальной установки.

Какой бы цветомузыкальный инструмент ни создал конструктор, в нем обязательно будет источник света и экран. К этим элементам цветомузыкальной установки предъявляются специфические требования.

Остановимся, прежде всего, на источниках света для цветомузыкальных установок. Нельзя считать удачным вариантом применение в светотехнической части таких установок окрашенных электрических лампочек накаливания, так как они имеют неудовлетворительную спектральную характеристику: их свет дает значительно меньше голубых и синих лучей, чем желтых и красных. Этим и объясняется желтоватое свечение электрических лампочек накаливания при пониженном напряжении в сети. Тепловая инерция накаливаемых нитей этих ламп также сказывается на качестве изображения. Это становится особенно

заметным при исполнении музыкальных произведений, написанных в быстром темпе: из-за инерционности нити свет «не успевает» следовать за музыкой.

Современная техника производства электровакуумных приборов дает конструкторам цветомузыкальных установок источники света, свободные от этих недостатков. К таким источникам относятся ксеноновые газоразрядные лампы типа ДКСШ-1000Б (или ДКСШ-200Б). Спектр излучения этих ламп непрерывен и по цветности очень близок к прямым солнечным лучам. Поэтому поверхности и тела, освещенные ксеноновыми лампами, воспринимаются глазом, как освещенные солнцем. Кроме того, эти лампы малоинерционны, хорошо управляются по яркости.

И еще одна проблема — светофильтры. При окраске ламп даже самыми высококачественными лаками не удастся получить хорошего цвета. В цветомузыкальных установках трудно добиться правильного цветовоспроизведения, если плох светофильтр. Пока лучшими являются светофильтры, выпускаемые нашей оптической промышленностью: для красного цвета — КС-13 или КС-14 (толщина 3—5 мм), для зеленого — ЗС-1 или ЗС-6 (толщина 1 мм), для синего — СС-1 или СС-8 (толщина 1—2 мм). Несколько хуже пленочные светофильтры, используемые при съемке цветных кинофильмов.

Создатели цветомузыкальной установки особое внимание обращают на конструкцию экрана. Форма его продумывается с особой тщательностью. Ведь, кроме технической нагрузки, экран имеет и эстетическое значение.

Сотрудники Ленинградского научно-исследовательского института имени А. С. Попова (ИРПА) установили, что оптимальной формой поверхности экрана является шар. При такой форме экрана источники всех трех основных цветов могут иметь произвольную форму и находиться в любых точках пространства внутри сферы.

Начинающие конструкторы могут проводить свои эксперименты с цветомузыкой, используя в качестве экрана матовый шар от электросветильника, применяемого для освещения улиц. Это позволяет получить неплохие результаты.

Можно придать экрану форму, значительно отличающуюся от сферы, но важно помнить, что экран цветомузыкальной установки не должен быть похож на киноэкран или экран телевизора. Это вызовет ненужные ассоциации и отвлечет от восприятия музыки. В то же время не рекомендуются и слишком сме-

лые, «абстрактные» очертания. Ломаные линии экрана будут затруднять восприятие цвета, зрительно перегружать его.

В простейших конструкциях начинающих любителей можно использовать и плоские экраны. Как и в кино, здесь возможна прямая проекция света на экран (диапроекция) и проекция «на просвет», при которой источники света устанавливаются за экраном. Специальные отражатели и короткофокусная оптика позволяют располагать источники света в непосредственной близости от экрана. Это делает возможным создание компактных установок, что в любительских условиях имеет немаловажное значение.

При прямой проекции экран должен быть непрозрачным. Его можно изготовить из полотна, отбеленной бязи или повинола (хлопчатобумажное полотно с нанесенным на него слоем полихлорвиниловой массы). На поверхность повинола наносится алюминированное отражательное покрытие с тиснением ячеяко-вого профиля.

Если экран изготавливается из полотна, то на него нужно нанести белое покрытие, чтобы повысить отражательную способность. Для изготовления белого покрытия применяют бариевую пасту. Рекомендуем следующий состав пасты (в граммах):

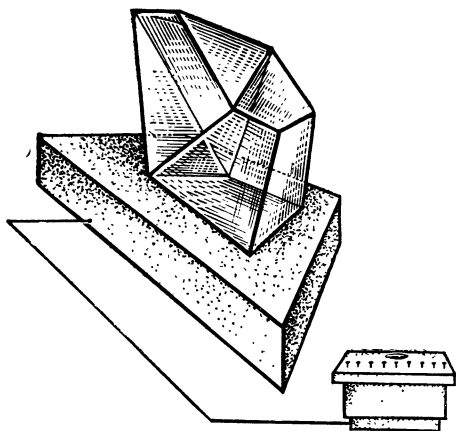
сернокислый барий	59,19
желатин фотографический	2,19
глицерин	3,19
фенол кристаллический	0,036
ультрамарин	0,094
вода	35,34

Одного килограмма пасты достаточно, чтобы покрыть экран площадью 3 м<sup>2</sup>. Паста наносится в два слоя.

При создании экранов, работающих «на просвет», в качестве материала для экрана можно использовать батистовую ткань, матовое оргстекло или карандашную кальку. Под кальку подкладывается слой театрального тюля.

Для небольших установок рекомендуем экран описанного нами инструмента «Радуга-1». Он был склеен из кусков матированного оргстекла. На расстоянии около метра от него располагались металлические отражатели от медицинской аппаратуры «Соллюкс» с лампами накаливания (220 в, 75 вт).

Известный интерес представляет экран, созданный в Институте технической кибернетики для цветомузыкальной установки, о которой рассказано в начале главы. Этот экран имеет форму



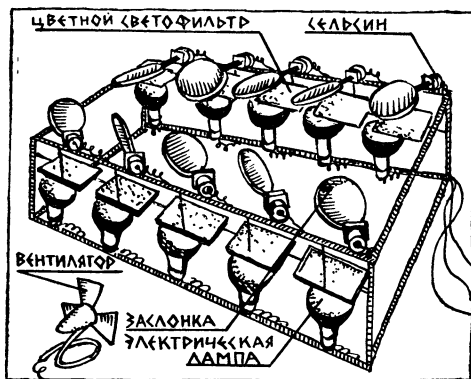
Р и с. 53. Внешний вид экрана цвето-музыкальной установки «Радуга-2».

неправильного многоугольника, состоящего из отдельных треугольников, обтянутых повинолом. Многоугольник обрамляет черная бархатная рамка, усиливающая контрастность цветовой гаммы. Экран затянут театральным тюлем, сглаживающим тона и создающим дополнительный эффект «мерцания». Впоследствии, перед отправкой в Лондон, этот экран был заменен экраном из сплошного повинола, имеющим форму правильного эллипса.

По мере увеличения мощности источников света в установках цветомузыки экра-

ном станет весь зрительный зал, цвет будет окружать зрителя-слушателя со всех сторон. Такой способ «наполнения» цветом зала кажется нам самым лучшим. Выше мы приводили рассказ конструктора Е. А. Мурзина о таком зале для цветомузыкальной установки, строящемся в музее А. Н. Скрябина.

Переходной формой от плоских экранов к экранам-сферам могут быть большие объемные экраны. Такой экран был создан в Свердловске для цветомузыкальной установки «Радуга-2», описание которой приводится в конце главы. Этот экран изготовлен из опалового оргстекла толщиной 4 мм. Он имеет форму многогранника (рис. 53). Основой его является каркас из восьмимиллиметрового прозрачного оргстекла.



Р и с. 54. Конструкция экрана установки «Радуга-2».



Опаловое оргстекло крепится к каркасу при помощи винтов. Постамент, на котором установлен объемный экран, изготовлен из алюминиевых уголков размерами  $30 \times 30$  мм (рис. 54). В основании постамента смонтированы источники света, светофильтры и сельсины, управляющие заслонками, которые перекрывают световой поток ламп. Источниками света служат лампы накаливания мощностью 500 вт (лучший результат могут дать ксеноновые лампы). Постамент облицован черным оргстеклом.

Вопрос о форме и конструкции экранов для цветомузыки вызывает много споров. Нужна еще большая работа экспериментаторов для нахождения оптимального варианта. Над формой экранов должен работать не только инженер-конструктор, но и художник-дизайнер.

### ПРОСТОЙ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Жесткая программа, заложенная в схему цветомузыкальных установок, работающих на принципе деления цвета в зависимости от частоты, не позволяет конструктору вмешиваться в процесс преобразования музыки в цвет. Хотя в такой цветомузыкальной установке анализ музыки и преобразования ее в цвет происходит автоматически, это не удовлетворяет выс-

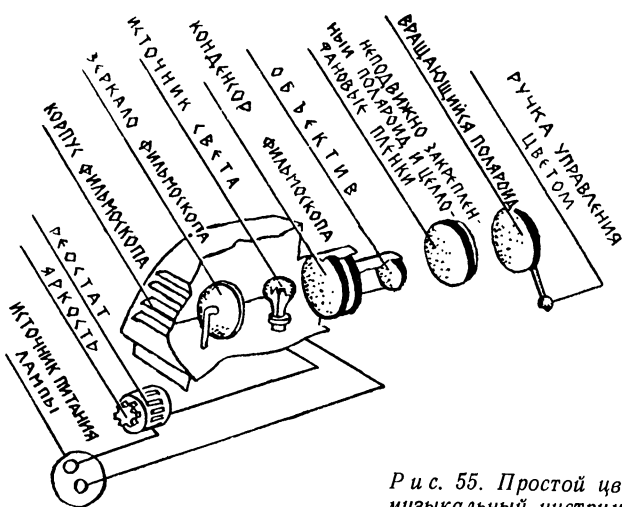


Рис. 55. Простой цветомузыкальный инструмент.

кательного зрителя, так как многие свойства звука вообще не учитываются при таком автоматическом преобразовании.

Многие конструкторы цветомузыкальных установок мечтают о таком инструменте, в котором преобразование музыки в цвет происходило бы не автоматически, а в каждом отдельном случае позволяло бы исполнителю выразить свое «видение» музыкального произведения. Возникла потребность в создании цвето-музыкального инструмента, на котором можно было бы исполнять партию цвета так же, как мы играем на обычном музыкальном инструменте. Поэтому создание такого цветомузыкального инструмента, предложенного инженером К. Л. Леонтьевым, вызывает интерес у многих любителей цветомузыки. На этом цвето-музыкальном инструменте исполнитель сам интерпретирует партию цвета, сообразуясь со своим чувством синопсии.

Появляется возможность сравнить игру нескольких цвето-музыкальных исполнителей. Если изготовить два или три таких инструмента, то художественные возможности цветомузыкального сопровождения заметно возрастут. Можно будет воспроизводить на одном экране две или три меняющиеся во времени цветовые картины. Музыка продиктует исполнителям различные гармонические изменения цветовых сочетаний. Уровень цвето-музыкального концерта будет зависеть только от исполнительского мастерства цветомузыканта.

Устройство цветомузыкального инструмента несложно. Он состоит из проектора «Свет» (или другого какого-нибудь диапроектора, применяемого для демонстрации диапозитивов или диафильмов) и специального самодельного поляроидного объектива (рис. 55). В цепь питания проектора включается реостат для регулировки силы тока и яркости света. Вместо реостата можно применить регулятор напряжения типа РНШ, выпускаемый заводом Учтехпрома, или регулятор напряжения типа ЛАТР. Перед объективом диапроектора устанавливаются два поляроида. Один из них неподвижен, другой прикрепляется так, чтобы его можно было поворачивать вокруг оптической оси объектива на 180 градусов. При поворачивании подвижного поляроида относительно неподвижного на небольшой угол происходит изменение окраски светового потока. Так, вращая подвижный поляроид, можно «пройти» весь спектр — от красных лучей до фиолетовых.

Самая ответственная часть нашего цветомузыкального инструмента — это объектив из поляроидной пленки. Для изготовления такого объектива нужно взять два кусочка поляроидной

пленки размером 55×55 мм и каждому придать форму круга. Чтобы правильно сориентировать поляроидную пленку при сборке объектива, конструктору понадобится монтажный столик, который применяется кинолюбителями при монтаже фильмов.

Если такого столика не окажется, можно изготовить несложное приспособление, заменяющее его. Возьмите ящик без дна, укрепите в нем патрон с электрической лампочкой, накройте ящик калькой и сверху — куском стекла. Наше вспомогательное приспособление готово. Теперь один кусок поляроидной пленки положите на стекло и закрепите его неподвижно, сверху наложите прозрачный кусок целлофана (без царапин), на него — второй кусок поляроидной пленки. Теперь медленно вращайте верхний кусок поляроидной пленки — вы увидите, как меняется цвет.

Вращением поляроида в одну сторону можно добиться появления синих тонов, в другую — желтоватых тонов. Если цвета будут блеклыми, нужно увеличить количество целлофановых прокладок между поляроидными пленками. Следует добиться того, чтобы поворотом подвижного поляроида можно было получить последовательное появление всех цветов спектра. В положении пурпурного цвета подвижный поляроид нужно точно зафиксировать, зажав его между стеклянными дисками. Торцы стеклянных дисков заделываются быстротвердеющей мастикой или горячим сургучом. Так же поступают и с неподвижным поляроидом.

Таким образом, у конструктора получатся два объектива: в одном — поляроид с целлофановыми пленками, во втором — одна только поляроидная пленка. К ним нужно сделать объективодержатели. Они изготавливаются по диаметру получившихся объективов из бронзы, латуни, дюралюминия или даже из дерева. Объектив, в котором имеются целлофановые пленки, закрепляется неподвижно почти у самого объектива фильмоскопа; второй объектив устанавливается дальше таким образом, чтобы с помощью специальной ручки его можно было поворачивать вокруг оптической оси объектива фильмоскопа. Подвижный объектив ориентируется таким образом, чтобы целлофановые пленки оказались между ним и неподвижным поляроидом.

Далее остается включить фильмоскоп-проектор, направить его световой поток на экран и вращением ручки подвижного поляроида получать цветные картины.

Играть на нашем цветомузыкальном инструменте очень просто. Регулируя силу тока лампы, получаем на экране свет разной яркости. Вращая ручку объектива с поляроидом, получаем меня-

ющиеся цвета на экране. Остальное зависит от восприятия цвета, вкуса исполнителя и характера музыки, которую он сопровождает.

Цветомузыкальный эффект усиливается, если одновременно используются две-три такие установки и их световые потоки проецируются на общий экран. Тем, кто впервые знакомится с цветомузыкой, рекомендуем изготовить такой инструмент.

### ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНАЯ УСТАНОВКА «РАДУГА-2»

Существенное достоинство цветомузыкальной установки «Радуга-2» — возможность создания очень больших световых потоков. Величина светового потока — важная характеристика цветомузыкального инструмента: ведь громкость звука и яркость экрана тесно связаны. Обычно для регулировки яркости свечения экранов в цветомузыкальных установках применяются сложные электронные системы (например, магнитные усилители), с помощью которых изменяется ток, протекающий в электрических

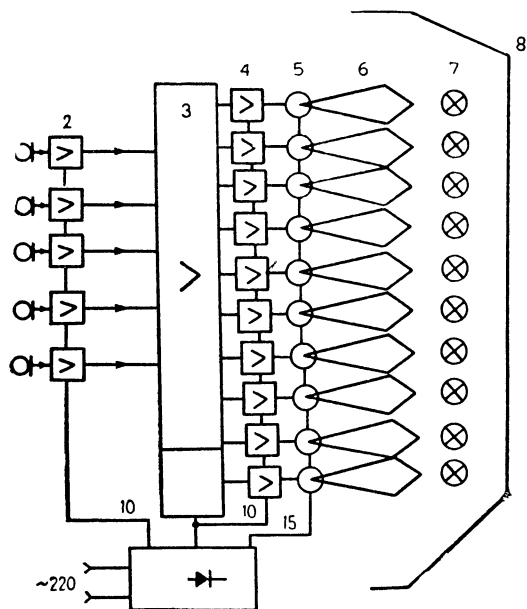


Рис. 56. Блок-схема цветомузыкальной установки «Радуга-2».

лампах. Чтобы получить большую яркость экранов, приходится применять регулирующие устройства большой мощности: регулируемый ток в них достигает сотен ампер. А это связано с созданием таких сложных конструкций, изготовление которых не под силу конструктору-любителю.

«Радуга-2» свободна от указанного недостатка. Источники света включают-ся здесь таким образом, что ток в лампах регулировать не нужно. Изменение светового потока осу-

ществляется с помощью заслонки, которая приводится в движение сельсином. Сельсины, в свою очередь, управляются электронной схемой.

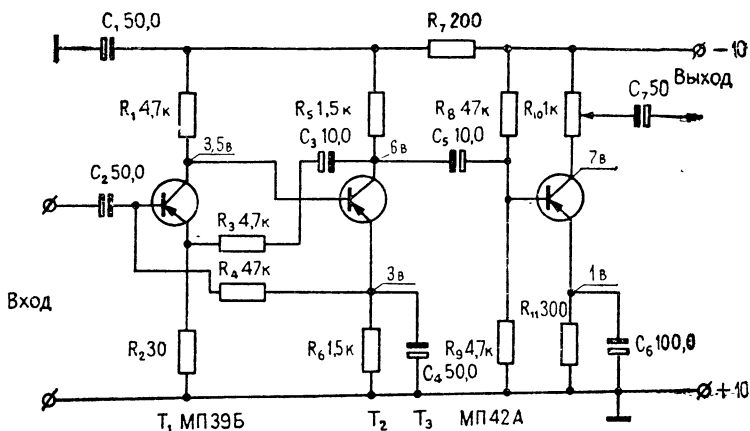
Блок-схема цветомузыкальной установки приведена на рис. 56. Звуковые сигналы, преобразованные микрофонами 1 в электрические низкочастотные колебания, поступают на входы пяти микрофонных усилителей 2. Затем сигналы подаются на промежуточный усилитель 3, который имеет пять входов и десять выходов. Назначение промежуточного усилителя — согласовать выходы микрофонных усилителей с входами узкополосных усилителей. После промежуточного усилителя низкочастотный сигнал подается на входы десяти узкополосных усилителей 4, в которых происходит разделение низкочастотного сигнала на отдельные узкие полосы частот и усиление их. К выходу каждого узкополосного усилителя подключен сельсин 5, выполняющий роль поворачивающего электромагнита. На валу сельсина укреплена металлическая заслонка 6, перекрывающая световой поток электрической лампы 7 со светофильтром. Свет падает на экран 8.

Микрофонные усилители. В установке имеется пять микрофонных усилителей. Это сделано для того, чтобы можно было организовать цветомузыкальный концерт в сопровождении не только оркестра малого состава (эстрадного), но и симфонического оркестра. Первый микрофон отводится для солиста, второй предназначен для струнно-смычковой группы оркестра, третий — для струнно-щипковой группы, четвертый устанавливается вблизи группы духовых инструментов, а пятый — вблизи ударной группы.

Если возникнет необходимость воспроизведения музыкальной программы с магнитофона или проигрывателя, то на один из входов микрофонного усилителя (любой) через потенциометр нужно подать сигнал с выхода источника музыкальной программы. Остальные четыре входа должны быть закорочены.

Микрофонные усилители должны передавать без заметных искажений полосу частот от 50 до 15 000 гц. Неравномерность частотной характеристики должна быть в пределах  $\pm 5$  децибелл. Описываемый ниже усилитель удовлетворяет этим требованиям. Его принципиальная схема приведена на рис. 57.

Первый каскад собран на малошумящем транзисторе П-39Б. Применение этого транзистора обеспечивает низкий уровень собственных шумов. Режимы первого и второго каскадов по постоянному току определяются резистором  $R_4$  и применением схемы



Р и с. 57. Принципиальная схема микрофонного усилителя цветомузыкальной установки «Радуга-2».

включения с непосредственной связью коллектора транзистора  $T_1$  с базой транзистора  $T_2$ . Такая схема отличается устойчивостью режима при изменении окружающей температуры. Оба каскада охвачены отрицательной обратной связью. Это достигается с помощью конденсатора  $C_3$  и резисторов  $R_2$  и  $R_3$ , которые образуют цепочку обратной связи. Отрицательная обратная связь обеспечивает хорошую частотную характеристику первых двух каскадов.

Во втором и третьем каскадах применены транзисторы МП-42А. Сигнал со второго каскада на третий подается через электролитический конденсатор  $C_5$ . В коллекторной цепи транзистора  $T_3$  установлен потенциометр, позволяющий регулировать величину напряжения выходного сигнала. С движка этого потенциометра через конденсатор  $C_7$  сигнал подается на промежуточный усилитель.

Налаживание смонтированного усилителя надо начинать с проверки режимов транзисторов. На схеме (см. рис. 57) приведены напряжения на всех электродах транзисторов  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  (эти транзисторы должны иметь коэффициент усиления  $\beta$  не менее 70—100). Подбором величины сопротивления резистора  $R_4$  обеспечивается требуемый режим транзисторов  $T_1$  и  $T_2$ . Смещение на базу транзистора  $T_3$  подбирается при помощи резисторов  $R_8$ ,  $R_9$  и  $R_{11}$ . Напряжения на транзисторах может отличаться

ся от приведенного на принципиальной схеме не более, чем на 0,5 в. После того как проверены режимы транзисторов, на вход усилителя включается микрофон МД-47 (или МД-44), а к выходу присоединяется осциллограф. При произнесении звуков перед микрофоном на экране осциллографа должна появиться сложная, меняющаяся по высоте кривая.

Затем, отключив микрофон, на вход усилителя подают напряжение от звукового генератора 0,001 в с частотой 1000 гц. На выходе усилителя напряжение должно составлять около 1 в. Это напряжение можно оценить при помощи осциллографа. Если напряжение на выходе окажется меньше 1 в, нужно увеличить сопротивление резисторов  $R_1$  и  $R_5$  ( $R_1$  — до 15 ком, а  $R_5$  — до 3 ком). При этом нужно также изменить сопротивление резистора  $R_4$ , чтобы разность потенциалов между коллектором и эмиттером транзистора  $T_2$  была немного больше 2 в.

Каждый из усилителей монтируется на печатной плате из фольгированного гетинакса размером  $140 \times 40$  мм. Все микрофонные усилители помещаются в корпус из листового железа толщиной 0,5 мм, имеющий отдельные секции. Это делается для предотвращения самовозбуждения усилителей. Регуляторы выводятся под шлицы.

Промежуточный усилитель (усилитель распределения сигнала) предназначен для коммутации и распределения сигналов, поступающих с микрофонных усилителей. На вход промежуточного усилителя (рис. 58) поступают пять сигналов с микрофонных усилителей. На входе промежуточного усилителя имеется пять независимых каскадов с общей нагрузкой (в коллекторных цепях транзисторов  $T_1 — T_5$ ).

На вход каждого каскада (на базу транзисторов  $T_1 — T_5$ ) подается сигнал от микрофонных усилителей. Резисторы  $R_1, R_2, R_5, R_6, R_9, R_{10}, R_{13}, R_{14}, R_{17}, R_{18}$ , включенные в цепи баз транзисторов  $T_1 — T_5$ , обеспечивают необходимые режимы их работы и температурную стабилизацию. Резисторы  $R_3, R_7, R_{11}, R_{15}, R_{19}$  уменьшают взаимное влияние транзисторов друг на друга. Резистор  $R_{21}$  является общей коллекторной нагрузкой. С него снимается напряжение звуковой частоты и через конденсатор  $C_7$  подается на базу транзистора  $T_6$ . Резистор  $R_{24}$  является коллекторной нагрузкой. С него снимается напряжение звуковой частоты и через конденсатор  $C_6$  подается на резисторы  $R_{28}, R_{30}, R_{32}, R_{34}, R_{36}, R_{38}, R_{40}, R_{42}, R_{44}$ , с помощью которых устанавливается нужный уровень напряжения звуковой частоты, подаваемого на узкополосные усилители. Резисторы  $R_{27}, R_{29}, R_{31}, R_{33}, R_{35}, R_{37}, R_{39}, R_{41}$ ,

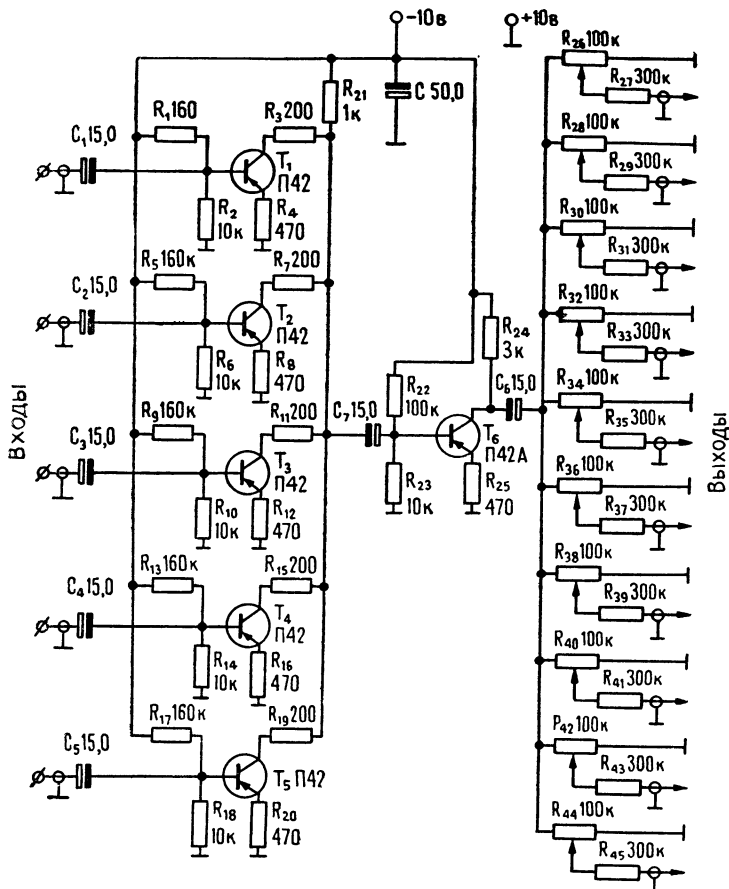
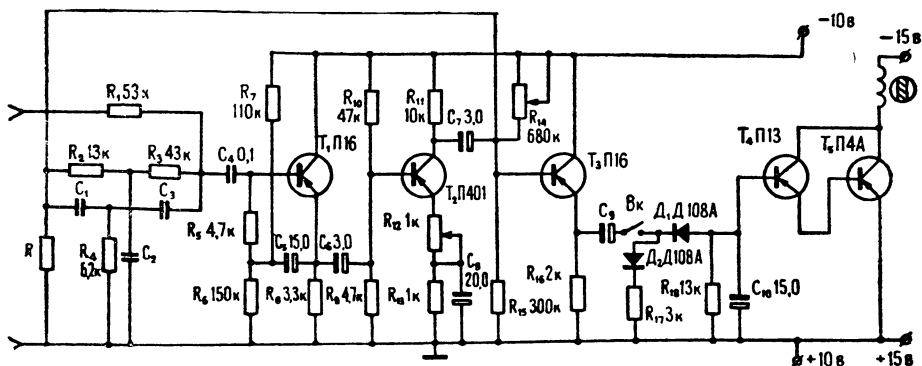


Рис. 58. Принципиальная схема промежуточного усилителя «Радуга-2».

$R_{43}$ ,  $R_{45}$  необходимы для устранения взаимного влияния узкополосных усилителей.

Налаживание промежуточного усилителя и проверка его работы производятся путем подачи на каждый из пяти входов напряжения от звукового генератора 0,3—0,5 в. При этом на выходах должно быть напряжение 3—5 в. Проверка выходного напряжения должна производиться с помощью осциллографа или





Р и с. 59. Принципиальная схема блока узкополосных усилителей.

лампового вольтметра с входным сопротивлением не менее 5 мгом.

Промежуточный усилитель монтируется на печатной плате размером 448×95 мм, устанавливается в корпус из листового железа толщиной 0,5 мм. Крышка плотно надевается на корпус и соединяется с ним при помощи болтов М-3. Корпус является экраном, защищающим усилитель от наводок.

Блок узкополосных усилителей (рис. 59) состоит из десяти усилителей, каждый из которых настроен на определенную полосу частот, так что перекрывается весь звуковой диапазон цветомузыкальной установки (50—15 000 гц). Выделение заданной полосы частот в узкополосном усилителе осуществляется регенеративным фильтром, который образуется из усилителя, собранного на двух транзисторах  $T_1$  и  $T_2$ , и двойного Т-образного моста, включенного в цепь обратной связи усилителя.

Первый каскад усилителя собран по схеме с общим коллектором. Эта схема характеризуется большим входным сопротивлением. С нагрузки  $R_8$ , включенной в цепь эмиттера транзистора  $T_1$ , сигнал поступает на базу транзистора  $T_2$ . Второй каскад собран по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой его является резистор  $R_{11}$ . В цепь эмиттера транзистора  $T_2$  включен переменный резистор  $R_{12}$ , который регулирует глубину обратной связи.

При верхнем (по схеме) положении движка потенциометра  $R_{12}$  усилитель превращается в генератор звуковой частоты, причем частота генерации определяется элементами двойного Т-образного моста ( $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ). При постепенном переме-

щении движка потенциометра в нижнее положение усиление второго каскада, собранного на транзисторе  $T_2$ , уменьшается, что приводит к срыву генерации. В этом положении потенциометра генератор превращается в узкополосный усилитель. Наибольшее усиление получается на частоте, определяемой Т-образным мостом. Поэтому, когда на базу транзистора  $T_1$  от промежуточного усилителя поступает широкий спектр звуковых частот, на коллекторе транзистора  $T_2$  выделяются только те частоты, которые пропускаются регенеративным фильтром.

С коллектора транзистора  $T_2$  через конденсатор  $C_7$  выделенная частота поступает на базу транзистора  $T_3$ , который включен по схеме с заземленным коллектором. С эмиттерной нагрузки  $R_{16}$  сигнал поступает на детектор  $D_1 - D_2$ , который включен по схеме удвоения напряжения. В результате детектирования на нагрузке детектора  $R_{18} - C_{10}$  выделяется постоянное напряжение, оно поступает на базу транзистора  $T_4$ . Транзисторы  $T_4$  и  $T_5$  образуют усилитель постоянного тока, общей коллекторной нагрузкой которого является сельсин. Благодаря специальной схеме включения, при появлении сигнала в усилителе постоянного тока ротор сельсина поворачивается на определенный угол. Этот угол не превышает  $90^\circ$  из-за ограничителей на корпусе сельсина.

На роторе сельсина укреплена заслонка, которая поворачивается перед источником света с цветным светофильтром. Чем больше напряжение, поступающее на вход усилителя, тем больший ток протекает через обмотку сельсина и тем на больший угол поворачивается заслонка, открывая доступ свету.

При настройке узкополосных усилителей необходимо строго придерживаться указанной ниже последовательности действий, в противном случае транзисторы, включенные в схему, выйдут из строя:

1. Перед подачей напряжения от источника питания необходимо движок потенциометра  $R_{14}$  поставить в верхнее положение (по схеме), т. е. установить наибольшее значение переменного сопротивления. Движок потенциометра  $R_{12}$  нужно поставить в нижнее (по схеме) положение.

2. В коллекторную цепь транзисторов  $T_4$  и  $T_5$  нужно включить амперметр со шкалой до  $1 \text{ а}$ .

3. Включить питание, предварительно проверив величину напряжения источника с помощью вольтметра (оно должно быть равно  $10 \text{ в}$ , допускаются отклонения не более  $\pm 1 \text{ в}$ ).

4. Проверить напряжение на коллекторе транзистора  $T_2$ . Если оно окажется меньше  $2 \text{ в}$ , нужно подобрать величину со-

противления резистора  $R_{10}$  таким образом, чтобы это напряжение было равно 2 в.

5. Повернуть движок потенциометра  $R_{12}$  в верхнее положение. При этом ток усилителя постоянного тока должен возрасти до величины 400—600 *ма*.

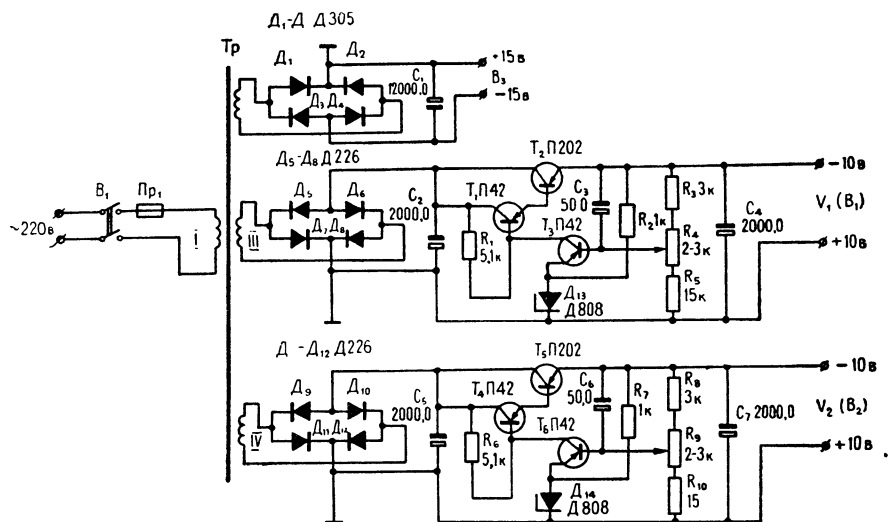
6. Проверить частоту генерации. Для этого нужно на вход вертикального усилителя осциллографа подать сигнал с базы транзистора  $T_3$ . Если синусоида на экране осциллографа окажется искаженной, необходимо изменить положение движка потенциометра  $R_{12}$ . Частоту генерации можно определить по числу калибрационных меток времени, укладывающихся на одном периоде синусоиды. Изменение частоты генерации осуществляется изменением величины сопротивления резисторов  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  и емкости конденсаторов  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ . Номиналы частот приведены в таблице.

**Таблица величин емкостей для подбора частот в схеме рис. 59**

Частота, <i>гц</i>	$C_1$	$C_2$	$C_3$
100	0,1 <i>мкф</i>	0,3 <i>мкф</i>	0,03 <i>мкф</i>
200	0,05 <i>мкф</i>	0,15 <i>мкф</i>	0,015 <i>мкф</i>
400	0,025 <i>мкф</i>	0,07 <i>мкф</i>	7500 <i>пф</i>
600	0,02 <i>мкф</i>	0,05 <i>мкф</i>	0,005 <i>мкф</i>
1100	0,01 <i>мкф</i>	0,03 <i>мкф</i>	3000 <i>пф</i>
1600	6200 <i>пф</i>	0,02 <i>мкф</i>	2000 <i>пф</i>
2400	5000 <i>пф</i>	0,015 <i>мкф</i>	1500 <i>пф</i>
4000	2400 <i>пф</i>	7500 <i>пф</i>	750 <i>пф</i>
6000	1800 <i>пф</i>	5000 <i>пф</i>	500 <i>пф</i>
10000	1000 <i>пф</i>	3000 <i>пф</i>	300 <i>пф</i>

После установки нужной частоты проверяют ток в коллекторной цепи транзисторов  $T_4$ — $T_5$ . Если величина тока окажется меньше 400 *ма*, ее нужно увеличить, изменяя сопротивление по-

тенциометра  $R_{14}$  до максимального значения, но ток не должен превышать 600 *ма*. После того как ток будет установлен, нужно медленно поворачивать движок потенциометра  $R_{12}$  до срыва генерации. При этом ток в коллекторной цепи транзисторов  $T_4$  и  $T_5$  резко уменьшается. Момент срыва генерации хорошо заметен на экране осциллографа.



Р и с. 60. Принципиальная схема блока питания цветомузыкальной установки «Радуга-2».

На этом настройку узкополосного усилителя можно считать законченной. Остается зафиксировать ручки потенциометров.

Все десять усилителей крепятся на общей изолирующей подставке из гетинакса или текстолита и устанавливаются в железном корпусе.

Устройство экрана установки «Радуга-2» было описано выше (стр. 166).

Блок выпрямителей. Для питания узлов цветомузыкальной установки необходимы два источника постоянного тока с напряжением 10 в и один источник на 15 в. Напряжения для питания микрофонных и резонансных усилителей должны быть стабилизированными. Принципиальная схема блока питания приведена на рис. 60. Все три напряжения снимаются с общего

силового трансформатора  $Tr_1$ . Обмотка II дает 15 в. Выпрямитель  $B_3$  собран на диодах  $D_1—D_4$ , включенных по мостовой схеме. В качестве выпрямительных элементов использованы диоды Д303 (или Д304, Д305). Для сглаживания пульсаций на выходе выпрямителя включен конденсатор  $C_1$ , емкость которого равна 12 000 микрофард. Такую емкость можно получить, включая параллельно батарею из 6 конденсаторов по 2000 мкф, 20 в.

Обмотки III и IV одинаковы, каждая из них дает напряжение 14 в. Выпрямление осуществляется диодами  $D_5—D_8$  и  $D_9—D_{12}$  (все диоды типа Д226 или Д7Ж). В этих выпрямителях осуществлена автоматическая стабилизация напряжения на транзисторах. Величина стабилизируемого напряжения — не более 10 в. Так как внутреннее сопротивление выпрямителя в основном определяется сопротивлением обмотки трансформатора и сопротивлением диодов, то изменение тока нагрузки будет мало сказываться на стабильности выходного выпрямленного напряжения.

Электронный стабилизатор работает следующим образом. Если изменение напряжения на выходе трансформатора направлено в сторону уменьшения, то уменьшается и разность потенциалов между базой транзистора  $T_3$  и его эмиттером, так как потенциал эмиттера относительно общего провода остается постоянным вследствие того, что его цепь имеет стабилитрон Д-808. (Мы рассматриваем работу одного из стабилизаторов, другой действует так же.) Далее, ток через транзистор  $T_3$  должен уменьшиться, что, в свою очередь, приведет к уменьшению падения напряжения на резисторе  $R_1$ . Из-за этого разность потенциалов между базой транзистора  $T_1$  и его эмиттером увеличивается. Это ведет к увеличению тока через транзисторы  $T_1$  и  $T_2$  и компенсирует снижение напряжения на выходе выпрямителя.

На выходе электронных стабилизаторов включены конденсаторы  $C_4$  и  $C_7$ , каждый имеет емкость 2000 мкф.

В схеме блока питания использованы транзисторы  $T_1, T_3, T_4$  и  $T_6$  типа П-42, а  $T_2$  и  $T_5$  типа П-202 или П-203. Коэффициент усиления транзисторов  $\beta = 40 \div 70$ .

Выпрямитель, дающий 15 в, питает обмотки сельсинов. Выпрямители с электронной стабилизацией питают микрофонные усилители ( $B_1$ ), промежуточный и резонансные усилители ( $B_2$ ).

Блок выпрямителей собран на гетинаксовой плате. На плате укреплены следующие детали: силовой трансформатор  $Tr_1$ , мощные транзисторы  $T_2$  и  $T_5$  с радиаторами и конденсаторы  $C_1, C_2, C_4, C_5, C_7$ . На этой же плате укреплена текстолитовая монтаж-

ная панелька с резисторами  $R_1 — R_{10}$  и транзисторами  $T_1, T_3, T_4$ , и  $T_6$ , а также стабилитроны  $D_{13}$  и  $D_{14}$ . Силовой трансформатор  $Tr_1$  собран на железном сердечнике Ш-40, толщина набора 40 мм. Обмотка I (сетевая) содержит 900 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,6 мм. Обмотка II содержит 54 витка провода ПЭВ-1 диаметром 1,8 мм. Если такого провода не окажется, можно выполнить намотку более тонким проводом, используя две или три параллельные ветви (например, можно выполнить намотку в два провода, каждый диаметром 1,3 мм). Обмотки III и IV содержат по 50 витков провода ПЭЛ-0,5.

Для настройки электронных стабилизаторов их выходы нагружаются резистором, имеющим сопротивление 200—300 ом и допускающим рассеяние мощности не менее 2 вт. Затем выпрямитель включается в сеть. При помощи вольтметра проверяют напряжение на выходе каждого стабилизатора. Оно должно быть равным 10—11 в. Если оно будет другим, нужно воспользоваться потенциометрами  $R_4$  и  $R_9$  для регулировки. Выпрямитель для питания обмоток сельсинов должен давать напряжение 15—18 в при токе нагрузки 5 а.

### ВЗГЛЯД В ЗАВТРА

Конструируя первые цветомузыкальные установки, ученые Института технической кибернетики преследовали весьма обширные цели. Не случайно в плане работы института эта тема исследований значилась под многозначительным названием: «Преобразование звуковой информации в цветовую». Ученым стало ясно, что преобразование звуков в цвет может найти применение не только в искусстве, но и в различных областях науки, техники и производства.

В последние годы, по мере развития науки и техники, человеку приходится управлять все более сложными машинами и агрегатами. Достаточно вспомнить, например, новый Серпуховский ускоритель микрочастиц, сверхзвуковой реактивный лайнер ТУ-144, космические корабли «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8». Все острее встает вопрос о взаимоотношениях человека и машины.

С помощью лампочек, световых табло, измерительных приборов машина информирует человека об обстановке, в которой она действует, о ее собственном состоянии. Эта информация очень динамична и многообразна. В сложных автоматических системах информация обрушивается на человека, подобно лавине.

Но в каждый момент времени наиболее существенное значение имеют не все узлы и агрегаты машины, а только некоторые из них. Например, при посадке самолета — это устройства, обеспечивающие своевременный выпуск шасси и работу бортовых приводных радиостанций. Оператор должен сосредоточить свое внимание не на всей панели управления, а только на определенных приборах. Зачастую это бывает довольно трудно сделать.

На помощь может прийти взаимосвязь между слухом и зрением. Комбинируя определенным образом звуковые и световые сигналы, можно достичь концентрации внимания человека на наиболее важных приборах, или, наоборот, переключения его внимания с одних объектов на другие.

Устройства для преобразования звука в цвет найдут применение в автоматике при контроле за работой станков и агрегатов на автоматизированном производстве. Автоматически действующая система будет анализировать все изменения ритма и громкости станков, вызванные появлением неисправности в той или другой машине. Изменение цветовой картины, наблюдаемое диспетчером, позволит немедленно определить место и характер неисправности.

Пройдет еще совсем немного времени, и тысячи цветомузыкальных установок засветят свои экраны. Наше воображение переносит нас в 197... год.

Видится нам чудесный ансамбль Кремля теплым майским вечером. Только что отгремел торжественный салют, и вдруг над Красной площадью зазвучала музыка. Десятки мощных звуковых излучателей доносят до каждого, стоящего на площади, чудесные музыкальные аккорды. И словно по волшебству над головами праздничной толпы возникает фантастический цветовой шатер, меняющий свой цвет в такт с музыкой. Зеленые и красные сполохи мечутся по небу. Площадь то погружается в золотистые тона восходящего солнца, то тонет в зеленовато-желтом цвете безбрежных полей и лесов... С последними аккордами музыки над площадью проносятся пурпурно-синие молнии. Грандиозное зрелище исчезает, с последними звуками вспыхивают лампы освещения. Но долго еще не расходятся люди, очарованные великолепием увиденного.





## ШТУРМ ВЕЛИКОГО ТАИНСТВА

*Чем больше мы узнаем о мозге, тем яснее мы видим, что изучать его с пользой можно лишь как комплекс механизмов.*

*Грей Уолтер*

*Человеческая жизнь на земле в значительной мере зависит от успешности распознавания закономерностей процессов, происходящих в живой природе.*

*А. И. Берг*

### СПОР ДЛИНЮЮ В СТО ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ

Этот спор возник в конце XVIII века, и более ста пятидесяти лет человечество не знало, кто прав. А спор этот, как выяснилось впоследствии, имел очень важное значение для таких наук, как физика и физиология. Все началось с одного эксперимента.

В 1790 году талантливый профессор Болонского университета Луиджи Гальвани проводил на балконе своего дома опыты. Под-



вешенная на медном крючке лягушка от порыва ветра качнулась, и тело ее коснулось железного листа. В тот же миг лапка лягушки резко дернулась. Этот опыт навел Гальвани на мысль о том, что в живых тканях возникают электрические заряды, которые разряжаются через металл и являются причиной сокращения мышц. Новая серия опытов — и Луиджи Гальвани выдвигает гипотезу: электричество возникает не только в мышцах, но и в нервных волокнах.

Профессор университета в Павии Алессандро Вольта, занимавшийся в то время проблемами возникновения электричества, повторил опыты Гальвани. Он получил те же результаты, но дал им другое толкование. Сокращение лягушачьей лапки вызывается не «электричеством, возникающим в тканях, а электричеством, которое создается, когда замыкается цепь из разнородных металлов и жидкости, содержащейся в тканях лягушки», — утверждал он. В подтверждение своей гипотезы Вольта создал основанный на этом явлении источник электрического тока — первый в мире электрический элемент.

Скромный и талантливый Вольта назвал элемент в честь своего оппонента в споре «гальваническим элементом», а электрический ток, получаемый с его помощью — «гальваническим током». Так появился гальванический элемент, который служит людям и в наши дни.

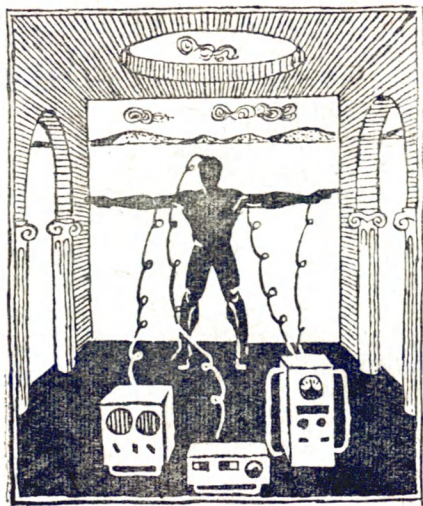
Аргументация Вольта показалась Гальвани неубедительной. После долгих поисков он нашел новую методику исследований, полностью исключив из своих опытов металл. Для замыкания цепи вместо металлического проводника был использован нерв. И снова мышцы лягушки сокращались. Вывод: животное электричество все-таки существует!

Весь научный мир разделился на два непримиримых лагеря: сторонников «животного электричества» и сторонников «металлического электричества».

Кто же был прав в этом споре?

Правы обе стороны. Вольта доказал, что электричество можно получать, поместив два различных металла в электролит. Гальвани, написав в 1791 году трактат о силах электричества при мышечном движении, привел бесспорные доказательства наличия электричества в живых организмах. Впоследствии токи в живых организмах называли *биотоками*.

Прошло много лет. Вслед за первыми шагами Гальвани и Вольта поколения исследователей продолжали начатое ими дело. Стало известно, что в зависимости от душевного состояния чело-



века (гнев, радость, обида, грусть) происходит изменение электрических потенциалов нашего организма. Родилась новая наука — электрофизиология, занимающаяся изучением электрических потенциалов и биотоков в живом организме. Сейчас биотоки можно измерять с точностью до восьмого знака.

Новые открытия в электрофизиологии, сделанные в последние годы, позволили разделить эту науку на три основных раздела: электроэнцефалографию, изучающую биотоки мозга, электрокардиографию, изучающую электрическую ак-

тивность сердца, и электромиографию, занимающуюся исследованием биотоков мышц.

Проникновение в тайну электрических потенциалов и биотоков, рождающихся в теле человека, даст в руки ученых оружие для наступления на болезни, позволит им создать приборы, которые заменят изношенные части нашего тела, позволят управлять эмоциями организма.

### **СЕРДЦЕ — ГЕНЕРАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ**

Задолго до рождения начинает биться сердце человека, и только смерть обрывает этот неумолимый ритм. 115 000 сокращений за 24 часа! За год число сердечных сокращений достигает астрономической цифры — 42 миллиона! Ежедневно сердце перекачивает 8500 литров крови, а за год — 3 миллиона литров — 60 железнодорожных цистерн. И эту колоссальную работу выполняет орган, весящий всего около 300 граммов! Благодаря неумолимой деятельности сердца ткани тела получают пищу и кислород, удаляются ненужные продукты обмена и выравнивается температура различных частей тела.

Сердце в основном состоит из мышечной ткани. В мышцах сердца при сокращениях возникают электрические потенциалы — так называемые «пиковые» потенциалы, величина которых про-

порциональна частоте сокращений сердечной мышцы. Впервые удалось зарегистрировать электрический потенциал в сердце живого человека в конце прошлого века голландскому ученому Вильгельму Эйтховену.

В результате деятельности сердца в окружающих тканях возникает электрическое поле, что, в свою очередь, приводит к появлению на поверхности тела человека некоторого распределения потенциалов, меняющихся с течением времени. Регистрацию этих потенциалов можно осуществить, если наложить электроды на два любых участка тела. Прибор, при помощи которого производится такая регистрация электрических процессов в сердце, называется электрокардиографом. На ленте электрокардиографа записываются графики, или, как говорят, кривые, отражающие работу сердца. Эти кривые называются электрокардиограммами. Современный электрокардиограф — это сложный электронный прибор.

Совсем недавно советский ученый, доктор медицинских наук профессор И. Т. Акулиничев сконструировал и построил прибор, позволяющий судить о состоянии сердечной мышцы по величине и характеру потенциалов, возникающих в ней. Прибор этот назван вектор-кардиоскопом и принят сейчас на вооружение во многих клиниках нашей страны. За создание вектор-кардиоскопа И. Т. Акулиничев удостоен высшей награды международного союза связи — золотой медали «Приз Колумба».

В 1968 году весь мир был потрясен сенсационными сообщениями об операциях по пересадке сердца от одного человека другому. Удачная пересадка сердца кейптаунскому зубному врачу Филиппу Блайбергу, выполненная коллективом под руководством профессора К. Бернарда, воодушевила коллективы врачей и ученых в других странах. Но ряд операций, последовавших затем в США, Англии и других странах, закончился неудачей: ученые столкнулись с загадочным явлением тканевой несовместимости.

Оказалось, что далеко не всегда сердце донора может нормально работать в новом организме. Врачам предстоит еще провести много исследований, много узнать о причинах тканевой несовместимости, о том, каким образом ее преодолеть. Уже сейчас известно, что сердце каждого человека имеет свою, несколько отличную от других сердец форму биотоков. Одной из причин несовместимости органов при пересадке может оказаться именно то, что формы биотоков у сердца донора и сердца акцептора (т. е. того, кому пересаживается новое сердце) не одинаковы. Для выяснения этого необходимы тщательные исследования

работы сердца, процессов и явлений, сопутствующих его деятельности.

При исследованиях сердца не всегда предоставляется возможность проверить гипотезы ученых на живых организмах. Поэтому часто при проверке гипотез используется метод моделирования — один из ведущих методов, применяемых в кибернетике. Под моделью при этом понимается система (материальная, или логическая), которая имитирует другую систему, являющуюся объектом научного исследования. Зачастую с помощью моделирования можно добыть знания, которые трудно или даже невозможно получить при непосредственном исследовании изучаемого объекта. Одному объекту могут соответствовать несколько моделей, имитирующих его различные свойства и функции.

Одна из первых попыток моделирования работы сердца была предпринята голландскими учеными Ван-дер-Полем и Ван-дер-Марком в 1928 году. Их модель состояла из двух релаксационных генераторов, имитировавших предсердие и желудочек, и электрической линии задержки сигнала, которая выполняла роль проводящих путей сердца. Модель могла воспроизводить лишь некоторые типы электрокардиограмм, но и это позволило авторам сделать предположение о возможности возникновения таких нарушений ритма сердца, которые в то время не были еще известны медицине.

Представляет интерес модель электрической активности сердца, выполненная недавно в одном из институтов на базе полупроводниковых элементов. Такие модели применяются при исследовании электрической активности сердца, при разработке диагностической аппаратуры и ее настройке.

Проблема борьбы с сердечно-сосудистыми заболеваниями огромна. Знание законов, по которым изменяются биотоки сердца, окажет медицине в будущем большую помощь в этой борьбе.

### **МОЗГ «ЗАЖИГАЕТ ЗВЕЗДЫ»**

Мозг человека — самое удивительное и сложное создание живой природы. Функции мозга столь важны и многообразны, что только их перечисление заняло бы не одну страницу.

Более двух тысяч лет прошло с того времени, как ученые предприняли первые попытки проникнуть в тайну мозга. С большим трудом исследователи по крупницам добывали бесценные знания. Штурм Великого Тайнства продолжается. Человеку много еще предстоит узнать о самом себе. Все новые отряды всту-

пают в единоборство с Природой. Сейчас наступление на тайны мозга ведут ученые многих специальностей: нейрохирурги, химики, биологи и кибернетики.

Жизнь разумных существ невозможна без процесса обмена информацией с окружающей средой. Человек получает информацию по нескольким каналам: зрительному, слуховому, тактильному и другим. Вся полученная информация поступает в головной и спинной мозг — это как бы диспетчерские пункты, которые определяют поведение человека в окружающей среде.

Восприятие и передача сигналов внутри организма происходят при помощи нервной системы. Нервы пронизывают весь организм до самых мельчайших клеток. Если прибегнуть к грубой аналогии, то нервную систему можно сравнить с многожильным электрическим кабелем. Как и в кабеле по каждому проводу проходит свой электрический сигнал, так и в нерве каждое волокно живет своей собственной жизнью и выполняет свое назначение. Основной функцией нервов в организме животного и человека является передача возбуждения, раздражения от одного органа к другому.

Нервное волокно состоит из нейронов — специализированных клеток, обладающих свойством возбуждаться и проводить сигнал в определенном направлении. Нейрон состоит из тела клетки, содержащего ядро и цитоплазму, многочисленных коротких отростков — дендритов и одного длинного отростка — аксона. Если оболочку нейрона проткнуть каким-либо проводником (микроэлектродом) и проникнуть внутрь клетки, то между этим проводником и вторым электродом, который прикреплен, например, к уху животного, возникает разность потенциалов. Записать изменение потенциала нейрона можно в том случае, когда к нему подведен какой-либо проводник-электрод. Этот проводник должен быть очень тонким, чтобы, войдя в глубь нейрона, не произвести там существенных повреждений.

В качестве микроэлектродов используется металлическая проволока с электролитически заточенным концом, покрытая (кроме кончика) изоляционным лаком, или стеклянная микропипетка, заполненная электролитом. Диаметр кончика микроэлектрода 0,5—2 микрона. Микроэлектроды подключают к высокочувствительному усилителю и катодному осциллографу. Когда к нейрону приходит сигнал, он возбуждается, на экране осциллографа появляется импульс.

После того как техника живления микроэлектродов в мозг была отработана, появилась возможность раздражать отдельные

участки мозга электрическим током, вызывая соответствующие реакции организма. Экспериментатор получил возможность превратить ленивое животное в сверхактивное, миролюбивое в агрессивное, заставить его после сытного обеда вторично приступить к еде. Становится возможным управлять эмоциями.

Но некоторые ученые на Западе пытаются поставить достижения биофизики на службу военным ведомствам. Вживляя в мозг человека электроды и воздействуя на определенные центры, можно сделать из человека послушного робота, не знающего ни чувства страха, ни других человеческих чувств.

Исследования в области искусственного управления эмоциями только начинаются. В этом смысле их можно сравнить с работами по расщеплению атомного ядра. Возможности добра и зла здесь неисчерпаемы. Что принесут они человечеству — пользу или вред? Это будет зависеть от того, кто будет пользоваться результатами этих работ: люди доброй воли или те, кто хотят видеть мир поверженным в пучину термоядерной войны.

В нейроне существует разность потенциалов между телом клетки и оболочкой. По нервам, как по телеграфным проводам, поступает информация в центральную нервную систему. А по другим нервам идут командные сигналы из центральной нервной системы к мышцам. Нейроны, из которых состоит нерв, соединяются друг с другом при помощи аксонов и образуют очень сложную разветвленную сеть, по которой и происходит управление организмом.

Для получения информации живой организм имеет внешние нервные клетки двух разновидностей: с чувствительными окончаниями — рецепторами и с исполнительными клетками — эффекторами. Рецепторы расположены на поверхности тела или в непосредственной близости от нее. Эффекторы находятся в мышцах и железах. Внешние воздействия среды на живой организм воспринимаются различными рецепторами. Одна группа рецепторов реагирует на механические воздействия — это органы осязания, слуха. Другая, чувствительная к химическим воздействиям, образует органы обоняния и вкуса. Третья — реагирует на узкий спектр электромагнитных волн (свет) — орган зрения.

Вся собранная рецепторами информация поступает в мозг. Отдельные его участки имеют узкую специализацию. Одни управляют зрением — это так называемая зрительная область. Другие образуют двигательную область — она управляет координацией движений. Лобная область руководит процессом мышления, чувствительная или теменная область управляет «узнаванием»

предметов, слуховая область анализирует звуковое колебание, речь и т. д.

Деление мозга на области очень приблизительно, в случае поражения одной области ее функции может принять на себя другая область мозга, и процесс компенсации происходит в разной мере в зависимости от тяжести поражения.

В мозгу новорожденного ребенка имеется 14 миллиардов нейронов (это в 5 раз больше, чем людей на земле). Нейроны — основа структуры мозга — не особенно надежные элементы. За день человеческой жизни отмирает около 1 000 000 нейронов. А за 60—70 лет человек теряет около 25 миллиардов нейронов; и все же мозг продолжает эффективно работать всю жизнь. Клетки мозга связаны между собой многочисленными линиями связи. Всякая попытка проникнуть в глубь клетки чисто механическим путем вела к ее гибели. Сейчас сделаны успешные попытки изучить работу клетки, анализируя ее электрическое состояние. Известно, что внешние воздействия среды передаются в мозг только при помощи нейронов. Нейрон может возбуждаться только в том случае, если минимальная величина сигнала превысит порог чувствительности нейрона. Возбуждение нейрона происходит скачкообразно, в таких случаях говорят о пороговой чувствительности нейрона. Эта способность нейрона напоминает работу электромагнитного реле и носит название «релейной характеристики», или режима «да — нет».

Как головной, так и спинной мозг содержит белое и серое вещества. Белое вещество мозга состоит из нервных волокон, а серое из тел клеток. В головном мозгу серое вещество расположено на поверхности и имеет толщину в 2—3 мм (кора головного мозга). На каждый квадратный миллиметр поверхности коры приходится около 20 000 нервных клеток. Всю жизнь человека мозг находится в непрерывной работе, даже когда мы спим. По весьма осторожным подсчетам за одну секунду в мозгу совершается около  $10^{14}$  элементарных операций. Эта грандиозная цифра дает представление о многообразии и сложности процессов, происходящих в мозгу.

Таким образом, мозг — это система переработки информации, обладающая большой надежностью. Запас надежности создается, видимо, дублированием путей передачи информации, что обеспечивает верные конечные результаты даже в том случае, если имеются небольшие местные повреждения.

Высказываются предположения, что серое вещество мозга выполняет функцию мышления. Поверхность головного мозга по-

крыта множеством глубоких борозд (извилин). Борозды увеличивают поверхность коры в три раза.

Зависит ли одаренность человека от количества извилин головного мозга?

На этот вопрос пытался ответить немецкий физиолог Вагнер. Он исследовал мозг недавно умерших ученых и считал, что крупные ученые умнее обычных смертных, и поэтому их мозг должен как-то отличаться от мозга обычных людей. Его ждало разочарование. В мозгу ученых ему не удалось обнаружить никаких дополнительных извилин. Может быть, это отличие в весе? И Вагнер составляет таблицу, результаты которой заставляют его убедиться в своей неправоте. В этой таблице вес мозга великого поэта Байрона находился рядом с весом мозга неизвестного сумасшедшего. Подобные таблицы составляли позднее и другие физиологи, пытаясь отыскать зависимость между весом мозга и одаренностью. Одну такую таблицу возглавил мозг И. С. Тургенева, а замыкал ее мозг Анатоля Франса. Вес мозга французского писателя оказался почти вдвое меньше веса мозга Тургенева. Но вряд ли кто-нибудь попытается утверждать, что масштаб таланта Анатоля Франса меньше, чем у И. С. Тургенева. Значит, дело не в весе мозга и не в количестве извилин.

Пока еще наука не может ответить на вопрос, от чего зависит одаренность человека. Ученые многих стран ведут интенсивные исследования, пытаясь найти закономерности между одаренностью и электрической активностью мозга, но убедительных результатов получить не удается. Делаются попытки сравнить работу мозга с работой электронно-вычислительной машины, и выясняется, что, несмотря на то, что мозг совершеннее любой вычислительной машины, клетки мозга функционируют значительно медленнее, чем элементы вычислительной машины. Передача информации от одной клетки к другой происходит со скоростью, равной  $2540 \text{ см/сек}$ . В электронно-вычислительной машине переход отдельных элементов из одного сочетания в другое происходит с огромной скоростью. Эта скорость во много раз превышает скорость, с которой происходит передача информации от одной клетки к другой.

По коммуникациям (нервам) передаются сигналы-команды от мозга к различным органам и от них к мозгу обратно (обратная связь). Таким образом, мозг получает полную информацию о состоянии окружающей среды, о пространственном положении конечностей человеческого тела, о работе внутренних органов. Нервные клетки мозга находятся в непрестанной работе от рож-



дения человека до его смерти. Этот непрерывный процесс характеризуется двумя устойчивыми состояниями: возбуждением и торможением. Если это перевести на язык электроники, то процессу возбуждения соответствует наличие электромагнитных колебаний (напряжения). Кибернетики рассматривают мозг как источник электромагнитных колебаний, генерирующих (возбуждающих) напряжение различных частот. Поэтому одним из процессов изучения работы мозга может служить регистрация напряжения на его отдельных участках.

Основные закономерности в изучении мозга были даны И. П. Павловым. Позднее советскими и зарубежными учеными было установлено, что электрическая активность мозга характеризует интенсивность процесса мышления.

Мысли — самое быстрое и самое неуловимое в сложной системе, именуемой человеческим организмом. Казалось бы, они, проносясь в мозгу с огромной скоростью, не оставляют следа. Но это не так. Когда мы переходим улицу на оживленном перекрестке, когда рабочий собирает узел машины или писатель пишет книгу, мозг производит работу, электрическая активность мозга изменяется. И чем сложнее задача, поставленная перед человеком, тем сильнее изменение электрической активности мозга. Изменяется не только величина напряжения, но и частота, с которой следуют импульсы. Эти изменения частоты называют альфа-ритмом. У здорового человека альфа-ритм изменяется с частотой 8—15 импульсов в секунду. Он резко отличается от токов, создаваемых движением мышц. Это позволяет уверенно отличать их друг от друга.

Разность потенциалов, возникающая между точками коры мозга, очень мала и составляет 50—200 миллионных долей вольта. Но этого достаточно, чтобы зарегистрировать потенциалы чувствительными усилителями. Для регистрации возбужденных участков мозга на голову исследуемому надевают резиновый шлем (или резиновые ремни), на котором укреплены электроды, снимающие электрические потенциалы с разных точек головы. Они подаются на прибор, называемый энцефалографом.

Энцефалограф состоит из усилителя электрических колебаний и регистрирующего элемента, в качестве которого используется электроннолучевая трубка или самописец. На экране электроннолучевой трубки видны кривые, характеризующие электрическую активность мозга. Если нужно произвести запись (энцефалограмму) на бумажную ленту, то в качестве регистрирующего прибора подключают самописец.

Первая запись энцефалограммы на бумажную ленту была сделана в 1921 году. Форма кривых, получаемых на энцефалографе, зависит от того, спит или бодрствует человек, взволнован он или спокоен. Однако при ряде заболеваний мозга наступают резкие изменения в напряжении и ритме колебаний. При записи биотоков, исходящих от разных участков мозга, по характеру кривых можно определить место поражения.

Расшифровывая форму этих кривых, можно установить диагноз. Расшифровка энцефалограмм требует очень высокой профессиональной подготовки, поэтому радиоинженерами предложен прибор, автоматически анализирующий энцефалограмму, расшифровывающий полученный результат. Электроэнцефалограмма отражает состояние мозга человека. Если во время записи биотоков мозга включить яркий свет, направив его в глаза исследуемого, то альфа-ритм изменится. Появятся кривые с большей частотой (с большим количеством верхоушек). При выключении света прежние колебания восстанавливаются.

Изучение мозга с помощью электроэнцефалографов вызывает определенные затруднения из-за того, что необходимо снимать биотоки с очень большого количества точек. Нужна громоздкая аппаратура со многими усилителями. Так, английские исследователи Лилли и Черри построили прибор, состоящий из 25 усилителей, причем каждый из них действовал на отдельную неоновую лампочку, вспыхивающую при увеличении напряжения биотоков.

Другим путем пошли советские ученые профессор М. Н. Ливанов и инженер В. М. Ананьев, разработавшие новый прибор для одновременного наблюдения биотоков, исходящих из 50 точек мозга. Свой прибор они называли «Телевизор мозга».

Биотоки от 50 участков головы поступают к предварительному усилителю, затем при помощи специального коммутатора включаются последовательно от всех 50 усилителей, один за другим, и подаются к основному усилителю-преобразователю, а от него к осциллографу с разверткой луча по кадрам и строкам. На экране осциллографа биотоки мозга представляются 5 рядами из 10 светящихся точек, расположенных в контуре мозга.

Так как коммутатор очень быстро включает биотоки мозга, перерыв между включениями не заметен для глаза человека, и на экране телевизора видны не кривые изменения биотоков, а 50 неподвижных светящихся точек. Прикрепляя электроды в определенном порядке на поверхности головы, исследователи получают представление о напряжении биотоков, а следовательно, о работе этих участков мозга.

Возбуждение, возникающее в нервной системе под влиянием различных причин, сопровождается усилением биотоков, вследствие чего яркость этих точек на экране «Телевизора мозга» непрерывно меняется. Получающаяся картина дает наглядное представление о распределении возбужденных и заторможенных участков в коре головного мозга. У читателя может возникнуть вопрос, можно ли с помощью «Телевизора мозга» прочитать мысль человека? Конечно, нет.

Однако это нисколько не умаляет значения этого прибора. Он имеет большой диапазон применения. Авторы установки наблюдали за биотоками мозга при выработке условных рефлексов. Была проведена работа с созданием модели, напоминающей опухоль мозга, для чего животному в определенную часть мозга был введен кусочек парафина. На экране прибора было видно, что точки, расположенные над искусственной опухолью, светились без изменения яркости, в то время как в здоровой части мозга наблюдалась обычная мозаика изменяющихся по яркости точек. Этот опыт имел большое практическое значение для разработки диагностики заболеваний мозга.

### ТОКИ, РОЖДЕННЫЕ В МЫШЦАХ

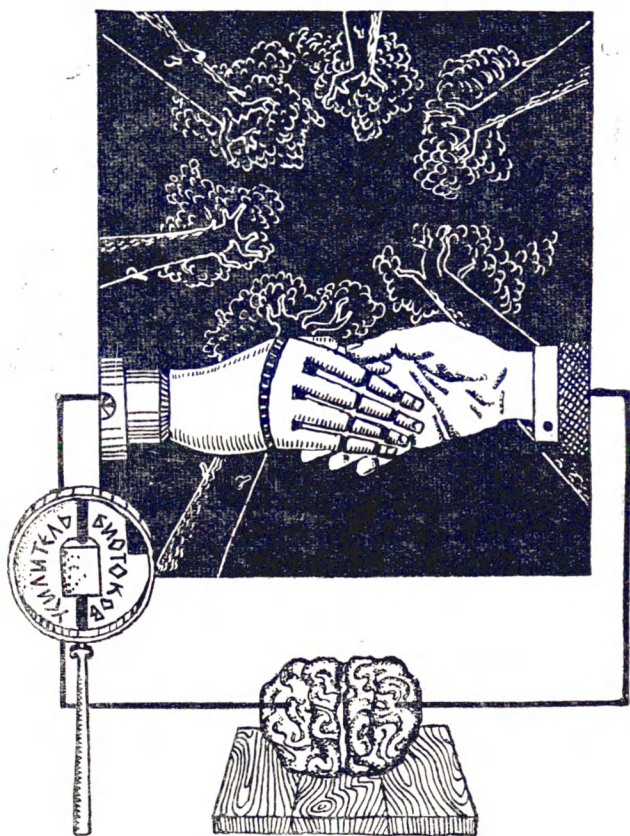
А сейчас отдадим нашим нейронам с их сложными связями приказ мысленно перенестись на несколько лет назад.

...Летом 1960 года в коридорах и аудиториях Московского университета, на Ленинских горах, слышалась приглушенная речь на многих языках мира. Ученые, работавшие в области кибернетики, собрались на свой Первый Международный конгресс по автоматическому управлению. Этот конгресс был самым представительным форумом по кибернетике за последние годы. На нем присутствовал отец кибернетики — Норберт Винер.

Шел очередной доклад. Вдруг в зале стало тихо. Докладчик сделал паузу. На сцену вышел юноша, медленно подошел к доске, взял мел и написал: «Привет участникам конгресса!» Зал еще несколько минут молчал, но потом грянули аплодисменты, которым могли бы позавидовать эстрадные звезды первой величины. Что же восхитило маститых ученых?

Юноша, написавший эти простые слова, был... без руки. Слова писались на доске с помощью протеза, который управлялся биотоками. Присутствующие в зале ученые, гости и корреспонденты стали свидетелями рождения новой ветви кибернетики — биоэлектрического управления.

Создание биоэлектрического управления стало возможным благодаря работам русских ученых, которые проводились еще на рубеже XIX—XX веков. Рождение электромиографии началось с опытов, проведенных в лаборатории Сеченова в Петербурге. В конце XIX века естествоиспытатели занимались проблемой



возникновения биотоков в мышцах животных. Было проведено много экспериментов, чтобы измерить биоэлектрические сигналы, но все они оканчивались неудачами. И только молодому русскому ученому Николаю Введенскому, ученику знаменитого физиолога И. Н. Сеченова, удалось «услышать» биотоки мышцы.

В 1883 году у себя в лаборатории он провел интереснейший опыт. Провода от телефонного аппарата были припаяны к двум тонким стальным булавкам, а булавки введены в бицепс руки. Приложив телефон к уху, ученый услышал ровный гул. Высота этого звука повышалась при расслаблении мускулов, напряжение мышц вызывало в трубке звук низкого тона. Так Николай Введенский услышал биотоки, рожденные мышцей.

Биопотенциалы, рожденные в мышцах, очень слабы. Их амплитуда колеблется в пределах от 20 до 100 миллионных долей вольта, а частота — от 80 до 350 колебаний в секунду. Чтобы усилить такие слабые сигналы, необходимо иметь усилитель с коэффициентом усиления в несколько десятков тысяч.

Такие усилители были созданы только в последние годы. А в те далекие годы, когда работал Николай Введенский, еще не было ни радиоламп, ни транзисторов, техника не могла предложить ученым необходимую аппаратуру. Вот почему к проблеме биотоков вернулись лишь в 1957 году.

Итак, учеными было установлено, что сокращению мышц всегда предшествует электрический сигнал. Необходимо лишь умственное усилие, чтобы мышца сократилась и изменился электрический сигнал (разность потенциалов). Величина этого сигнала зависит от напряжения или скорости сокращения мышц и может произвольно изменяться самим человеком. Значит, мысль человека вызывает сокращение мышцы и появление биоэлектрического сигнала.

В 1957 году пять молодых энтузиастов объединили свои усилия и начали поиски в области создания системы биоэлектрического управления. Через год А. Кобринский, Е. Полян, М. Брейдо, В. Гурфинкиль, Я. Якобсон, Я. Славущий создали протез руки, управляемый с помощью биопотенциалов, снимаемых с мышцы руки.

Через несколько лет авторы этих строк побывали в лаборатории Научно-исследовательского института протезирования и протезостроения МСО РСФСР. Кандидат технических наук, заслуженный изобретатель республики Ефим Павлович Полян демонстрировал усилитель биотоков, уместающийся в футляре размером со спичечный коробок. Вспоминал он и своего первенца величиной с обеденный стол. Тогда опытная модель усилителя биотоков управляла шаговым электродвигателем, приспособленным от станка с программным управлением. В свою очередь, электродвигатель управлял действующей моделью человеческой руки.

Несмотря на громоздкость конструкции, в то время было сделано самое главное — была принципиально решена проблема, о которой не смели мечтать даже авторы самых смелых фантастических рассказов, — проблема управления с помощью биотоков механическим движением. Получилась простая, но очень захватывающая картина: мысль (невывысказанное желание) — управляет сокращением мышцы — в мышце рождаются биотоки, которые усиливаются и управляют механической моделью (протезом) руки. Правда, большие размеры установки в то время не позволили практически применять это открытие. Но шло время. Ламповые усилители постепенно вытеснялись полупроводниками. Транзисторы помогли во много раз уменьшить объем радиоэлектронной аппаратуры.

...Утрата руки трагична. Человек теряет непревзойденный инструмент. Он не сможет быть ни кузнецом, ни токарем, ни пахарем. Теряется и нечто большее. Созидательные отделы мозга становятся в тупик. Как бы ни пылало, ни буйствовало воображение, оно не в состоянии родить ни Ньютона, ни Рахманинова, ни Репина. Поэтому много веков подряд, с неотступной страстью человечество ищет способ восстановить руку.

И вот словно прорыв из мрака. Сейчас стало возможным создать протез руки с биоэлектрическим управлением. Тысячи людей, потерявших руки, смогут вернуться к созидательному труду, обретут веру в свои силы, вновь познают счастье творчества.

Первые протезы управлялись усилителями, укрепленными на поясе. Прошло совсем немного времени с того дня, как был изготовлен первый образец биоэлектрического протеза, а Ефим Павлович показывает новый образец, принятый к массовому производству, где усилитель и питание к нему умещаются в гильзе протеза. Лицензии на изготовление советских биоэлектрических протезов приобрели Англия и Канада.

О значении этого открытия очень образно сказал в своей последней книге «Бог и Голем» отец кибернетики Норберт Винер.

«Представим себе, — пишет Винер, — что человек лишился кисти руки. Он лишился некоторых мышц, которые помогают ему сжимать и разжимать пальцы, однако большая часть мышц, обычно двигающих рукой, сохранилась в культе локтевой части руки... Эти мышцы, хотя и не могут привести в движение кисть и пальцы, которых нет, но они вызывают некоторые электрические эффекты, называемые потенциалами действия. Эти потенциалы могут восприниматься соответствующими электродами,

а затем усиливаться и преобразовываться транзисторными схемами. Такие потенциалы можно использовать для управления движениями искусственной руки при помощи миниатюрных электродвигателей, которые питаются от батарей и аккумуляторов... Источником управляющих сигналов служит обычно центральная часть нервной системы... Подобные искусственные руки были уже изготовлены в России, и они даже позволили некоторым инвалидам вернуться к производительному труду».

Протезирование хотя и главная, но далеко не единственная область, где могут быть применены системы биоэлектрического управления.

В наш век космонавтики нетрудно представить себе такую картину. Космический корабль на старте. До пуска считанные секунды. Нажатие на кнопку — и ракета рванулась ввысь. Непреодолимая сила вдавливают космонавта в кресло. Гигантская тяжесть сковала его тело. Перегрузка делает невозможным управление космическим кораблем при взлете и спуске. У космонавта сохраняется способность рассуждать, но из-за перегрузок, возникающих при взлете, он лишен физической возможности осуществлять управление. Но представим себе, что на плечи и предплечья космонавтов надеты датчики биоэлектрического управления. Мысленный приказ мышцам — и электрический сигнал поступает в усилитель биотоков. Биотоки усиливаются и используются для управления механическими приводами.

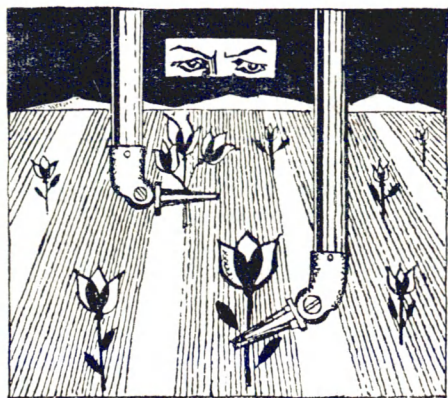
В марте 1963 года американский технический журнал сообщил, что такая система построена и испытана в лаборатории комплекса космических исследований.

Если оператор, управляющий прокатным станом, блюмингом или другой какой-либо установкой, будет снабжен системой биоэлектрического управления, то его реакция и сила возрастут во много раз.

А теперь попросим оператора встать со своего кресла и отойти от него на несколько метров или тысячу километров. Сохраните между ними проводную или радио-, или биоэлектрическую связь, и механические руки, помещенные там, где нужно человеку, будут несколько замедленно, но точно повторять движения живых рук.

Чтобы осуществить управление манипулятором, понадобится система обратной связи, например, телевизионная камера манипулятора и телевизионный приемник оператора, позволяющая контролировать движения искусственных рук.

Приведенный пример проиллюстрировал область приме-



ния биоэлектрического управления. Современная техника имеет в своем распоряжении новые радиотехнические элементы, с помощью которых стало возможным создание простых и надежных систем биоэлектрического управления.

В настоящее время изготовление биоэлектрической системы может осуществить радиолюбитель средней квалификации. Под руководством одного из авторов

этой книги была построена система биоэлектрического управления, описание которой приведено ниже.

Демонстрация биоэлектрической системы всегда вызывает живейший интерес присутствующих. Происходит это так. Демонстратор надевает на руку резиновый манжет, под которым находятся токосъемники. Незаметное для глаза сокращение мышцы руки — и поезд монорельсовой дороги, расположенной на макете города, зажигает фары и медленно трогается с места, набирая скорость. С большой скоростью движется поезд по замкнутому кругу. Еще одно сокращение мышцы, и поезд плавно останавливается.

Таким же образом можно мысленно приказать поезду изменить направление движения.

Работа системы биоэлектрического управления демонстрировалась на действующем макете, на котором были смонтированы железная и монорельсовая дороги. Макет представляет собой планшет размером  $1200 \times 600$  мм, на котором в одну сотую натуральной величины изображена часть города. С помощью переключателя усилитель биотоков переключается с управления монорельсовой дороги на управление железной и обратно.

Прежде чем рассказать о том, как самому изготовить усилитель биотоков, несколько слов о том, как правильно снять биоэлектрический сигнал с мышцы руки. Величина снимаемого сигнала пропорциональна усилию, с которым сокращается мышца. Снятие сигнала осуществляется с помощью электродов, которые представляют собой кусочки (пластинки) свинцовой или

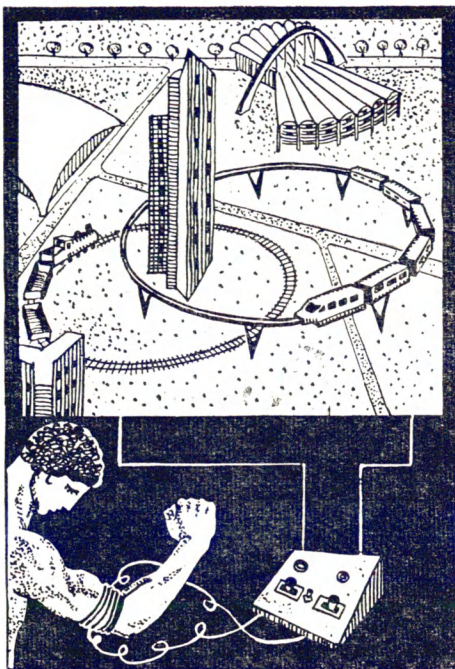


медной фольги с припаянным к ним экранированным проводом. Многожильный экранированный провод оканчивается трехштырьковым разъемом. Место наложения электродов (место съема биопотенциалов) протирается спиртом, чтобы удалить кожные жировые выделения. Электроды накладываются на предплечье и укрепляются с помощью резинового жгута. Чрезмерно тугий резиновый жгут может нарушить работу мышцы, поэтому нужно следить за тем, чтобы мышца сокращалась легко, без сильного напряжения.

Система биоэлектрического управления (рис. 61) состоит из четырех узлов: усилителя напряжения, детектора, усилителя постоянного тока (усилитель исполнительного устройства) и реле. Эти узлы образуют блок.

Направление вращения электродвигателя исполнительного устройства (электродвигатель, приводящий в движение монорельсовую дорогу) изменяется, поэтому используются два канала, одинаковые по схеме и устройству. Второй канал, блок Б, аналогичен блоку А. Блоки А и Б монтируются на общей плате. Сигнал, снятый с мышцы токосъемниками  $A_1$  и  $A_2$ , поступает на вход усилителя блока А. Как известно, для совершения движения необходима работа нескольких мышц (не менее двух). Токосъемники  $B_1$  и  $B_2$  снимают потенциал с другой мышцы руки (по отношению к токосъемникам  $A_1$  и  $A_2$ ). Сигнал, снятый с мышцы токосъемниками  $B_1$  и  $B_2$ , поступает на вход усилителя блока Б.

Таким образом, на входе двух усилителей (блоки А и Б) появятся сигналы, которые возникли при сокращении двух мышц. Один сигнал снимается с мышц, сгибающих кисть, дру-



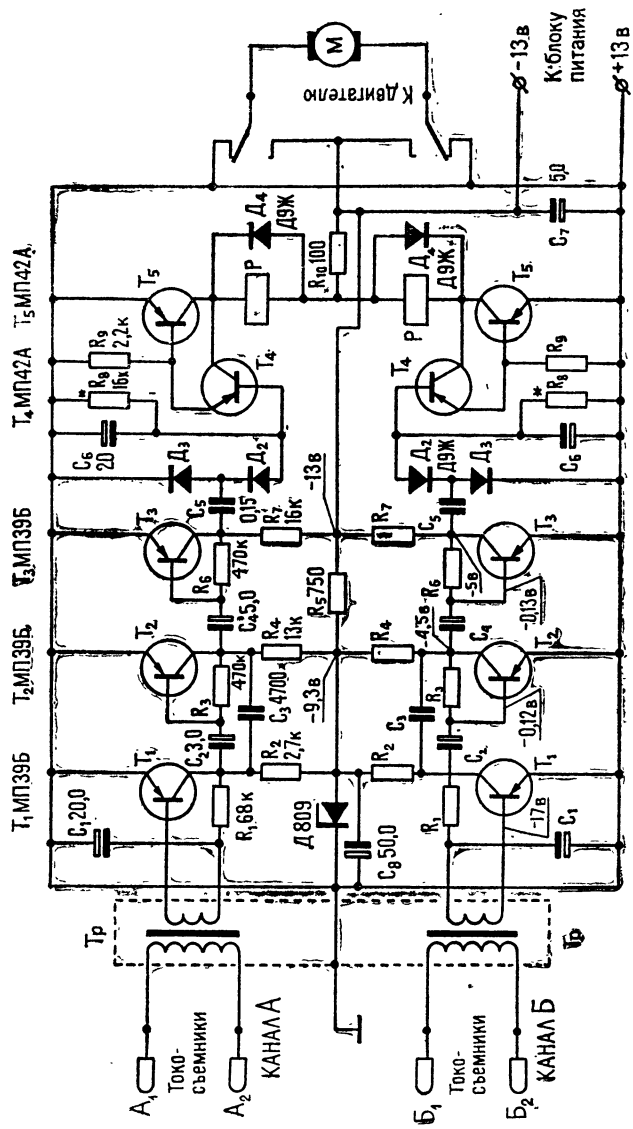


Рис. 61. Принципиальная схема усилителя для биоэлектрического управления моделями.

	Т <sub>1</sub>	Т <sub>2</sub>	Т <sub>3</sub>	Т <sub>4</sub>	Т <sub>5</sub>
β	60-90	50-70	40-60	30-50	20-40
Ука (мкА) max	2	2	2	2	2

гой — с мышц, которые ее разгибают. Один из них преобразуется в команду «ход вперед», другой — «ход назад».

В зависимости от того, с какой мышцы снят больший сигнал, на выходе соответствующего усилителя будет большее напряжение. На выходе усилителя мощности разовьется напряжение, зависящее от величины входного сигнала. Направление вращения двигателя зависит от величины входного сигнала на входах усилителей. Если биоэлектрический сигнал на токосъемниках  $A_1$ ,  $A_2$  больший, чем на токосъемниках  $B_1$ ,  $B_2$ , то сработает реле усилителя блока  $A$  и электродвигатель начнет вращаться. Если уровень сигнала на токосъемниках  $B_1$ ,  $B_2$  станет большим, чем на токосъемниках  $A_1$ ,  $A_2$ , то электродвигатель изменит направление вращения.

Усилитель напряжения собран на трех транзисторах типа ПЗ9Б. На входе усилителя напряжения включен трансформатор с коэффициентом трансформации 1:20, он заключен в пермалоевый экран, уменьшающий влияние внешних электромагнитных помех. К первичной обмотке трансформатора подключены токосъемники. Токосъемники представляют собой свинцовые пластинки, покрытые токопроводящей пастой, которая готовится из смеси глицерина (две части), спирта (одна часть) и очень мелкого абразива (две части).

Провода, соединяющие первичную обмотку трансформатора с токосъемниками, должны быть тщательно экранированы. Вторичная обмотка трансформатора включается одним концом на базу транзистора  $T_1$ , а другим через электролитический конденсатор  $C_1$  идет на общую шину плюса.

Сигнал со вторичной обмотки поступает на базу транзистора  $T_1$ , включенного по схеме с общим эмиттером. С коллекторной нагрузки  $R_2$  транзистора  $T_1$  через разделительный конденсатор  $C_2$  сигнал поступает на базу транзистора  $T_2$  и через электролитический конденсатор  $C_4$  на третий каскад усилителя напряжения, собранного на транзисторе  $T_3$ .

Общее усиление усилителя напряжения достигает примерно 11 000. Чувствительность его 30—40 мкВ. Для улучшения частотной характеристики усилителя второй каскад охвачен отрицательной обратной связью (конденсатор  $C_3$ , резистор  $R_3$ ).

С коллекторной нагрузки транзистора  $T_3$  усиленный сигнал подается через конденсатор  $C_5$  на выпрямитель (детектор), выполненный на диодах  $D_2$  и  $D_3$ . Для сглаживания пульсаций на выход детектора включается электролитический конденсатор  $C_6$ . Затем сигнал подается на усилитель мощности.

Усилитель мощности предназначен для управления электродвигателем, приводящим в движение монорельсовую или железную дороги. Он собран на транзисторах  $T_4$  и  $T_5$  типа П42А. Усилитель мощности является усилителем постоянного тока. В цепь коллектора транзистора  $T_5$  включено реле РЭС-10, паспорт РС 4524303.

В том случае, если на входы обоих каналов поступят одинаковые по величине сигналы, то станет возможным одновременное срабатывание реле каналов А и Б. Для предотвращения одновременного срабатывания этих реле в цепь питания усилителя мощности канала А и канала Б включен резистор  $R_{10}$ . Усилитель питается от аккумуляторной батареи напряжением 12 в.

Конструктивно усилитель напряжения, детекторы, усилители постоянного тока монтируются на плате из фольгированного текстолита. При монтаже усилителя напряжения использованы транзисторы с коэффициентом усиления  $\beta$ , равным 80—100. Резисторы типа УЛМ. Электролитические конденсаторы марки ЭМ. Диоды  $D_2$ ,  $D_3$  должны иметь высокое обратное сопротивление — не менее 1,5 мгом и могут быть типов Д2, Д9.

Наладивание усилителя биотоков производится с помощью генератора низкой частоты и осциллографа. Усилитель биотоков можно использовать не только для управления монорельсовой дорогой, но и многими другими объектами, которые приводятся в движение с помощью электродвигателей.

Робот, описанный в начале этой книги, тоже может управляться усилителем биотоков. Такой усилитель может быть применен и для управления моделями автомобилей. Легко представить себе автотрек, где происходят соревнования скоростных моделей, управляемых усилителями биопотенциалов. Победителем в таких соревнованиях окажется тот, у кого лучше будут натренированы мышцы руки.

### **ВИДЯЩИЙ «МАРСИАНИН»**

Одна из многочисленных «заслуг» мозга человека — его способность к обучению. Показанный человеку образ запоминается им надолго и может быть опознан, даже если этот образ претерпел некоторые изменения. Мы узнаем знакомых через несколько лет, вспоминаем разные начертания цифр и букв. В зависимости от опознанного образа человек принимает те или иные решения в своей практической деятельности.

Иначе обстоит дело с кибернетической машиной, работающей по заданной программе. В программу ее работы можно ввести команды по запоминанию тех или иных образов. Но стоит хотя бы немного изменить какой-нибудь образ, как машина выходит из строя или начинает выдавать неточную информацию. Сама она не может принять решение. В таких случаях говорят, что у машины отсутствует способность к обучению. Так возникла проблема создания машин, умеющих обучаться. В настоящее время существуют машины, которые легко опознают предъявленный им образ.

...Возле странного и загадочного электронного устройства стояли двое — вихрастый юный конструктор и убежденный сединами академик. Володя Брусницын, член кружка радиоэлектроники Свердловского Дома пионеров имени В. Дубинина, волнуясь, объяснял работу построенной кружковцами кибернетической модели известному ученому — Акселю Ивановичу Бергу, с именем которого неразрывно связано становление и развитие кибернетики в нашей стране. Эта встреча произошла на XXI Всесоюзной выставке радиолюбителей-конструкторов в Москве. Академику понравился прибор, сделанный ребятами.

Модель, действительно, выглядела необычно и привлекала внимание многочисленных посетителей выставки. На треногом шасси возвышался серебристый цилиндр с красноватым плексигласовым экраном.

«Это перцептрон — действующая модель машины для распознавания образов, — объяснял посетителям выставки Володя. — Назвали мы ее «Марсианин». В цилиндре заключены «глаза» и «мозг» перцептрона — набор фоторезисторов, воспринимающих различные изображения, и логическая схема, с помощью которой прибор отличает одни изображения от других. Увиденный и опознанный символ перцептрон повторяет на своем экране».

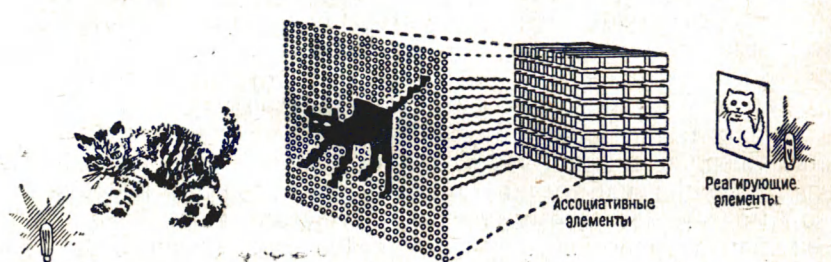
Володя подносит к корпусу «Марсианина» букву «Н», вырезанную из картона. Немного «подумав», перцептрон подсвечивает увиденный знак на красном экране. Володя показывает другой знак — треугольник, перцептрон безошибочно «узнает» и его. «Марсианин» различает 8 образов.

Для чего нужна такая машина? Попробуем ответить на этот далеко не простой вопрос.

Склонившись над решением алгебраических задач, вы, не задумываясь, отличаете А от В, а В от С. Увидев знак А, безошибочно узнаете этот символ, напечатан ли он в книжке стро-

гим типографским шрифтом или написан не очень разборчиво в школьной тетради.

Заманчиво построить машину, которая бы, подобно человеку распознавала цифры, знаки и т. п. Необходимость в подобном техническом устройстве есть уже сейчас. Появление современных вычислительных машин необычайно расширило возможности человека. Но электронные машины не удовлетворяют чело-



Р и с. 62. Структурная схема перцептрона.

века, они требуют тесного сотрудничества самого человека с машиной. Нужно, чтобы машина свободно читала формулы и чертежи, созданные человеком, переводила бы их на свой «язык» без помощи программистов. Для этих целей и нужны устройства типа перцептрона. Название узнающей машины — перцептрон — происходит от латинского слова *perceptio* (перцептто) — понимание, распознавание.

В Институте технической кибернетики была построена первая в СССР модель перцептрона. Она содержала чувствительное поле — набор фоторезисторов, каждый из которых мог находиться лишь в двух состояниях — возбужденном или невозбужденном, в зависимости от того, падает ли свет на соответствующий фоторезистор или он затемнен контуром проектируемой фигуры (рис. 62). Все фоторезисторы подключены к ряду элементов, называемых ассоциативными. Эти ассоциативные элементы имеют несколько входов и один выход. Они производят алгебраическое суммирование сигналов, поступающих на их входы, а полученную сумму сравнивают с заранее установленной для всех элементов — пороговой, предельной величиной. Превышен порог — элемент возбуждается, не превышен — не возбуждается. Подключение фоторезисторов к ассоциативным элементам производится случайно, т. е. их соединяют как угод-

но. Однако эта случайно установившаяся связь между элементами в дальнейшем остается для перцептрона постоянной.

Выходные сигналы с ассоциативных элементов с помощью электронных усилителей умножаются на различные коэффициенты — положительные и отрицательные. В процессе «обучения» перцептрона эти коэффициенты можно изменять. Выходные сигналы усилителей поступают на сумматор — устройство, которое суммирует поступающие сигналы. Полученная сумма может быть и положительной, и отрицательной. Значение этой суммы регистрируется сигнальным элементом, например, лампочкой.

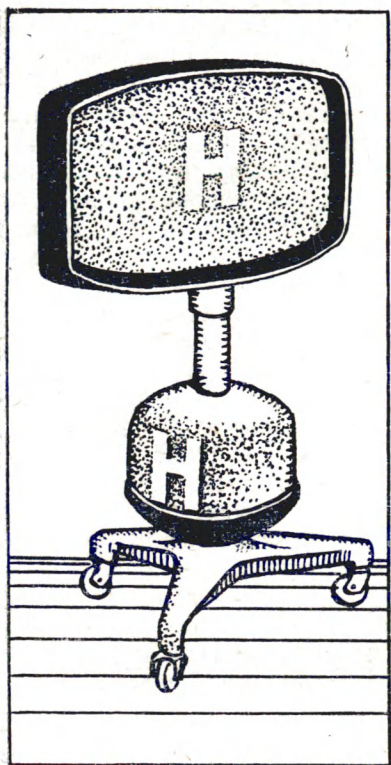
Перцептрон такой конструкции сможет различать два различных образа. Делается это так. На поле фоторезисторов проектируется изображение какого-то символа, допустим, цифры 3. Регулируя некоторые умножающие усилители, можно добиться такого состояния, что при проектировании цифры 3 на поле фоторезисторов суммарный сигнал на выходе сумматора всегда будет положительным, т. е. лампочка будет загораться. При проектировании цифры 5 можно регулировкой других умножающих усилителей добиться появления только отрицательного суммарного сигнала. Перцептрон «обучен». Горящая лампочка сигнализирует о том, что перцептрон «узнал» цифру 3. Стоит показать цифру 5 — и лампочка гаснет.

Усложнив конструкцию перцептрона, можно «научить» его различать гораздо большее количество образов. Таким образом, машина может обучаться.

Структура такого перцептрона имеет отдаленное сходство со структурой высшей нервной системы человека. Поле фоторезисторов напоминает чувствительные элементы человеческого глаза. Ассоциативные же элементы имеют некоторое сходство с нейронами и нервными клетками, которые являются элементами порогового действия, т. е. срабатывают, если входной сигнал превышает некоторый порог.

Реальная конструкция перцептрона, конечно, намного сложнее описанной. Достаточно сказать, что по размерам этот перцептрон напоминает среднюю электронно-вычислительную машину, содержит около 1000 электронных ламп, успешно различает некоторые буквы алфавита и различные геометрические образы.

Советские ученые разработали специальную программу, имитирующую процесс узнавания геометрических фигур. Эта программа решалась на электронно-вычислительной машине и состояла из нескольких частей. Каждая часть программы соответ-



Р и с. 63. Внешний вид «Марсианина».

ствовала определенному физиологическому процессу узнавания, т. е. нескольким этапам переработки сигналов. Одна часть программы имитировала работу фоточувствительных клеток глаза, другая — работу подкорки головного мозга, третья — коры.

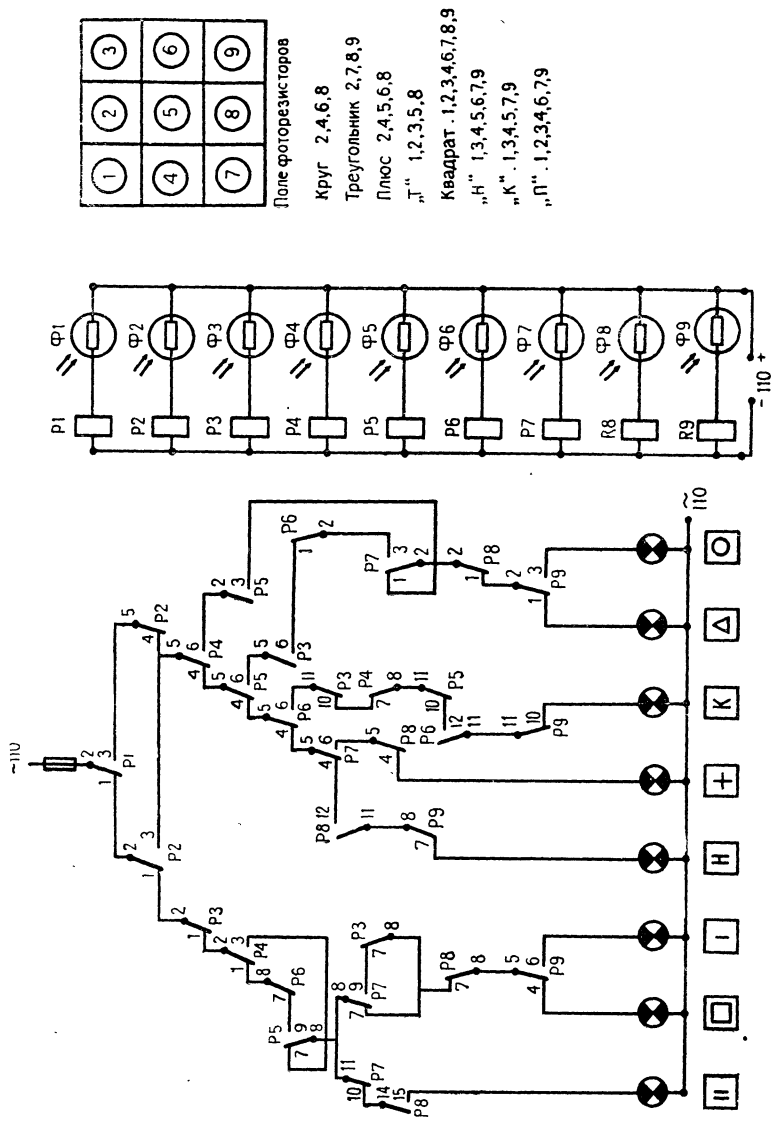
В вычислительную машину вводились в виде закодированных сигналов различные образы, например, образ кошки (рис. 62), и после нескольких показов этих картинок машинная программа «училась» безошибочно отделять образ кошки от образа человека. Машинная программа оказалась очень хорошим учеником и, хотя она не является в полном смысле машиной-перцептроном, тем не менее, важность ее трудно переоценить. Эта программа позволяет глубже взглянуть на процесс узнавания образов и найти основные принципы построения совершенных перцептронов.

А теперь, когда вы познакомились с принципом действия перцептронов, вернемся к нашему «Марсианину».<sup>1</sup>

Конструктивно модель перцептрона состоит из трех блоков: блок фоторезисторов, образующий воспринимающую ячейку; блок реле, образующий модель ассоциативных элементов; светоплан образов — устройство, выдающее информацию. Корпус перцептрона (рис. 63) выполнен в виде вытянутой полусферы из листового алюминия. Корпус изготавливается на токарном станке с помощью деревянной матрицы и окрашивается светлой молотковой эмалью. Он крепится тремя винтами к треноге с колесиками.

В полусфере размещены: блок фотосопротивлений, блок реле





1	2	3
4	5	6
7	8	9

Поле фоторезисторов

Круг 2, 4, 6, 8

Треугольник 2, 7, 8, 9

Плюс 2, 4, 5, 6, 8

„Л“ 1, 2, 3, 5, 8

Квадрат 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9

„Н“ 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9

„К“ 1, 3, 4, 5, 7, 9

„П“ 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9

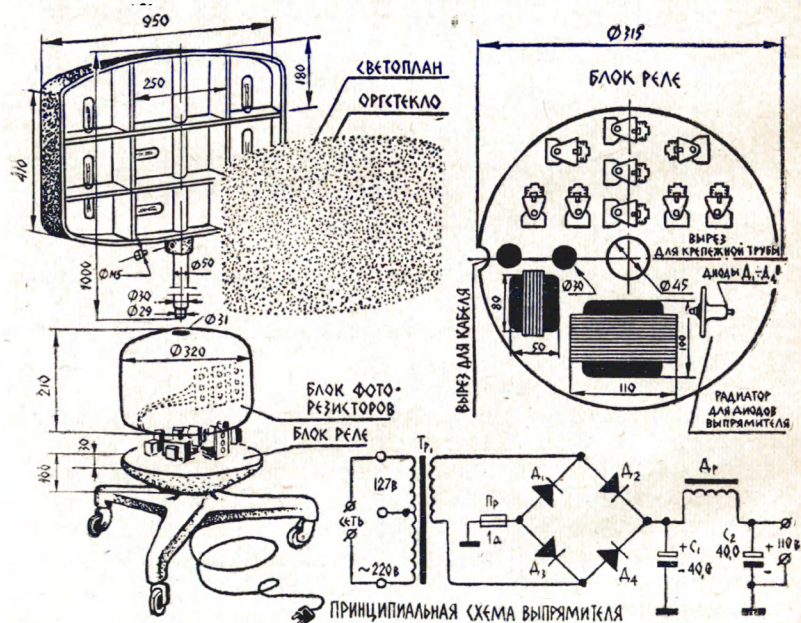
Р и с. 64. Принципиальная схема «Марсианина».

и выпрямитель. Фотосопротивления типа ФСК Г-2 установлены на алюминиевых платах размером  $130 \times 40$  мм. Фотосопротивления имеют октальный восьмиштырьковый цоколь. Для крепления фоторезисторов используются ламповые панели типа ПЛК-8.

Монтаж ламповых панелей ПЛК-8 производится многожильным проводом марки ШВ-0,35.

После окончания монтажа плата с ламповыми панелями крепится к корпусу винтами М-3, затем производится разметка и сверление отверстий в корпусе. Нужно следить за тем, чтобы отверстия в корпусе были немного больше, чем отверстия у фоторезисторов, закрытые стеклом, это делается для того, чтобы свет полностью засвечивал фоторезистор. Блок реле смонтирован на круглой алюминиевой плате диаметром 315 мм, на которой установлены детали выпрямителя (трансформатор, дроссель, электрические конденсаторы).

Все используемые реле типа РКН, паспорт РС 3259007, со-  
противления обмотки 2000 ом, провод ПЭЛ 0,1. Расположение



Р и с. 65. Расположение деталей, блок-реле и принципиальная схема выпрямителя.

реле и деталей выпрямителя видно на чертеже. Для питания прибора необходим выпрямитель, дающий напряжение 110 в. Выпрямитель (рис. 65) собран по обычной двухполупериодной схеме. В качестве выпрямительных элементов применены диоды типа Д-303, укрепленные на медных радиаторах. Площадь каждого радиатора 6 см<sup>2</sup>. Сердечник трансформатора набирается из железа Ш-25×25. Сетевая обмотка содержит 1720 витков провода ПЭВ-0,32, вторичная — 940 витков провода ПЭВ-0,5. Дроссель ДР<sub>1</sub> намотан на железе Ш-20×20 проводом ПЭВ-0,3, количество витков — 300. Электролитические конденсаторы типа КЭ-2—40 мкф×450 в.

Светоплан образов (эффекторное устройство) сделан в виде овального экрана из органического стекла толщиной 4 мм. В светоплане применены лампы накаливания 110 в, 15 вт.

Как видно из принципиальной схемы (рис. 64), фотосопротивление  $\Phi_1$  соединено последовательно с реле  $P_1$ , фоторезистор  $\Phi_2$  соединен последовательно с реле  $P_2$  и т. д. При попадании света на фоторезистор  $\Phi_1$  его сопротивление резко падает и срабатывает реле  $P_1$ . Аналогичный процесс происходит при попадании света на другие фотосопротивления.

Контактные группы реле коммутируют схему таким образом, что зажигается лампа, высвечивающая опознаваемый образ.

Машина «Марсианин», построенная радиолюбителями, — это действующая модель перцептрона. Устройство является наглядным и полезным для демонстрации и объяснения идей и принципов, лежащих в основе перцептрона. Сейчас коллективом радиолюбителей Дома пионеров имени В. Дубинина создана новая кибернетическая машина, которая может не только опознавать цифры, но и производить над ними арифметические действия.

Если вас заинтересовал наш «Марсианин» и вы решили его построить, попробуйте усложнить конструкцию, введя элементы памяти, «научите» перцептрон различать большее количество образов.



# Н А Ш Е С П Р А В О Ч Н О Е Б Ю Р О

## ЛИТЕРАТУРА

### К главе «Железные люди»

Гаазе-Рапопорт М. Г. Автоматы и живые организмы. М., Физматгиз, 1961.

Сапарина Е. П. Кибернетика внутри нас. М., «Молодая гвардия», 1962.

Прохоров А. И. Инженер учится у природы. М., «Знание», 1967.

Простая кибернетика. Сборник, сост. Комский Д. М. М., «Молодая гвардия», 1965.

Иванов Р. Кибернетический «кот». Журн. «Радио», 1962, № 1.

Мацкевич В. Анатомия роботов. Журн. «Моделист-конструктор», 1968, № 3, 5, 8, 11.

Тайницкий В. Опыты с «черепашкой». Журн. «Моделист-конструктор», 1969, № 1, 3, 4, 5.

### К главе «Рукотворный мозг»

Касаткин В. Н. Азбука кибернетики. М., «Молодая гвардия», 1968.

Фомин С. В. Системы счисления. М., «Наука», 1964.

Беркли Э. Символическая логика и разумные машины. М., ИЛ, 1961.

Тукачинский М. С. Машины-математики. М., Физматгиз, 1958.

Смирнов А. Д. Современные математические машины. М., Физматгиз, 1959.

Кобринский Н. Е., Пекелис В. Д. Быстрые мысли. М., «Молодая гвардия», 1963.

О некоторых вопросах современной математики и кибернетики. Сборник, сост. Смолянский М. Л. М., «Просвещение», 1965.

### К главе «Электронные эрудиты»

Гутенмахер Л. И. Электронные информационно-логические машины. М., Изд-во АН СССР, 1962.

Теплов Л. П. Очерки о кибернетике. М., «Московский рабочий», 1963.

Крайзмер Л. Устройства для хранения дискретной информации. М., Госэнергоиздат, 1961.

Батраков В. А., Богатырев В. И. Электронные цифровые машины для решения информационно-логических задач. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.

Богатырев А. Н. Логические машины. Журн. «Юный техник», 1964, № 11.

Автоматизация производства и промышленная электроника. Энциклопедия, т. 1-й. М., «Сов. энциклопедия», 1964.

### К главе «Серьезные забавы»

Вентцель Е. С. Элементы теории игр. М., Физматгиз, 1959.

Вильямс Дж. Д. Совершенный стратег, или букварь по теории стратегических игр. М., «Сов. радио», 1960.

- Полетаев И. А. Сигнал. М., «Сов. радио», 1958.  
 Поспелов Д. А. Игры и автоматы. М.—Л., «Энергия», 1966.  
 Борисов Е. Г. Играющий автомат. Журн. «Юный техник», 1964, № 5.  
 Верхало Ю. Н. Кибернетическая игротка. Приложение к журналу «Юный техник». М., «Малыш», № 19 (205), 1965.  
 Комский Д. М. Модель игровой системы автоматического управления. Журн. «Школа и производство», 1969, № 2.

#### **К главе «Кибернетика помогает учиться»**

- Берг А. И. Кибернетика — наука об оптимальном управлении. М., «Энергия», 1964.  
 Маслова Г. Г. О программированном обучении математике. М., «Просвещение», 1964.  
 Столаров Л. М. Обучение с помощью машин. М., «Мир», 1965.  
 Программированное обучение и кибернетические обучающие машины. Сборник. М., «Сов. радио», 1963.  
 Комский Д. М., Труфанов В. А. Машина учит. «Юный моделист-конструктор», вып. 9-й. М., «Молодая гвардия», 1964.  
 Жмур В. Экзамен по проводам. Журн. «Юный техник», 1964, № 9.  
 Ланда Л. Н. Кибернетика в школе. Журн. «Знание — сила», 1962, № 10.

#### **К главе «Поющая радуга»**

- Леонтьев К. Л. Музыка и цвет. М., «Знание», 1961.  
 Ашкенази Г. И. Цвет в природе и технике. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959.  
 Труды конференции «Свет и музыка». Сборник. Казань, 1969.  
 Орлов В. Проснется ли Белоснежка? Журн. «Техника — молодежи», 1964, № 11.  
 Леонтьев К. Л. Светомузыка. Журн. «Техника — молодежи», 1959, № 10.

#### **К главе «Штурм великого таинства»**

- Лернер А. Я. Начала кибернетики. М., «Наука», 1967.  
 Кондратьева И. Н., Кондратьев Е. Н. Нейрон отвечает на сигнал. М., «Наука», 1967.  
 Арбиб М. Мозг, машина и математика. М., «Наука», 1968.  
 Напалков А. В. Информационные структуры и мозг. М., «Знание», 1969.  
 Грей Уолтер. Живой мозг. М., «Мир», 1968.  
 Антомонов Ю., Харламов В. Кибернетика и мозг. М., «Советская Россия», 1968.  
 Литинецкий И. Б. Беседы о бионике. М., «Наука», 1968.

# УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМ

	Постоянный ток, напряжение постоянного тока		Выключатель однополюсный
	Переменный ток, напряжение переменного тока		Переключатель на три положения
	Положительная полярность		Двухполюсный переключатель на три положения
	Отрицательная полярность		Плавкий предохранитель
	Провод электрической цепи		Гальванический элемент или аккумулятор
	Заземление		Гальваническая батарея
	Экранированный провод		Кнопка с нормально открытым контактом
	Провода соединяются		Кнопка с нормально закрытым контактом
	Провода не соединяются		Лампа накаливания, осветительная
	Зажим		Лампа накаливания, сигнальная
	Сопротивление постоянное (резистор)		Нормально открытый контакт реле
	Сопротивление переменное		Нормально закрытый контакт реле

	Конденсатор постоянной емкости		Контакт переключающийся
	Конденсатор электролитический		Контакты с замедлением на замыкание
	Конденсатор переменной емкости		Контакты с замедлением на размыкание
	Конденсатор подстроечный		Контактное поле шагового искателя
	Спротивление индуктивное без сердечника		Нагревательный элемент теплового реле
	Спротивление индуктивное с сердечником		Электрический звонок
	Трансформатор однофазный		Полупроводниковый диод
	Катушка напряжения реле		Фоторезистор
	Транзистор типа <i>p-n-p</i>		Стабилитрон
	Транзистор типа <i>n-p-n</i>		Неоновая лампа
	Вакуумный диод прямого накала		Безнакальный тиратрон
	Двойной диод		Микрофон
	Двойной триод		Телефон
	Пентод прямого накала		Громкоговоритель



# С О Д Е Р Ж А Н И Е

О чем эта книга . . . . .	5
<b>«ЖЕЛЕЗНЫЕ ЛЮДИ»</b>	
Все началось с мечты . . . . .	8
Родичи часов и музыкальной шкатулки . . . . .	11
«Электрические люди» . . . . .	15
Кибернетический зверинец . . . . .	16
Для чего нужны «железные люди»? . . . . .	20
Знакомьтесь — КИН . . . . .	22
Анатомия робота . . . . .	26
<b>ФУКОТВОРНЫЙ МОЗГ</b>	
Машины-математики . . . . .	38
Двоичная арифметика . . . . .	40
Шифраторы и дешифраторы . . . . .	43
«ИЛИ», «И» и «НЕ» — три кита машинной логики . . . . .	45
Модель одноразрядного релейно-контактного двоичного сумматора . . . . .	49
Как устроена ЭЦВМ? . . . . .	50
Семья электронных математиков . . . . .	53
На вычислительных центрах Свердловска . . . . .	57
Приоткроем завесу времени . . . . .	60
<b>ЭЛЕКТРОННЫЕ ЭРУДИТЫ</b>	
Книжные Гималаи . . . . .	64
Информирует машина . . . . .	67
Электронный диагност . . . . .	70
Вечный календарь . . . . .	74
Развлечения не без пользы . . . . .	83
<b>СЕРЬЕЗНЫЕ ЗАБАВЫ</b>	
Игры на каждом шагу . . . . .	93
Игры бывают разные . . . . .	96
Кто победит? . . . . .	98
Иван Иванович покупает дрова . . . . .	101
Когда исход игры предreshен . . . . .	104
Игроком становится машина . . . . .	106
«Набери чет» . . . . .	109
На девяти клетках . . . . .	116
Автомат для игры в «Крестики и нолики» . . . . .	119
Машины играют все лучше . . . . .	127

## КИБЕРНЕТИКА ПОМОГАЕТ УЧИТЬСЯ

В поисках «царской дороги» . . . . .	130
Трудно ученику, нелегко и учителю . . . . .	132
Программированное обучение и обучающие машины . . . . .	134
Машины консультируют, тренируют, экзаменуют . . . . .	136
Учит «Свердловск-1» . . . . .	140
Как устроена обучающая машина «Свердловск-1» . . . . .	142
Экзаменатор «Мысль-1» . . . . .	147

## ПОЮЩАЯ РАДУГА

Триумф в Лондоне . . . . .	151
В поисках связи . . . . .	154
«Прометей» и кибернетика . . . . .	156
Пути цветомузыкального синтеза . . . . .	160
Свет и экраны . . . . .	163
Простой цветомузыкальный инструмент . . . . .	167
Цветомузыкальная установка «Радуга-2» . . . . .	170
Взгляд в завтра . . . . .	180

## ШТУРМ ВЕЛИКОГО ТАИНСТВА

Спор длиною в сто пятьдесят лет . . . . .	182
Сердце — генератор электрических колебаний . . . . .	184
Мозг «зажигает звезды» . . . . .	186
Токи, рожденные в мышцах . . . . .	193
Видящий «Марсианин» . . . . .	202
Прощаясь с читателем . . . . .	210

## НАШЕ СПРАВОЧНОЕ БЮРО

Литература . . . . .	211
Условные обозначения для радиотехнических схем . . . . .	213

Комский Давид Матвеевич, Горди́н Аркадий Борисович. УВЛЕКАТЕЛЬНАЯ КИБЕРНЕТИКА. Редактор А. Ага т и ц к а я. Художник А. Ле б е д е в. Художественный редактор Б. Т ю ф я к о в. Технический редактор Т. М е н ь ш и к о в а. Корректоры Н. Д а в ы д о в а, К. У ш а к о в а. Слано в набор 18/VIII 1969 г. Подписано в печать 4/XII 1969 г. НС 34842. Бумага типографская № 2. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Уч.-изд. л. 13,08. Усл. печ. л. 12,7. Тираж 10 500. Заказ 469. Цена 60 коп. Средне-Уральское Книжное Издательство, Свердловск, Малышева, 24. Типография издательства «Уральский рабочий», Свердловск, пр. Ленина, 49.

60 коп.



СРЕДНЕ-УРАЛЬСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО СВЕРДЛОВСК, 1969