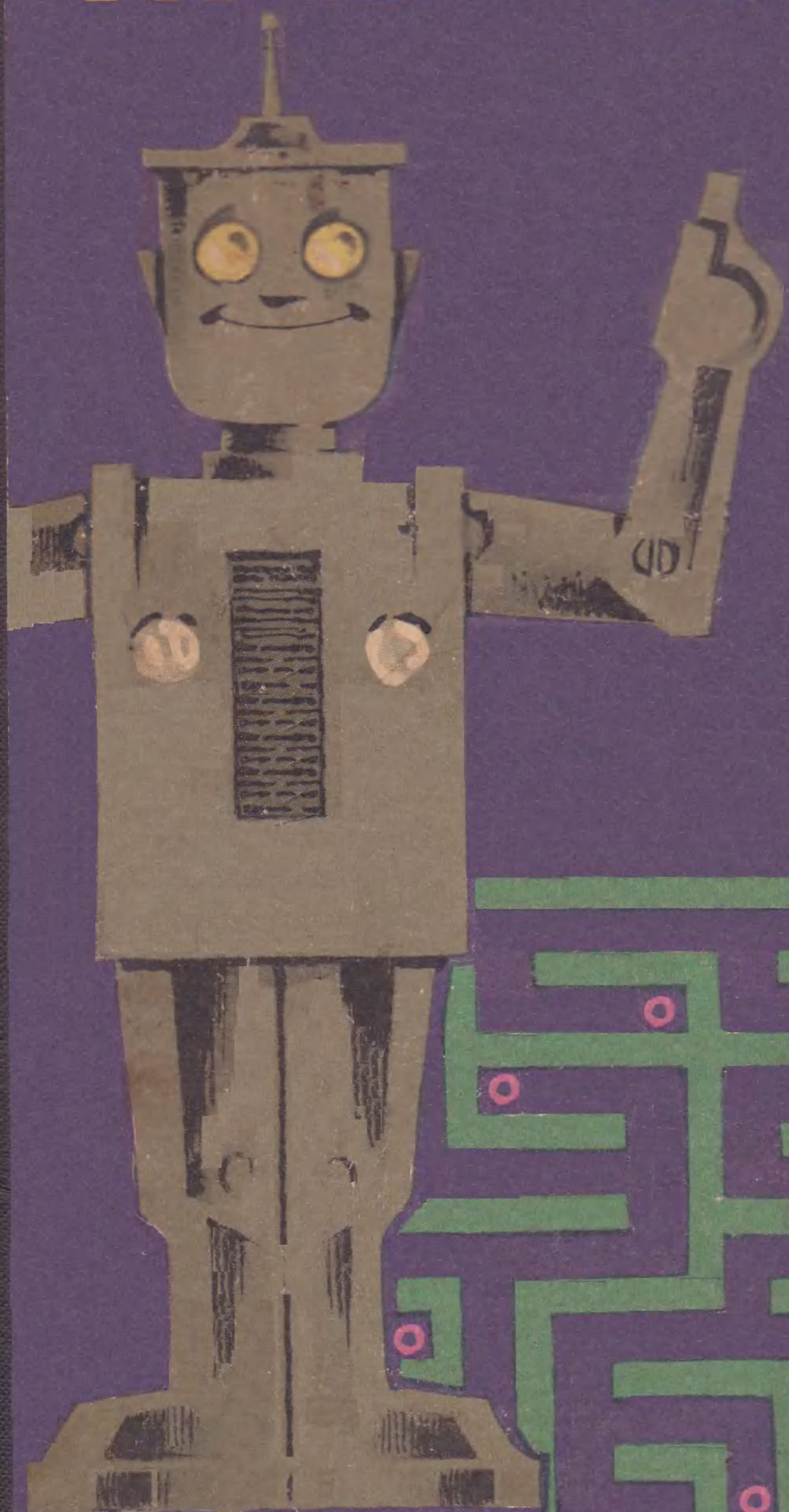


ПРОСТАЯ

ДКЗЭМТОМЪК





# ПРОСТАЯ КИБЕРНЕТИКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК ВЛКСМ  
«МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ» 1965

*Эта книга написана для юных техников студентами, аспирантами, преподавателями Свердловского государственного педагогического института В. Волковым, В. Волчковым, А. Горшковым, Д. Комским (автор и составитель), Е. Копытовым, В. Саловым, Т. Шориковой.*

ПРОСТАЯ КИБЕРНЕТИКА. Сборник. М., «Молодая гвардия», 1965.

160 с., с илл.

Редактор Ю. Столяров  
Художники С. Наумов и Е. Позднеев  
Худож. редактор В. Плешко  
Техн. редактор Л. Климова

А08708. Подп. к печ. 7/IV 1965 г. Бум. 60×90<sup>1</sup>/<sub>4</sub>. Печ. л. 10(10). Уч.-изд. л. 10. Тираж 65 000 экз. Заказ 2089. Цена 45 коп. Т. П. 1965 г., № 91.

Типография «Красное знамя» изд-ва «Молодая гвардия». Москва, А-30, Сущевская, 21.

«Нужно всюду больше вводить машин, переходить к применению машинной техники возможно шире», — говорил основатель Советского государства В. И. Ленин.

Сбываются мечты великого вождя трудящихся. С каждым годом все больше становится у нас различных машин, все новые и все более сложные обязанности возлагаем мы на этих чудесных наших помощников. И чем больше машин окружает нас, тем сильнее наша власть над природой, тем богаче наша жизнь.

Теперь уже не только на заводах и полях работают эти неутомимые слуги человека, умножающие его силы, облегчающие его труд. Машины — в каждом доме, в каждой квартире; с ними сталкивается и их услугами пользуется каждый человек независимо от того, учится ли он, работает или отдыхает. И естественно, что, находясь в окружении машин, мы не можем не интересоваться ими: ведь машинная техника таит в себе так много интересного! Пытливый ум ищет ответы на десятки вопросов при встрече с любой машиной, будь то простые часы-ходики, домашний холодильник или мощный электровоз.



Но особый интерес в последнее время вызывают так называемые «думающие» машины. Это машины-математики, машины-диспетчеры, машины-диагносты, шахматисты, лингвисты, композиторы, поэты, переводчики и другие автоматы, заменяющие человека там, где еще недавно нельзя было обойтись без его напряженной умственной деятельности. С каждым годом все больше появляется у нас таких машин. Гигантскими шагами движется вперед кибернетика — наука, занимающаяся их разработкой и изучением.

Вы слушаете сообщения о фантастических успехах этой науки, читаете рассказы о чудесных машинах, решающих математические задачи и сочиняющих музыку, и сотни вопросов начинают тревожить ваше воображение.

Как устроены «думающие» машины? Как они работают? Действительно ли они мыслят, как человек? Можно ли своими руками построить «думающую» машину или хотя бы ее модель?

Последний вопрос особенно волнует юных любителей техники, пытливых и любознательных энтузиастов, тех, кто сам с увлечением изобретает, конструирует, строит. Кто из них не мечтает о постройке «своей», пусть даже простой кибернетической модели — играющего автомата, вычислительной машины или электронной «черепахи»?

Возможно ли это?

Кибернетика — наука очень сложная и трудная. Один только математический аппарат ее включает и теорию вероятностей, и математическую логику, и теорию функций, и теорию алгоритмов, и многие другие разделы современной математики. А ведь для хорошего понимания идей кибернетики и умения использовать эти идеи на практике нужно знать еще и физику, и радиоэлектронику, и биологию... Да и сами «думающие» машины, о которых рассказывается в большинстве научно-популярных книг по кибернетике, очень сложны. Только и читаешь: тысячи электронных ламп, десятки тысяч конденсаторов, сопротивлений и других деталей. Кажется, где уж тут справиться со всем этим школьнику, не имеющему еще даже законченного среднего образования! «Рано, рано еще! Нужно прежде знаниями запастись!» — не раз можете вы услышать.

Однако есть и другое мнение.

Учиться нужно много и упорно — это бесспорно. Но именно потому и необходимо нашим юным техникам заиматься постройкой простейших кибернетических моделей и приборов — своеобразных «букварей», работая над которыми будущие конструкторы, новаторы производства, ученые могли

бы овладевать азбукой новой техники. Жизнь показывает, что многие элементы технической кибернетики, знакомство, изучение и постройка моделей, основанных на их использовании, вполне доступны ребятам-старшеклассникам.

Немало юных энтузиастов в разных концах нашей страны уже занимаются этим интересным делом. Помочь им — задача нашей книги.

Этот сборник не популярный рассказ о «думающих» машинах. Лишь в первой главе, да и то очень кратко, рассказывается здесь о кибернетике вообще и о применении кибернетических устройств. Подробнее о том, что такое кибернетика, как работают и где используются разнообразные «думающие» машины, можно узнать из других книг. Таких книг о «думающих» машинах написано немало, список некоторых из них вы найдете в конце сборника, в приложении. Советуем вам прочесть эти книги.

В нашем же сборнике приводятся описания ряда простых самодельных кибернетических устройств — действующих моделей и приборов, разработанных в общественном конструкторском бюро Свердловского государственного педагогического института и рассчитанных на изготовление их силами юных энтузиастов в технических кружках. В печати пока еще опубликовано очень мало описаний схем и конструкций подобных устройств, и юные техники зачастую испытывают большие трудности при выборе объекта для конструирования и постройки. Вопрос: «Над чем работать, какие модели и приборы строить?» — является наиболее острым для молодых кружков автоматики и кибернетики.

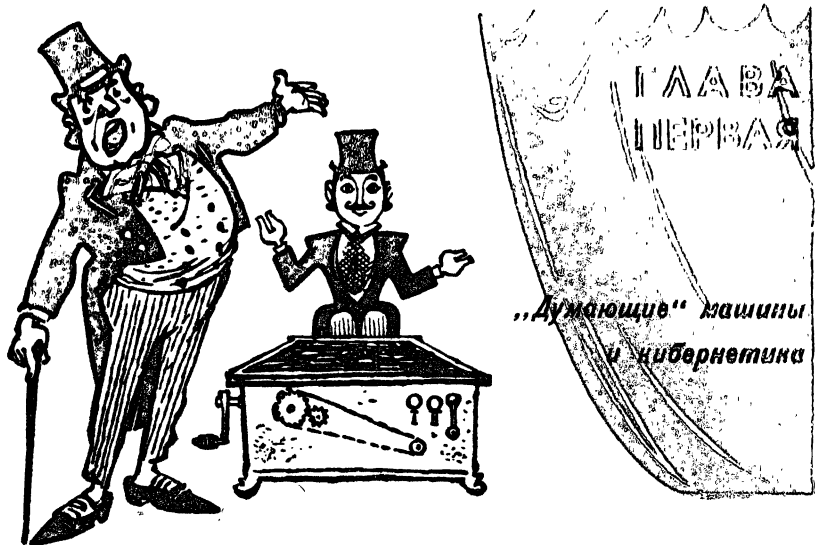
Не имея описаний простых и надежных схем и приборов, юные техники вынуждены выбирать объекты для конструирования, действуя почти наугад. А ведь во многих современных кибернетических устройствах, даже простых на первый взгляд, широко применяется вакуумная и полупроводниковая электроника, используются довольно сложные специальные узлы и дефицитные материалы. Нередко оказывается, что работа сложных электронных устройств недоступна пониманию школьников, а при поисках необходимых деталей и материалов ребята сталкиваются с непреодолимыми трудностями. Поэтому и неудача в работе часто бывает вызвана именно тем, что выбранный объект оказался слишком сложным, не учтены реальные возможности коллектива юных любителей кибернетики.

Мы надеемся, что этот сборник окажется полезным для школьников, увлекающихся моделированием в области авто-



матики и кибернетики, с интересом прочтут его и их наставники — руководители детских технических кружков.

Может оказаться, что отдельные термины и обозначения в схемах будут не знакомы юному читателю. На этот случай в приложениях приводятся различные справочные сведения. Но если и этих сведений окажется недостаточно, мы надеемся, что читатель сумеет найти ответы на возникшие у него вопросы в учебной и справочной литературе. Он может также обратиться за помощью к старшим товарищам — учителю, руководителю технического кружка, к знакомому рабочему или инженеру.



### ЧТОБЫ ОБЛЕГЧИТЬ И УСКОРИТЬ СЧЕТ...

Около двухсот лет назад по странам Европы разъезжал человек, именовавший себя венгерским изобретателем и механиком Вольфгангом фон Кемпеленом. Остановиваясь в столицах и крупных городах, изобретатель демонстрировал построенную им чудесную машину — шахматный автомат.

«Почтеннейшей публике» показывали громоздкий ящик, в котором был расположен сложный механизм: хитроумное сплетение валов, эксцентриков, пружин, шестеренок. На ящике была укреплена большая кукла со специальными захватами на руках вместо пальцев. Зрителям предоставлялась возможность ощупать рычаги, соединяющие эти захваты с механизмом в ящике. Перед куклой на крышке располагалась шахматная доска.

Желающим предлагали... сыграть с куклой в шахматы. В глубоком изумлении следили зрители за игрой. Кукла, управляемая загадочным механизмом, иногда подолгу думала над очередным ходом, но затем, ловко захватывая нужные фигуры, уверенно переставляла их на доске. Играла машина очень хорошо. Она могла разыгрывать тонкие комбинации, подстраивала своему противнику самые замыслова-



тые ловушки и почти всегда выигрывала. Слава о диковинной машине быстро распространилась по всей Европе.

Механическим шахматистом заинтересовался даже Наполеон Бонапарт, страстный любитель шахмат. Император Франции изъявил желание сыграть с машиной. Этот необычайный поединок состоялся и закончился поражением знаменитого полководца.

«Секрет» шахматного автомата Кемпелена раскрылся много лет спустя, неожиданно, во время одной из демонстраций. Автомат уже одерживал победу над очередным своим противником, когда в здании вспыхнул пожар. Крики и замешательство зрителей «испугали» машину.

Она прекратила игру, затем крышка ящика приподнялась, из него выбрался небольшого роста человек... Оказалось, что движениями куклы во время игры управлял опытный шахматист, укрывавшийся в тайнике, тщательно спрятанном среди механизмов. Несложная система зеркал и смотровое



окно в стенке тайника позволяли человеку следить за расположением фигур на шахматной доске.

Можно восхищаться мастерством механика, сумевшего в те далекие годы создать сложный механизм управления движениями куклы. Однако нельзя не признать, что шахматный «автомат» Кемпелена был все-таки грубым надувательством «почтеннейшей публики». Ведь играл-то в шахматы, думал, разыгрывал комбинации не хитроумный механизм, а живой человек!

Но вот несколько лет назад мир снова заговорил о шахматных машинах-автоматах, на этот раз не механических, а электронных. Теперь такие машины уже созданы, и некоторые из них «умсют» играть настолько хорошо, что в состоянии «сразиться» даже с опытным шахматистом. Во всяком случае, рассказывают, что одна из таких электронных шахматных машин недавно сумела «сделать ничью» с американским гроссмейстером С. Решевским.

Что же представляют собой эти играющие автоматы?

Электронный шахматист — это вычислительная машина, своеобразный электронный «монстр», который, действуя по про-

грамме, разработанной его конструктором, способен анализировать складывающиеся на шахматной доске ситуации и самостоятельно выбирать очередной ход. Разумеется, и такая машина не обходится без помощи человека. Но здесь на долю техника, обслуживающего машину, остается именно то, что только и было «автоматизировано» в машине Кемпелена, — переставлять фигуры на доске по указаниям электронного «мозга».

Разумеется, электронные вычислительные машины не были созданы специально для игры в шахматы. Такая игра для них лишь «развлечение». Настоящее же дело этих машин — решение сложнейших математических задач, связанных с разнообразными проблемами развития народного хозяйства нашей страны. Современные быстродействующие электронные вычислительные машины, получившие образное название «думающих», или даже «разумных», по словам академика А. Н. Несмеянова, «открывают новую эру в науке и технике... Область автоматизации умственного труда — такова принципиальная, огромного значения новость, которую несут эти машины».

Автоматизация некоторых видов умственного труда стала в наше время просто необходимой. Прежде всего это касается труда людей, производящих разнообразные вычисления. Проектирование заводов и электростанций, конструирование новых машин и сооружений, обработка результатов научных исследований, всевозможные инженерные и научные расчеты — все это требует колоссальной вычислительной работы. А с какой массой вычислений сталкиваются счетные работники, занимающиеся бухгалтерией, планированием, статистикой в государственном масштабе! Успехи науки и техники, развитие нашего народного хозяйства приводят к тому, что необходимость в огромном количестве вычислений непрерывно растет.

С древнейших времен люди стремились облегчить и ускорить счет с помощью вспомогательных средств. В Китае, Индии и других странах древнего Востока этой цели еще четыре-пять тысяч лет назад служила счетная доска — абак, подобная нашим конторским счетам. В 1642 году французский физик и математик Блез Паскаль создал первую арифметическую счетную машину, которая потом была усовершенствована немецким математиком Лейбницем. Во второй половине прошлого века появились арифмометры. Одна из конструкций этих приборов, весьма удачная, была разработана в 1874 году русским инженером Однером. В 1878 году академик П. Л. Чебышев создал первое автоматическое устрой-



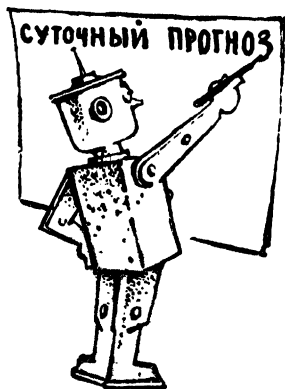
ство для умножения и деления чисел, которое явилось прототипом современных настольных клавишных счетных машин. В начале XX века была создана логарифмическая линейка, значительно облегчившая труд конструкторов и инженеров. К этому же времени ученые разработали различные типы счетно-аналитических машин для нужд статистики, бухгалтерии и банковского дела. В 1912 году академиком А. Н. Крыловым в Петербурге была построена первая машина для решения задач высшей математики.

Все эти машины по принципу действия были механическими или электромеханическими. Работали они сравнительно медленно. Инерционность подвижных частей машины: счетных колес, рычагов, магнитных реле и т. п. — ограничивала производительность труда вычислителя двумя-тремя тысячами арифметических операций за рабочий день.

Успехи радиоэлектроники к середине сороковых годов нашего столетия позволили вычислительной технике совершить гигантский скачок вперед. Чрезвычайно малая инерционность электронных приборов позволила в вычислительных машинах увеличить скорость счета до десятков тысяч, а затем и до сотен тысяч арифметических операций в секунду. Созданы электронные машины, способные решать с большой скоростью и точностью сложнейшие математические задачи. Например, советская быстродействующая счетная машина (БЭСМ) может рассчитать траекторию полета артиллерийского снаряда быстрее, чем этот снаряд достигнет цели.

Когда при подготовке к Международному геофизическому году понадобилось рассчитать на несколько лет вперед движение около семисот малых планет солнечной системы с учетом воздействия на них не только Солнца, но и возмущений со стороны Юпитера и Сатурна, электронная машина справилась с этой задачей за несколько дней.

Только применение таких машин позволило вывести из тупика проблему математического прогноза погоды. Математики уже давно доказали, что по данным о температуре, влажности, давлении воздуха, направлении и силе ветра можно составить систему дифференциальных уравнений, решение которой покажет, какая погода будет завтра. Однако до недавнего времени математический прогноз погоды



был невозможен: вычисления при этом оказывались настолько громоздкими, что для расчета погоды, например, на сутки вперед сотрудникам большого вычислительного бюро пришлось бы трудиться несколько недель. Понятно, что к моменту окончания расчетов результат уже не представлял бы никакого интереса. Электронная быстродействующая машина расчет суточного прогноза погоды выполняет за 30—40 минут.

Обработка материалов переписи населения страны, начисление заработной платы рабочих и служащих на крупнейших предприятиях, разработка конструкций таких современных самолетов, как «ТУ-104», «ИЛ-18», «АН-10» и другие, расчет траектории искусственных спутников Земли и космических ракет — все это не обходится теперь без участия электронных вычислительных машин и приборов. Но, кроме решения задач математического характера, некоторые электронные машины способны решать и логические задачи. Это значительно расширяет область их применения.

#### **МАШИНЫ-МОДЕЛИ И МАШИНЫ-СЧЕТЧИКИ**

Все разнообразные средства вычислительной техники можно разделить на два основных класса: аналоговые, или моделирующие, устройства и цифровые машины. Наглядный пример моделирующего прибора — обыкновенная счетная (логарифмическая) линейка. В этом приборе числа моделируются (изображаются) длинами. Производя различные вычисления с помощью линейки, мы в действительности складываем или вычитаем участки длины корпуса и движка, на которых в определенном масштабе нанесены числа.

Особенно широкое распространение получили в наше время методы электрического моделирования. Дело в том, что для многих процессов и явлений, имеющих самую разнообразную физическую природу, можно подобрать электрические явления, которые описываются одинаковыми математическими уравнениями. Например, протекание воды по системам труб и распределение электрического тока в разветвленной цепи выражаются законами, имеющими одинаковую математическую форму; колебания груза, подвешенного на пружине, и колебания тока в электрическом контуре описываются одними и теми же дифференциальными уравнениями.

Чтобы убедиться в сказанном выше и уяснить суть математического моделирования, рассмотрим в качестве примера

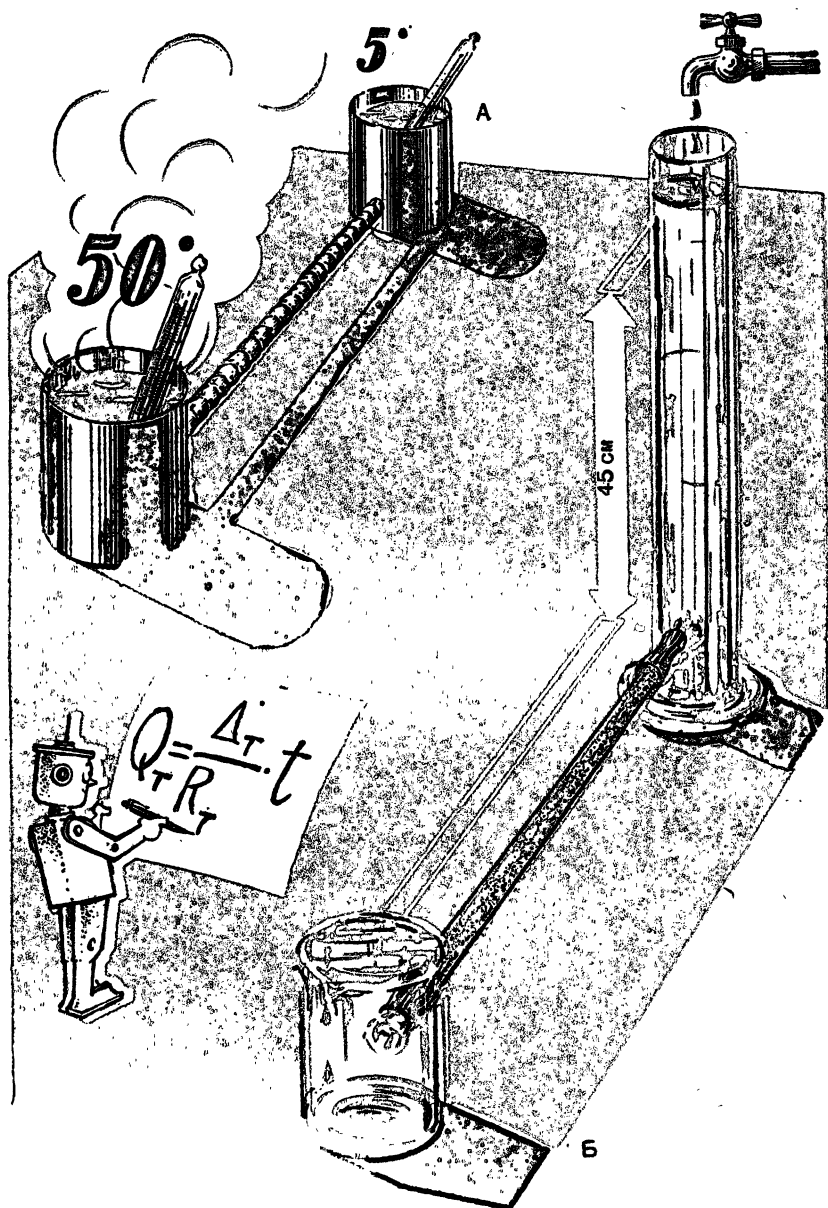


Рис. 1.

- а) Передача тепла теплопроводностью по стержню.  
 б) Напорная фильтрация воды через трубку с песком

три простые физические задачи (эти задачи взяты нами из книги А. Д. Смирнова «Современные математические машины», изданной в 1959 году).

**Задача 1.** Медный стержень (рис. 1, А) поперечным сечением  $1 \text{ см}^2$  и длиной  $20 \text{ см}$  вставлен одним концом в сосуд с горячей водой, в котором поддерживается постоянная температура  $50^\circ \text{С}$ , а другим — в сосуд с холодной водой, имеющей температуру  $5^\circ \text{С}$ . Боковая поверхность стержня покрыта теплоизоляционным материалом. Определить, сколько тепла пройдет через стержень за одну минуту.

Решить эту задачу нетрудно. Из школьного курса физики мы знаем, что количество тепла, протекающего за единицу времени через стержень, прямо пропорционально разности температур на его концах и обратно пропорционально его тепловому сопротивлению, которое тем больше, чем длиннее стержень, и тем меньше, чем выше теплопроводность материала стержня и площадь поперечного сечения его. В нашем случае тепловое сопротивление получается равным  $25 \text{ град. сек/кал.}$

Если обозначить тепловое сопротивление через  $R_\tau$ , разность температур через  $\Delta_\tau$ , количество тепла через  $Q_\tau$ , а время через  $t$ , то расчетную формулу можно записать так:

$$Q_\tau = \frac{\Delta_\tau}{R_\tau} t.$$

Подставляя в нее числовые данные задачи, найдем ответ:

$$Q_\tau = 108 \text{ кал.}$$

**Задача 2.** Два сосуда соединены трубкой, наполненной песком (рис. 1, Б). Уровень воды в левом сосуде поддерживается на  $45 \text{ см}$  выше, чем в правом. Гидравлическое сопротивление трубки с песком, которое прямо пропорционально длине трубки и обратно пропорционально площади поперечного сечения и коэффициенту фильтрации, подсчитано и равно  $25 \text{ сек/см}^2$ . Сколько воды перетечет из левого сосуда в правый за одну минуту?

Эту задачу также нетрудно решить. Обозначая количество протекающей воды  $Q_b$ , разность уровней воды  $\Delta_b$ , гидравлическое сопротивление трубки с песком  $R_b$  и время  $t$ , получим следующую формулу для расчета:

$$Q_b = \frac{\Delta_b}{R_b} t.$$

Если подставить в нее числовые значения, получим ответ:

$$Q_b = 108 \text{ см}^3.$$

**Задача 3.** Какое количество электричества протечет



ли одну минуту через участок цепи, состоящей из никелиновой проволоки сечением  $0,1 \text{ мм}^2$ , длиной  $11 \text{ м}$ , если разность потенциалов на концах участка составляет  $45 \text{ в}$  (рис. 2)?

Определив сопротивление указанного в задаче участка электрической цепи (оно равно удельному сопротивлению материала — никелина, умноженному на длину и деленному на площадь поперечного сечения провода), получим:

$$R_s = 25 \cdot \text{ом}.$$

Количество электричества, протекающего по указанному в задаче участку цепи, можно вычислить, найдя на основании закона Ома силу тока и умножив ее на время протекания тока. Обозначая разность потенциалов на концах участка через  $\Delta_s$ , количество электричества через  $Q_s$ , а время через  $t$ , получим:

$$Q_s = \frac{\Delta_s}{R_s} t = 108 \text{ кулонов}.$$

Сравним расчетные формулы, полученные при решении всех трех задач:

$$Q_\tau = \frac{\Delta_\tau}{R_\tau} t; \quad Q_b = \frac{\Delta_b}{R_b} t; \quad Q_s = \frac{\Delta_s}{R_s} t.$$

Они совершенно одинаковы и отличаются лишь индексами, различными в разных задачах.

Благодаря однотипности формул, описывающих различные по своей физической природе явления, можно рассматривать любое из этих явлений как модель остальных. Например, электрическую цепь можно рассматривать как модель тепловой или гидравлической цепи. И так как смонтировать электрическую цепь обычно гораздо проще и дешевле, чем

строить громоздкую гидравлическую или тепловую установку, то при расчете и исследовании таких установок очень удобно пользоваться их электрическими моделями.

Моделирование позволяет легко и быстро производить исследование различных технических и научных проблем. Широко применяются моделирующие устройства и для автоматизации разнообразных вычислений.

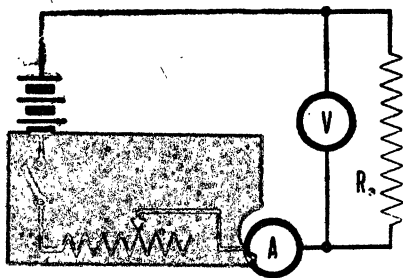


Рис. 2. Схема установки для экспериментального определения силы тока в цепи.

В Советском Союзе созданы различные типы таких вычислительных машин.

Обычно моделирующие вычислительные машины состояются из отдельных узлов — блоков, выполняющих те или иные математические операции. Так, например, машина может содержать блоки для построения заданных математических функций (так называемые функциональные преобразователи), блоки суммирования переменных (выполняющие операции сложения и вычитания), блоки умножения переменной на постоянный коэффициент, блоки умножения и деления переменных и другие. Все эти блоки соединяются в машине в такой последовательности, какая требуется математической задачей, для решения которой построена машина. Например, если машина должна находить величину  $y$ , определяющуюся соотношением

$$y = x^2 - 5x + 6,$$

то она содержит блок умножения двух переменных ( $x \cdot x$ ), блок умножения переменной  $x$  на постоянный коэффициент ( $-5$ ), блок формирования постоянного слагаемого ( $+6$ ) и суммирующий блок, в котором вычисляется сумма всех трех членов многочлена:

$$x^2 - 5x + 6.$$

В связи с этой особенностью моделирующих вычислительных машин все они являются более или менее узко специализированными, то есть каждая из них пригодна для решения лишь определенного класса математических задач. Другой недостаток моделирующих машин — это сравнительно малая точность их решений.

Работа цифровых вычислительных машин основана на совершенно ином принципе. В этих устройствах математические операции производятся не над физическими величинами, а непосредственно над числами, выраженными с помощью цифр (отсюда и название — «цифровые машины»). Простейшие цифровые приборы — конторские счеты и арифмометры, в которых осуществляется поразрядный счет. Цифры изображаются здесь различными способами: в конторских счетах — костяшками на проволоке, в арифмометре — положениями цифровых колес. К классу цифровых устройств относятся также и быстродействующие электронные счетные машины.

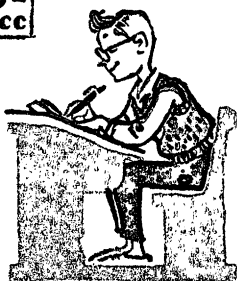
Каким же образом электронная цифровая машина выполняет арифметические операции?

Для изображения цифр в электронных счетных машинах используются короткие электрические импульсы — скачки

1010-й  
КЛАСС



10-й  
КЛАСС



напряжения. Наличие импульса-сигнала обозначает цифру 1, отсутствие его — цифру 0. Так как иных возможностей не может быть, то электронная машина «знает» всего две цифры: 1 и 0. Поэтому в ней возможно применить лишь такую систему счисления, которая использовала бы только эти две цифры. Такая система счисления известна. Называется она двоичной. Что же это за система?

«Мне 10 000 лет, я учусь в 1010-м классе. Класс наш небольшой, в нем всего 11 010 учеников...»

Что это такое? Запись какого-нибудь шутника или отрывок из автобиографии сумасшедшего? Ни то, ни другое. Запись самая обыкновенная, никаких противоречий здравому смыслу она не содержит. Но здесь числа записаны в двоичной системе счисления.

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. Например, число 1963 представляется так:

$$1963 = 1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0.$$

В двоичной системе счисления каждый высший разряд любого числа больше соседнего с ним низшего разряда не в 10, а только в 2 раза, и поэтому для записи чисел можно использовать всего две цифры: 1 и 0. Таким образом, здесь многоразрядные числа составляются как суммы различных степеней двойки. Вот как это выглядит:

Числа десятичной системы	Числа двоичной системы	Числа десятичной системы	
0	0	16	ил
1	1	17	ой
2	10	18	1
3	11	19	100
4	100	20	1010
5	101	21	10101
6	110	22	10110
7	111	23	10111
8	1000	24	11000
9	1001	25	11001
10	1010	26	11010
11	1011	27	11011
12	1100	28	11100
13	1101	29	11101
14	1110	30	11110
15	1111	31	11111

Например, число 1010 означает:

$$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 8 + 0 + 2 + 0 = 10;$$

точно так же число 10000 в приведенном выше отрывке означает, конечно, не десяток тысяч лет, а всего лишь:

$$1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 16 \text{ лет.}$$

Предоставляем вам возможность самим убедиться таким же путем, что третье число 11010, приведенное здесь, — это 26.

Следовательно, вызывавший вначале недоумение текст читается так: «...Мне 16 лет, я учусь в 10-м классе. Класс наш небольшой, в нем всего 26 учеников...»

На первый взгляд двоичная система счисления может показаться настолько неудобной, что ее вряд ли можно где-либо применить. Но это только потому, что двоичная система для многих непривычна. На самом же деле, хотя числа в этой системе и выглядят очень громоздкими и однообразными, арифметические действия над ними чрезвычайно упрощаются. Это заметил еще Готфрид Вильгельм Лейбниц, впервые исследовавший двоичную систему счисления. Лейбниц еще в 1703 году писал: «При сведении чисел к простейшим началам, каковы 0 и 1, всюду выявляется удивительный порядок...» Особенно восхищали Лейбница своей простотой правила двоичного сложения и умножения. Именно из-за про-



нения арифметических действий двоичная система  
основу производства вычислений на электронных  
машинах.

Например, сложение чисел в двоичной системе  
«таблица сложения» состоит здесь всего из четырех  
действий:

$$\begin{aligned}0+0 &= 0, \\0+1 &= 1, \\1+0 &= 1, \\1+1 &= 10.\end{aligned}$$

Результат последнего равенства означает перенос единицы  
в высший разряд.)

Пусть, например, надо сложить числа 21 и 13. Сравним,  
как выполняются эти действия в десятичной и в двоичной  
системах.

В десятичной системе

$$\begin{array}{r}+ 21 \\+ 13 \\ \hline 34\end{array}$$

В двоичной системе

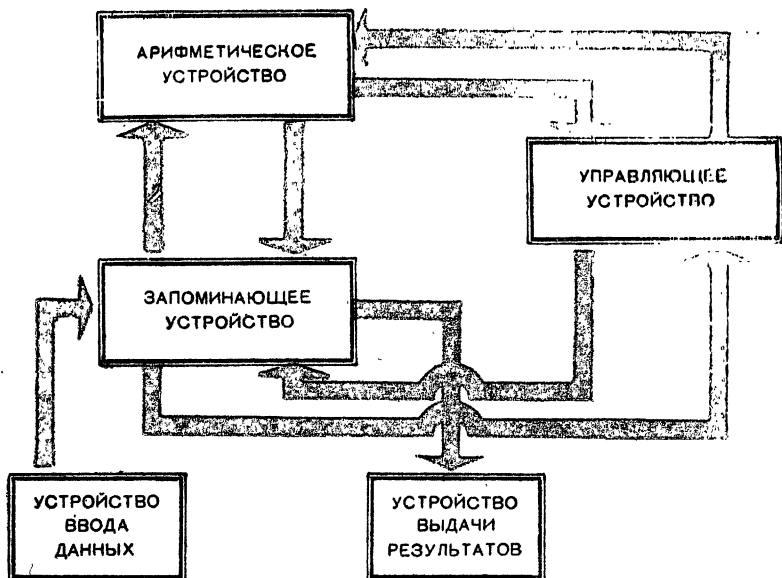
$$\begin{array}{r}+ 10101 \\+ 1101 \\ \hline 100010\end{array}$$

Как видим, сложение многозначных чисел в двоичной  
системе осуществляется очень просто. Такое сложение легко  
поддается автоматизации, что и осуществлено в электронных  
цифровых счетных машинах.

Арифметическое устройство машины состоит из электрон-  
ных реле — так называемых триггерных ячеек, — каждое  
из которых может принимать только одно из устойчивых со-  
стояний: проводить ток или не проводить его. Первое из них  
соответствует единице, второе — нулю. Если каждое из этих  
реле заняло одно из устойчивых состояний, то вся система  
реле хранит некоторое число. Прибавление к нему другого  
числа осуществляется подачей на вход устройства соответ-  
ствующей данному числу серии электрических импульсов.  
При этом в зависимости от комбинации указанных импуль-  
сов каждое реле претерпевает ряд последовательных перехо-  
дов из одного устойчивого состояния в другое; конечное со-  
стояние всех реле определяет число, равное сумме слагаемых.

Другие арифметические операции: вычитание, умноже-  
ние и деление — могут быть, как известно, сведены к сложе-  
нию чисел. Таким образом, цифровые машины могут выпол-  
нять все четыре основных действия арифметики.

Цифровая машина — это довольно сложный и громоздкий  
комплекс электронной и электромеханической аппаратуры.  
Для размещения ее узлов часто необходимы специальные залы



площадью в несколько десятков квадратных метров. Потребляемая такой машиной мощность достигает сотен киловатт. В состав машины входят тысячи электронных ламп и полупроводниковых элементов, десятки тысяч конденсаторов, сопротивлений и других деталей. Все они группируются в систему связанных между собою блоков и устройств. Главнейшие из них: запоминающее устройство, управляющее и арифметическое устройства, а также устройство ввода исходных данных и устройство вывода результатов.

Работа электронной цифровой машины напоминает действия человека-вычислителя. 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 во входное устройство, а оттуда — в «память» машины. 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.

Впрочем, часто трудоемкий процесс программирования сам оказывается доступным автоматизации. В этих случаях составление программы решения задачи удается также поручить машине.

После введения в машину программы через входное устройство в нее вводятся исходные данные задачи также с помощью кода, «понятного» машине. Эти данные воспринимаются запоминающим устройством. Затем арифметическое устройство приступает к вычислениям согласно командам, поступающим из управляющего устройства. Промежуточные результаты накапливаются в «памяти» машины — запоминающем устройстве — и используются по мере надобности арифметическим устройством для продолжения вычислений. Окончательный результат передается на выходное устройство, где ему придается форма, удобная для прочтения или изучения. Обычно ответ получается в виде графиков или числовых таблиц. Выходное устройство может быть электромеханическим (например, электрическая пишущая машинка), электронным (электронно-лучевая трубка, на экране которой воспроизводится ответ) или фотопечатающим (ответ печатается на киноплёнке).

В отличие от моделирующих машин точность работы цифровых вычислительных устройств может быть сделана в принципе сколь угодно большой. Современные электронные цифровые машины производят расчеты с числами от миллиардных долей единицы до миллиардов. Это обеспечивает достаточную точность при решении большинства научных и технических задач.

Большое преимущество цифровых машин перед аналоговыми — их универсальность. Одна и та же машина может решать самые разнообразные математические задачи. Более того, именно электронные цифровые машины могут решать различные логические задачи. Они способны осуществить любой вычислительный или логический процесс, если только этот процесс можно выразить конечным числом последовательных элементарных математических и логических действий или, как говорят математики, если процесс имеет алгоритм.

## НА ВСЕ РУКИ МАСТЕРА

Способность электронных счетных машин быстро производить правильный выбор из большого числа возможностей позволяет применять их там, где до последнего времени человек, его мозг казались совершенно незаменимыми.

Мы уже говорили о шахматном «автомате» Кемпелена и об электронных «шахматистах». После всего сказанного можно не удивляться тому, что электронная машина способна «играть» в шахматы. Ведь эта игра происходит по строгим правилам, которые можно выразить на языке чисел и арифметических действий.

Как же «играет» электронная машина?

Чтобы подготовить машину к игре в шахматы, нужно ввести в ее «память» соответствующую программу. Эта программа должна включать правила игры, сравнительную (численную) оценку фигур, а также оценку их позиций, так как ценность фигуры сильно изменяется в зависимости от ее положения. Общая ситуация каждой стороны (белых и черных) определяется суммарной оценкой всех фигур и их позиций. При игре всегда 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 будет «думать» 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 быстрое действие, 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. И если еще несколько лет назад они могли решать только простые шахматные задачи (типа «мат в три хода»), то теперь, как уже упоминалось выше, электронный шахматист может померяться силами даже с гроссмейстером.

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 самообучаю-



щимися). Так, например, американец А. Л. Сэмюэль запрограммировал быстродействующую вычислительную машину «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. Вначале при игре с этой машиной Сэмюэлю удавалось легко у нее выигрывать. Однако машина стала быстро совершенствоваться и вскоре уже «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 достигает 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-человека.

Крупнейший советский шахматист, экс-чемпион мира Михаил Ботвинник высказал недавно мысль о том, что в будущем придется разыгрывать два первенства мира по шахматам: одно — среди гроссмейстеров, а другое — среди машин. Впрочем, попытки «посадить» за шахматную доску две машины, заставив их «играть» друг против друга, уже проводились неоднократно. В «игре» машины прекрасно «понимают» друг друга, и каждая из них упорно старается добиться победы. Выигрывает та машина, у которой более вместительная «память», лучше составлена программа игры, быстрее ведется счет.

Большой интерес ученых к играющим автоматам, разумеется, не случаен. Игровые задачи уже давно привлекают внимание математиков, а в последнее время даже успешно развивается новое направление в математике — теория игр. Дело в том, что под игрой можно понимать вообще всякий вид соревнования с определенной системой правил или ограничений, в соответствии с которыми действуют участники игры, добиваясь выигрыша. А под такое определение подходят не только игры в шахматы, шашки, домино, но и

спортивные игры и состязания (футбол, хоккей и др.), процесс лечения болезни.

На способности вычислительных машин делать быстрый и правильный выбор из многих возможностей основано использование их для автоматизации перевода с одного языка на другой. В запоминающее устройство машины вносится словарь, в котором слова каждого из языков, например русского и английского, закодированы числами двоичной системы. В программе работы по переводу, вводимой в машину, кодируются стилистические, грамматические и синтаксические особенности перевода, многочисленные правила и исключения из них. Подлежащий переводу текст вводится в машину при помощи специального кодирующего устройства с клавиатурой обычной пишущей машинки. При переводе английского предложения на русский язык машина вначале отыскивает каждое слово в английской части словаря путем сравнения его кода с кодами других слов и последовательного отбрасывания всех неподходящих слов. Затем она берет из русской части словаря коды эквивалентных русских слов. В заключение найденные русские слова располагаются в нужном порядке в соответствии с грамматическим строем русского языка; переведенная фраза подается на выход и печатается.

Первые опыты автоматического перевода проводились с помощью универсальных машин — таких, например, как американская машина «ИБМ-701» или советская «БЭСМ». Американская машина «знала» всего 250 слов и могла переводить сравнительно простые предложения. «БЭСМ» оперировала уже со словарем свыше тысячи слов и довольно точно переводила научно-технические тексты. Первые опыты показали, что для автоматизации перевода рационально создавать специальные машины с мощными запоминающими устройствами для хранения громоздких программ и словарей. В настоящее время математики совместно с лингвистами работают над дальнейшим освоением машинного перевода.

Не менее замечательной является возможность использования электронной счетной машины в качестве диагноста.

Как много значит своевременно и правильно поставить диагноз болезни! Симптомы многих заболеваний, например пороков сердца, настолько близки, что избежать ошибки при обычных методах диагностики бывает очень трудно. Многое здесь зависит от опыта врача, исследования которого носят большей частью субъективный характер. Электронная машина может дать медикам возможность точно и объективно устанавливать характер заболеваний сердца и других внут-

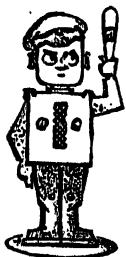


ренных органов, избегая тех трагических ошибок, которые порой происходят в клиниках. В «память» машины можно ввести все известные науке симптомы заболеваний. Специальный вводный прибор выслушает, исследует больного, превратит собранные данные о болезни в электрические импульсы и пошлет их в машину, которая, сравнивая полученный код с хранящимися в запоминающем устройстве, найдет точный диагноз.

Появление электронных устройств, способных выполнять логические операции, привело к созданию разнообразных управляющих машин, которые позволяют наиболее выгодным образом вести производственные процессы, добиваться максимального использования оборудования и лучшего качества продукции. Разработаны системы автоматического управления нефтепроводами и газопроводами, автоматизируется работа нефтеперерабатывающих предприятий.

Все большее распространение в наши дни получают так называемые станки с программным управлением, превращающие заготовку в нужное изделие непосредственно по численным данным чертежа или математической формуле, записанной на перфорированной бумажной ленте или магнитной пленке. В них электрические импульсы, вырабатываемые счетным устройством, включают двигатели станков и дают команды на перемещение режущего инструмента.

Вычислительные устройства применяются для управления электросталеплавильными печами, прокатными станами и даже целыми цехами и заводами, например, такими, как заводы-автоматы по производству шарикоподшипников, поршней автомобильных двигателей, радиоламп и т. п. Вычислительные машины могут успешно выполнять функции диспетчера на крупных железнодорожных узлах и в авиапортах, обеспечивая их четкую и безаварийную работу. В самолетах вычислительные устройства незаменимы для целей навигации при полете ночью и в пасмурную погоду, при «слепой» посадке и т. д. Установленные на тепловозах, они прекрасно справляются с обязанностями машиниста, точнее опытного мастера определяют наилучший режим работы ма-



шины на различных участках пути, экономят топливо и приводят поезд в пункт назначения точно по графику. В городах они могут быть использованы для регулирования уличного движения на перекрестках. Электронные вычислительные машины позволяют выполнять сложнейшие вычисления, связанные с подготовкой к запуску искусственных спутников Земли и космических ракет, а электронные управляющие устройства обеспечивают автоматическое управление полетом ракет точно по заданной программе. «Думающие» машины могут сортировать письма по адресам, читать печатный текст для слепых, находить в каталоге интересующую нас книгу, решать тактические и стратегические задачи при планировании военных операций. Рассказывают даже, что в одной из брачных контор США цифровая электронная машина используется в качестве своеобразной «электронной свахи»: в нее вводятся в закодированном виде подробные данные о возрасте, цвете лица, волос, глаз, а также о профессии и доходе всех клиентов конторы, и она подыскивает для каждого из них жену или мужа в соответствии со «вкусом» заказчика. Такой «деловой» подход к женитьбе, конечно, вполне соответствует буржуазным воззрениям на семью и брак, где решающими факторами могут быть доход и цвет волос, а не любовь и душевные качества человека.

#### **О КИБЕРНЕТИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И... ИГРУШКАХ**

С развитием автоматизации производственных и некоторых мыслительных процессов возникла потребность в теории, которая могла бы обобщить и научно обосновать приемы и средства создания автоматических управляющих устройств. Такая теория, оформившаяся за последние пятнадцать лет в самостоятельное научное направление, получила название кибернетики.

Слово «кибернетика» древнегреческого происхождения. В переводе на русский язык «кибернетес» означает рулевой, кормчий, управляющий движением. Впервые это слово ввел в употребление в науке более ста лет назад известный французский физик Андре Ампер. Пытаясь дать в одной из своих работ общую классификацию наук, он назвал так не существовавшую в то время науку об управлении человеческим



обществом, развитие которой предсказывал в будущем. Впоследствии название это было надолго забыто и снова появилось только недавно, введенное одним из основоположников новой науки, известным американским ученым-математиком Норбертом Винером.

Разрабатывая во время второй мировой войны вопросы теории зенитных стрельб и управления реактивными снарядами, этот ученый обратил внимание на большое сходство между процессами управления и передачи сигналов в различных технических устройствах и живых организмах. Для более детального исследования этого сходства Винер в течение нескольких лет изучал физиологию высшей нервной деятельности. В результате синтеза некоторых проблем математики, радиоэлектроники и физиологии ему удалось установить ряд общих закономерностей передачи сигналов, контроля и регулирования в машинах и живых организмах.

Разумеется, успешная разработка Винером этих закономерностей была подготовлена предшествующим развитием науки и техники, многолетней работой ученых разных стран, в частности таких всемирно известных русских и советских ученых, как И. П. Павлов, А. И. Вышнеградский, А. М. Ляпунов, В. А. Котельников, А. Н. Колмогоров, и зарубежных специалистов Гиббса, Гилберта, Кантора, Шеннона. Это подчеркивает и сам Винер. «Некоторые из моих соображений, — пишет он, — подкрепляются подобными же соображениями, содержащимися в более ранней работе Колмогорова в России, хотя значительная часть моего труда была выполнена прежде, чем мое внимание было привлечено к исследованиям русской школы». Винер указывает, что он изучал также работы Крылова, Боголюбова, Гуревича и труды ученых Японии.

Свои идеи Винер изложил в двух работах: «Кибернетика, или управление, и связь в животном и машине» (1948 г.) и «Кибернетика и общество» (1951 г.). Книги Винера вызвали живой интерес у ученых различных специальностей — математиков, физиков, физиологов, философов, которые стали развивать его идеи в самых различных направлениях.

Так возникла кибернетика — наука об общих закономерностях процессов управления и связи в организованных системах — машинах, живых организмах и их объединениях.

При всяком процессе управления определяющую, главную роль всегда играет передача информации (в виде сигналов, команд, сообщений и т. п.). Поэтому информация является основным понятием в кибернетике. Именно с информационной стороны и изучает кибернетика процессы управления и связи. В связи с этим ее часто определяют также как науку

о способах восприятия, передачи, хранения, переработки и использования информации в машинах, живых организмах и их объединениях.

Сопоставление технических автоматических устройств с живыми организмами, совместное изучение столь отличающихся на первый взгляд объектов идея не надуманная. Действие машин-автоматов очень напоминает поведение живых существ. Много общих черт часто обнаруживается и в строении тех и других. Но для кибернетики особый интерес представляет сравнение процессов управления и связи в животном и в машине. Как механизм машины, так и организм животного имеет управляющие и исполнительные органы. Связь между этими органами в том и в другом случае осуществляется по специальным каналам и обеспечивает работу машины или жизнедеятельность организма.

Управляющее устройство соединено с исполнительным механизмом каналом связи. По этому каналу передаются сигналы управления, вырабатываемые в управляющем устройстве в соответствии с программой. Подчиняясь этим сигналам, исполнительный механизм совершает свою работу. В свою очередь, исполнительный механизм соединен с управляющим устройством каналом обратной связи, по которому в устройство поступают сигналы о том, насколько правильно выполняются команды управления. В управляющем устройстве поступившая информация перерабатывается так, что в соответствии с этой информацией и заданной программой вырабатываются новые сигналы управления, направляемые снова к исполнительному механизму.

Так осуществляется саморегулирование машины-автомата. Программа управления может вводиться в машину извне, как мы это видели на примерах вычислительных машин, а также может и определяться самой конструкцией управляющего устройства. Пример такого автомата — хорошо известный центробежный регулятор паровой машины, в котором эффект регулирования создается вращением грузов, связанных с валом машины (исполнительный механизм) и заслонкой, управляющей подачей пара в машину (управляющее устройство). В более сложных современных автоматических системах каналами связи могут быть различные электрические цепи, а роль управляющих устройств играют разнообразные релейные схемы (например, на электромагнитных реле) или электронные вычислительные машины.

Управляющий орган в живом организме — центральная нервная система. С другими органами она связана с помощью специфических каналов связи — чувствительных и

длинательных нервов. Связь эта в физиологии носит название рефлекторной дуги. В управляемых органах расположены окончания чувствительных нервов — так называемые рецепторы. Под действием различных раздражителей (тепла, света, звука и т. п.) в рецепторах возникают импульсы возбуждения, которые по чувствительным нервам (канал обратной связи) передаются в центральную нервную систему, информируя ее о воздействии раздражителя. Центральная нервная система перерабатывает полученную информацию и вырабатывает необходимую команду, которая по другому каналу связи — двигательным нервам — передается в виде импульсов возбуждения соответствующим органам — железам, мышцам — и вызывает их реакцию на действие раздражителя.

Простейшим примером этого вида управления и связи является отдергивание руки при неожиданном прикосновении к горячему предмету. Здесь легко проследить все элементы рефлекторной дуги.

Сравнивая рассмотренные схемы управления в автоматическом устройстве и живом организме, мы легко обнаруживаем существенное их сходство. В самом деле, и в том и в другом случае управление характеризуется замкнутой цепью, состоящей из управляющего и управляемого устройств и каналов прямой и обратной связи. В обоих случаях по каналам связи передается информация: от управляющего органа к исполнительному — по каналу управления и к управляющему от исполнительного — по каналу обратной связи. Поэтому кибернетика приходит к выводу, что такие проблемы, как передача и переработка информации, обратная связь и автоматическое регулирование, являются в значительной мере общими для схемы управления животного и машины, и, следовательно, если изучать их с единой точки зрения, то это поможет не только совершенствованию технических устройств, но и углублению наших знаний в области биологии и физиологии нервной системы.

Таким изучением живых организмов и машин с единой (информационной) точки зрения и занимается кибернетика.

Для проверки некоторых теоретических положений кибернетики, а также с целью исследования возможностей машины и ее аналога — нервной системы в последние годы совершаются многочисленные попытки моделировать при помощи технических средств некоторые нервные и психические функции живых организмов. Создаются различные устройства, метко охарактеризованные Винером как «научные иг-

рушки», которые способны в какой-то мере имитировать поведение животных.

Еще тридцать шесть лет назад, на Парижской радио-выставке 1929 года, демонстрировалась сконструированная Анри Пиро электронная «собака», которая могла двигаться по направлению к свету, но лаяла и отворачивалась, если источник света подносили к ней слишком близко. Десять лет спустя к демонстрации на Нью-Йоркской выставке была подготовлена другая «научная игрушка» с более совершенным механизмом, но накануне открытия выставки она, привлеченная светом фар, попала под колеса автомобиля и была раздавлена.

Эти и подобные им устройства, создававшиеся позднее, в сущности, еще мало отличались от механических автоматов XVIII века: заводных пляшущих кукол, музыкальных табакерок и т. п. Каждый из таких автоматов мог отвечать раз навсегда определенной реакцией на вполне определенное воздействие извне: кукла выполняла одни и те же движения всякий раз, когда заводили ее пружинный механизм, электронная «собака» лаяла, если яркий пучок лучей освещал вмонтированный в нее фотоэлемент. В принципе к этой же группе автоматов можно отнести такие устройства, как, например, телефон-автомат, соединяющий абонентов, когда в него опускают монету и набирают необходимый номер, или автомат, «продающий» папиросы, спички или другие штучные товары. Такие автоматы можно назвать фиксированными в своем развитии в отличие от машин, способных развиваться. Последние представляют для кибернетики гораздо больший интерес.

Мы уже упоминали о таких машинах, описывая играющие автоматы, способные «обучаться» и совершенствовать свое умение «играть». Другим примером «научной игрушки» этого типа является «мышь в лабиринте», созданная американским ученым Клодом Шенноном. «Мышь» — намагниченный кусочек стали на колесиках и с усиками-контактами — пускают в лабиринт, образуемый при помощи съемных перегородок на алюминиевой доске. При помощи подвижного магнита, расположенного под доской и управляемого счетно-решающим устройством, «мышь» движется по коридорам лабиринта, натываясь усиками на перегородки. Она долго блуждает и, наконец, достигает «сала» — специального электрического контакта, находящегося на другом конце лабиринта. Если после этого, не изменяя положения перегородок лабиринта, повторить опыт, пустив «мышь» в лабиринт снова, она пройдет к «салу» кратчайшим путем за несколько секунд. Со-

чается впечатление, что она «запомнила» этот путь, «научилась» ориентироваться в лабиринте.

Счетно-решающее устройство, управляющее работой прибора-игрушки, имеет всего сто десять электромагнитных реле. Путь «мыши» фиксируется этим устройством, и если она в какой-либо коридор лабиринта входила и выходила (что означает, что «сала» там нет), то вход в этот коридор при повторных опытах перекрывается.

Не менее интересны и другие кибернетические игрушки, созданные в различных вариантах как у нас, так и за рубежом. Это «черепахи», «лисицы» и другие электронные «животные», с помощью которых ученые изучают возможности моделирования техническими средствами условных рефлексов. В последнее время благодаря настойчивым поискам наиболее целесообразного решения задачи разработаны конструкции автоматических «животных», изготовление которых оказывается под силу радиолюбителю. О таких устройствах мы расскажем дальше.

Создание машин-автоматов, способных обучаться, накапливать опыт и приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям, является важнейшим достижением кибернетики. Оно имеет огромное значение для развития народного хозяйства страны, так как позволяет освободить человека от многих актов управления машиной, требующих участия его умственной деятельности.

В настоящее время исследование самообучающихся систем только начинается. Поэтому не удивительно, что существующие устройства этого типа, выполненные чаще всего в виде «научных игрушек», способны моделировать лишь простейшие элементы процесса обучения живых существ. Бурное развитие кибернетики показывает, что моделирование этого процесса с каждым годом будет становиться все более глубоким. Несомненно, в ближайшем будущем самообучающиеся машины-автоматы будут широко применяться в самых различных областях народного хозяйства.

#### **К ИЗОБИЛИЮ ИЛИ К НОВЫМ БЕДСТВИЯМ**

Кибернетические устройства — могучие помощники человека, расширяющие его возможности в исследовании и покорении природы. Внедрение в народное хозяйство страны автоматики, вычислительных и управляющих машин приводит к невиданной прежде экономии материалов, сырья, топ-



лива, физических и умственных сил людей, к колоссальному росту производительности труда. Оно обеспечивает быстрое увеличение производства материальных благ для удовлетворения потребностей человека. Автоматизация производственных процессов с применением «думающих» машин — это новый промышленный переворот, превосходящий по значимости промышленную революцию, вызванную изобретением паровой машины.

В нашей стране развитию автоматики и вычислительной техники уделяется огромное внимание. В социалистическом обществе автоматизация имеет не только экономическое, но и большое социальное значение. При автоматизации коренным образом меняется характер труда, повышается культурно-технический уровень рабочих, создаются условия для ликвидации различия между умственным и физическим трудом, роль человека сводится к управлению автоматами и приборами, наладке их, составлению программы и режимов технологических процессов. Во всех отраслях народного хозяйства нашей страны: в промышленности и энергетике, в сельском хозяйстве и на транспорте, в научных исследованиях и даже в быту — происходит быстрое внедрение кибернетических машин-автоматов.

«В течение двадцатилетия, — говорится в Программе КПСС, — осуществится в массовом масштабе комплексная автоматизация производства со все большим переходом к цехам и предприятиям — автоматам, обеспечивающим высокую технико-экономическую эффективность. Ускорится внедрение высокосовершенных систем автоматического управления. Получат широкое применение кибернетика, счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности, строительной индустрии и транспорта, в научных исследованиях, в плановых и проектно-конструкторских расчетах, в сфере учета и управления».

В то время как у нас в стране каждое сообщение об успехах автоматизации встречается с радостью и удовлетворением, в странах капитала возможные последствия автоматизации вызывают у людей тревогу и озабоченность. Французский невролог и кибернетик Поль Косса говорит о том, что «новый промышленный переворот может привести только к созданию безработицы и отчаяния». А Норберт Винер заявляет, что «внедрение автоматических машин вызовет безработицу, по сравнению с которой современный спад производства и даже кризис тридцатых годов покажутся приятной шуткой».

Опасения этих ученых не лишены оснований. В услови-

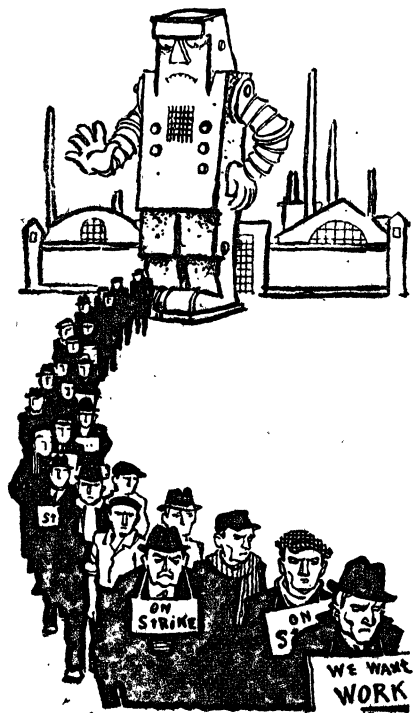
ях капитализма внедрение кибернетических устройств в промышленность действительно сулит баснословные прибыли владельцам предприятий. Темпы автоматизации быстро растут, и в результате этого резко уменьшается число рабочих и служащих, занятых в производстве. Например, завод «Райтсон мэнюфэкчуринг компани» в Чикаго, выпускающий 1000 радиоприемников в день, нуждался ранее в 200 рабочих. После полной автоматизации для этого используются всего двое рабочих. На заводе граммофонных пластинок фирмы «Колумбия» работают 250 человек. Автоматизированное предприятие, выпускающее в пять раз больше грампластинок, обслуживают четверо. На одном из заводов Форда после автоматизации 250 рабочих производят столько же моторов, сколько раньше изготовляли 2800 человек. По предположению Винера, через несколько десятилетий вся промышленность Соединенных Штатов будет оборудована роботами.

«Очень хорошо! — восклицает П. Косса. — Но что же станет с людьми?» Капиталисты не посчитаются ни с чем,

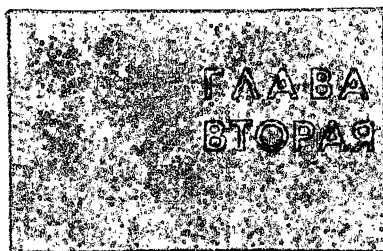
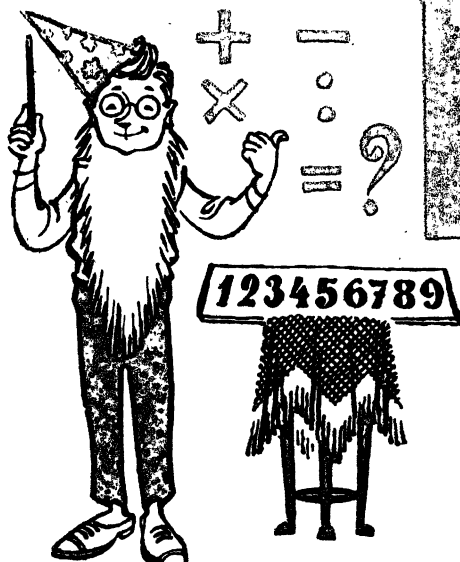
чтобы во имя наживы, во имя колоссальных сверхприбылей выбросить за ворота своих заводов и фабрик сотни миллионов замененных роботами трудящихся. «Представим себе, — пишет Винер, — что вторая промышленная революция завершена. Тогда средний человек со средними или еще меньшими способностями не сможет предложить для продажи ничего, за что стоило бы платить деньги».

Вот почему в капиталистических странах молодое поколение, по словам П. Косса, «вглядывается в будущее с тревогой». Катастрофический рост безработицы, нужды и бедствий трудящихся масс — вот что несет с собой автоматизация в страны капитала.

У нас же в стране, строящей коммунизм, в стране,



где производство непрерывно расширяется, где решаются грандиозные задачи полного перевооружения промышленности и освоения необозримых пространств Сибири и Дальнего Востока, где развитие народного хозяйства ведется по плану и подчинено интересам трудящихся, автоматизация производства имеет совсем иные последствия. Автоматизация позволяет нашему государству, постоянно нуждающемуся в рабочей силе, производить широчайшее перераспределение рабочих, все время повышающих свою квалификацию. Нет, не «вглядывается в будущее с тревогой» наше поколение! Автоматизация производства и мощный рост производительности труда ведут в социалистическом обществе к освобождению человека от бремени утомительного и однообразного физического и умственного труда, к сокращению рабочего дня, к увеличению досуга каждого трудящегося, делают возможным всестороннее развитие творческой деятельности человека.



*Автоматы  
показывают фокусы*

## УГАДЫВАНИЕ ЧИСЕЛ

— Задумай число!..

К кому из вас не обращался с такими словами приятель или знакомый, собираясь поразить ваше воображение своим феноменальным «талантом» фокусника, умеющего читать чужие мысли?

— Ну, задумал. Что же дальше? — отвечаете вы обычно в таких случаях и затем, следуя указаниям своего собеседника, приступаете к всевозможным преобразованиям задуманного числа.

Умножить... Сложить... Разделить... Опять умножить... Зачеркнуть последнюю цифру... Команды «фокусника» следуют одна за другой. И вот, наконец, к вашему удивлению, он верно угадывает результат вычислений или задуманное вами число, а иногда и то и другое.

«Как это делается?» — размышляете вы, прекрасно понимая, что дело тут, конечно, не в «чтении чужих мыслей», а в применении каких-то приемов вычислений, которыми пользуется «фокусник».

Подобных числовых «фокусов» существует очень много. Вот, например, один из наиболее простых.

Пусть ваш товарищ задумает какое-либо число (кроме нуля). Предложите ему затем умножить это число на 2, потом полученное произведение разделить на задуманное число и к частному прибавить 2. После этого можете смело сообщить вашему приятелю результат его вычислений: он равен 4, каково бы ни было задуманное число.

Нетрудно сообразить, почему мы так уверены в результате. При делении произведения двух сомножителей (загаданного и числа 2) на один из них (загаданное число) частное всегда равно другому сомножителю (то есть двум). Прибавив к полученной двойке еще одну, получаем 4.

А вот пример более сложного арифметического фокуса.

Вам предлагают загадать два одноразрядных числа. Затем вы должны одно из них умножить на 5, прибавить к произведению 7, удвоить полученную сумму, прибавить к найденному второе загаданное число и полученный результат сообщить отгадчику. По этому результату фокусник может назвать задуманные числа.

Чтобы понять, на чем основано отгадывание чисел в этом фокусе, обозначим задуманные числа  $x$  и  $y$  и запишем последовательность действий над ними:

$$(x \cdot 5 + 7) \cdot 2 + y.$$

Если выполнить эти действия, то получим:

$$(x \cdot 5 + 7) \cdot 2 + y = 10x + y + 14.$$

Вычтем из этого результата 14. Оставшееся число  $10x + y$  есть число двузначное (ведь  $x$  и  $y$  — однозначные числа), причем число десятков в нем равно первому задуманному числу, а число единиц — второму.

Следовательно, чтобы отгадать задуманные числа, нужно действовать согласно такому алгоритму (последовательности действий):

- 1) узнать результат вычислений;
- 2) вычесть из этого результата 14;
- 3) назвать цифру, обозначающую десятки, — первое загаданное число;
- 4) назвать цифру, обозначающую единицы, — второе загаданное число.

Существует, конечно, много и более замысловатых фокусов с отгадыванием чисел, мы здесь не будем на них останавливаться. Наша задача — рассмотреть устройство таких автоматов, которые могут выполнять простые числовые фокусы.

Первый из описанных числовых фокусов — отгадывание результата вычислений — автоматизировать очень просто. Представьте себе небольшой ящик, на передней стенке которого (рис. 3) расположены выключатель 1, большое световое табло 2, кнопка 3 и малое световое табло 4. Табло подсвечивается электрическими лампочками, находящимися внутри ящика. Схема включения лампочек приведена на этом же рисунке.

Действует эта простая модель следующим образом. При включении выключателя загорается лампочка  $L_1$ , подсвечивающая большое табло, на котором появляются следующие слова (надпись сделана таким образом, чтобы слова были видны только при включении лампы подсвета  $L_1$ ):

## ВНИМАНИЕ!

1. Задумай какое-либо число (не ноль).
2. Умножь его на 5.
3. Результат раздели на задуманное число.
4. Прибавь к полученному 8.
5. Нажми кнопку, и автомат отгадает результат.

При нажатии кнопки загорается лампочка  $L_2$ , подсвечивающая малое световое табло, на котором изображено число 13 — результат вычислений (это число написано таким образом, чтобы при выключенной лампе  $L_2$  его не было видно).

Для возврата схемы в исходное положение нужно нажать на выключатель.

Лампочки для этой простой модели берутся небольшой мощности — на 15 или 25 вт; с помощью шнура и штепсельной вилки модель можно

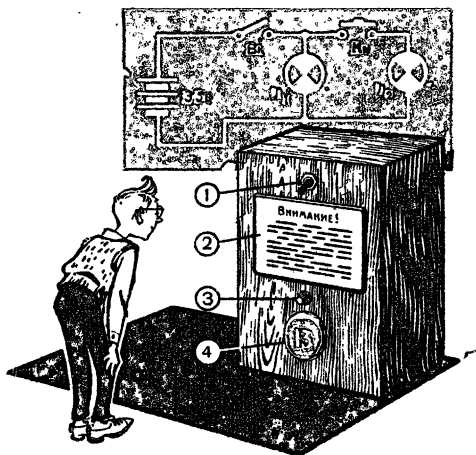


Рис. 3. Внешний вид и схема простейшего «отгадывающего» автомата.

подключать к розетке городской электросети. Возможна и более компактная конструкция модели — с питанием лампы от батарейки карманного фонаря. В этом случае в качестве  $L_1$  и  $L_2$  используются лампочки на 3,5 в, 0,28 а. Такая конструкция удобна тем, что она автономна, то есть не зависит от городской электросети.

Этот «отгадывающий» автомат предельно примитивен: ведь он «помнит» лишь один ответ — число 13.

Однако мы можем сами немного усовершенствовать модель, сделать ее более интересной, если увеличим разнообразие ее ответов. Этого можно достичь, сделав, например, надписи на табло сменными. Нужно предусмотреть такую конструкцию лицевой панели ящика, которая позволяла бы легко вынимать таблички с надписями и заменять их другими. Можно заранее заготовить несколько табличек для большого табло с различными вариантами программы вычислений и соответствующие им таблички для малого табло, а при демонстрациях модели время от времени производить смену табличек.

Можно поступить иначе: сохранить постоянными указания о действиях над задуманным числом, а заменять только числа в этих указаниях (например, умножать задуманное число на 2, на 3, на 5, на 7 и т. п.; прибавлять после деления на задуманное число 2, 4, 5, 8 и т. п.). При этом ответы также будут получаться различные (соответственно 4, 7, 10, 15 и т. п.), так что и их нужно заменять.

Конечно, смена табличек на лицевой панели — хлопотливое дело, да и легко при этом ошибиться, перепутав случайно таблички с числами. Поэтому более интересным и надежным будет такой «отгадывающий» автомат, у которого программу вычислений можно было бы варьировать не сменой табличек, а поворотом особого переключателя. На рисунке 4 изображена лицевая панель такого автомата, рассчитанного на «отгадывание» числа при любом из шести вариантов программы. На рисунке 5 приведена его электрическая схема.

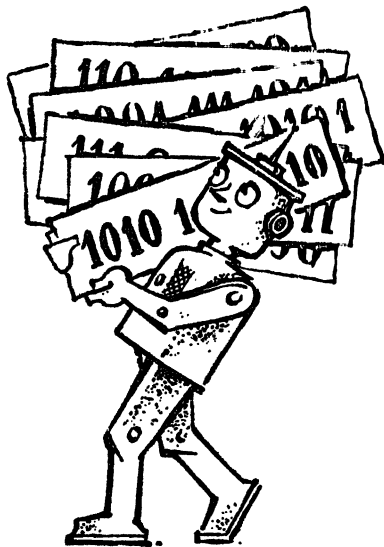






Рис. 4. Лицевая панель «отгадывающего» автомата с переключателем программы.

Почти вся лицевая панель превращена в световое табло. Те три части табло, на которых написана программа действий над задуманным числом, подсвечиваются лампами  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$ , которые включаются выключателем  $Вк$ . Остальные лампочки подсвечивают числа в указаниях программы и числа ответа, причем каждая лампочка подсвечивает «свое» число: лампы  $L_4—L_9$  подсвечивают числа, на которые надо умножить задуманное число; лампы  $L_{10}—L_{15}$  — числа, которые следует прибавлять, а лампы  $L_{16}—L_{21}$  подсвечивают ответы

автомата. Все эти лампы отделены одна от другой перегородками, чтобы каждая из них не засвечивала соседних чисел.

Действие модели при любом фиксированном положении переключателя  $П$  легко понять из чертежа, приведенного на рисунке 5. Изменяя положение этого переключателя, мы изменяем программу действий над задуманным числом. Так, например, при первом положении переключателя  $П$  задуманное число должно быть умножено на 2, а после деления на задуманное число результат складывается с числом 3. Ответ — 5; при переводе переключателя в положение 2 световое табло указывает, что задуманное число нужно умножить на 6. После деления на задуманное число результат складывается с числом 2. Ответ — 8. Аналогично изменяется программа при других положениях переключателя  $П$ .

Демонстрация описанной модели выглядела бы гораздо эффектнее, если бы смена вариантов программы производилась автоматически. Можно ли это сделать?

Конечно, можно. Для этого надо ввести в электрическую схему модели (рис. 5) такое устройство, которое само изменяло бы положение переключателя  $\Pi$  после каждого «отгадывания» задуманного числа.

Такие устройства называются шаговыми распределителями. Конструкция и принцип действия шагового распределителя видны из рисунка 6. Основной частью распределителя является электромагнит, на якоре которого укреплена изогнутая пластинка — «собачка», которая заходит своим концом в одну из впадин зубчатого колеса — храповика, укрепленного на стальной оси. На этой же оси укреплены упругие металлические пластинки — щетки, которые, скользя по контактам — ламелям, осуществляют замыкание электрических цепей.

При прохождении электрического тока через катушку электромагнита якорь притягивается к его сердечнику, «собачка» нажимает на зуб храпового колеса, последнее поворачивается и передвигает щетки с одного контакта на другой, производя переключение. Количество зубцов храпового колеса зависит от хода якоря и, следовательно, от зазора между сердечником и якорем. Число возможных контактов — ламелей

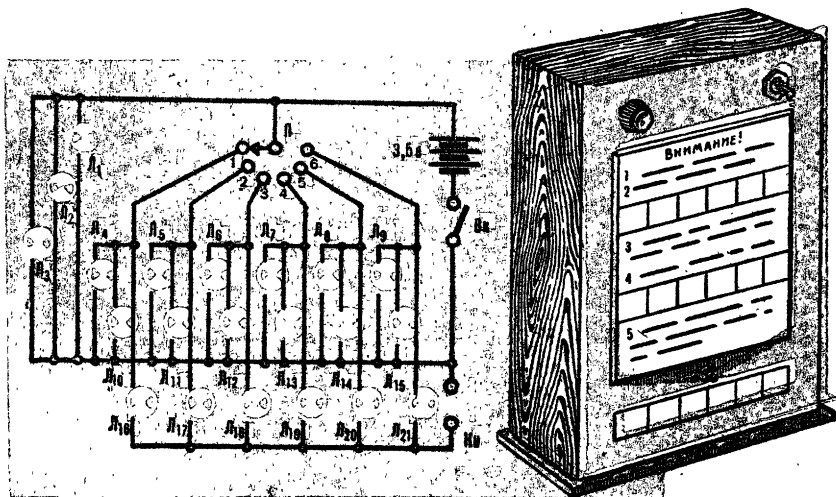


Рис. 5. Схема «отгадывающего» автомата с переключением программы.

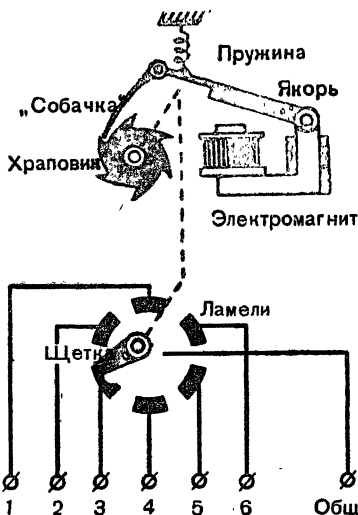


Рис. 6. Шаговый распределитель (искатель).

появляется. В дальнейшем, при повторном включении автомата, распределитель срабатывает снова, переводя щетку в следующее положение, соответствующее новой программе.

Простейший шаговый распределитель, подобный изображенному на рисунке 6 и пригодный для использования в этой

определяется числом зубцов храпового колеса и обычно равно ему.

Использование шагового распределителя позволяет сравнительно просто автоматизировать переключения программы в «отгадывающем» автомате, о котором мы выше рассказали. Распределитель включается в схему модели, как показано на рисунке 7. При включении выключателя Вк щетка распределителя переходит на очередной контакт, определяющий программу действий над задуманным числом. После того как автомат «отгадал» результат вычислений, выключатель Вк отключается, якорь электромагнита отходит от сердечника и «собачка» захватывает следующий зуб храповика.

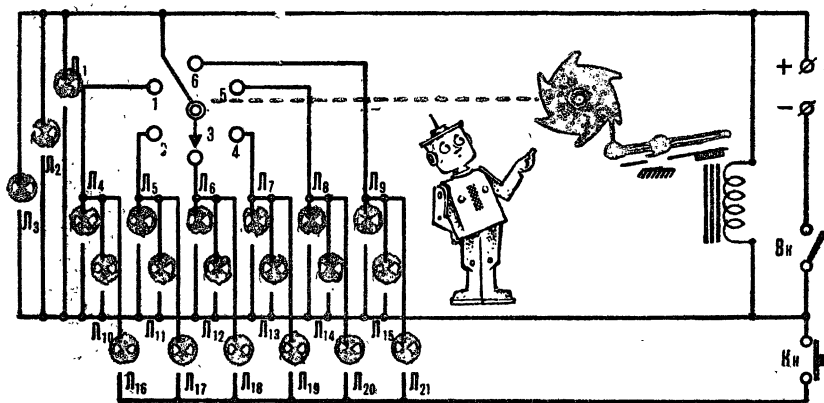


Рис. 7. Схема «отгадывающего» автомата с шаговым распределителем.

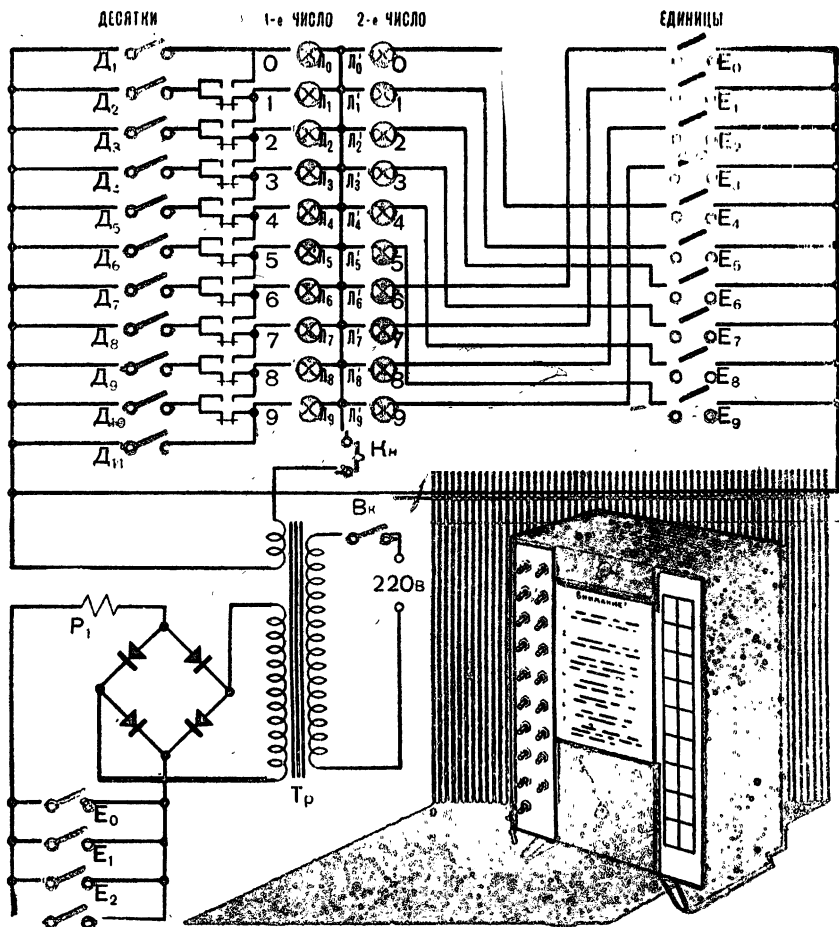


Рис. 8. Схема «отгадывающего» автомата с электромагнитными реле.

модели, нетрудно изготовить своими руками. Можно также использовать шаговый распределитель заводского изготовления, например широко распространенный телефонный шаговый искатель.

Мы рассмотрели несколько вариантов простейшего «отгадывающего» автомата. Перейдем теперь к описанию автоматического устройства, «отгадывающего» задуманные числа в соответствии с более сложным арифметическим фокусом, описанным в начале этой главы.

Электрическая схема этого устройства изображена на рисунке 8. Монтаж модели, так же как и монтаж описанных выше простейших «отгадывающих» автоматов, может быть выполнен внутри небольшого ящика-футляра, передняя панель которого показана на рисунке 9. Действует этот «отгадывающий» автомат следующим образом.

При включении тумблера *Вк* подается напряжение на трансформатор блока питания, и одновременно загорается лампочка *Л<sub>10</sub>*, подсвечивающая табло с программой действий:

## ВНИМАНИЕ!

1. Задумай два одиоразрядных числа.
2. Умножь одно из них на 5.
3. К результату прибавь 7.
4. Полученную сумму удвой.
5. К результату прибавь второе задуманное число.

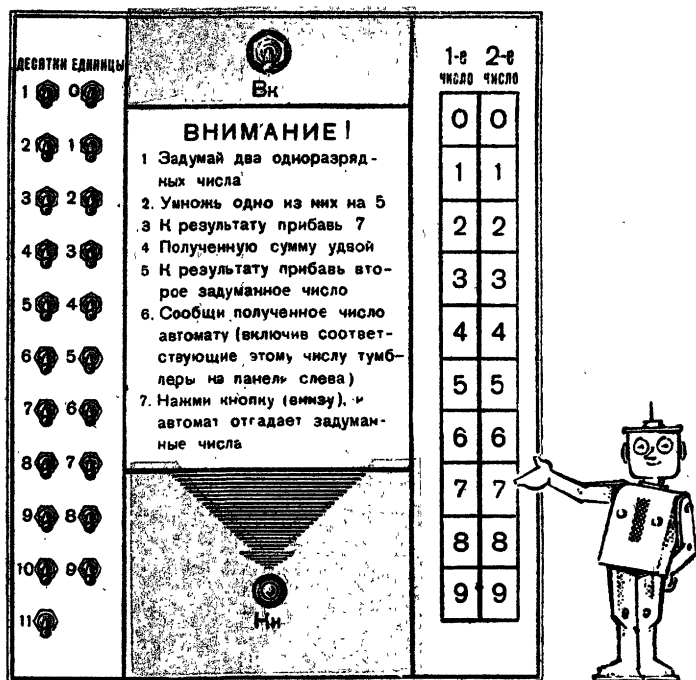


Рис. 9. Лицевая панель «отгадывающего» автомата с электромагнитными реле.

6. Сообщив полученное число автомату (включив соответствующие этому числу тумблеры на панели слева).

7. Нажми кнопку (внизу), и автомат отгадывает задуманные числа.

Схема модели составлена так, что лампочки  $L_0—L_9$  и  $L'_0—L'_9$ , включаемые нажатием кнопки  $K_n$ , всегда подсвечивают число, которое на 14 меньше числа, вводимого в машину включением тумблеров  $D_1—D_{11}$  (десятки) и  $E_0—E_9$  (единицы). Как мы видели выше, это обеспечивает отгадывание задуманных однорядных чисел. Пусть, например, задуманы числа 2 и 8. Выполним указанные в программе действия над этими числами.

$$2 \times 5 = 10;$$

$$10 + 7 = 17;$$

$$17 \times 2 = 34;$$

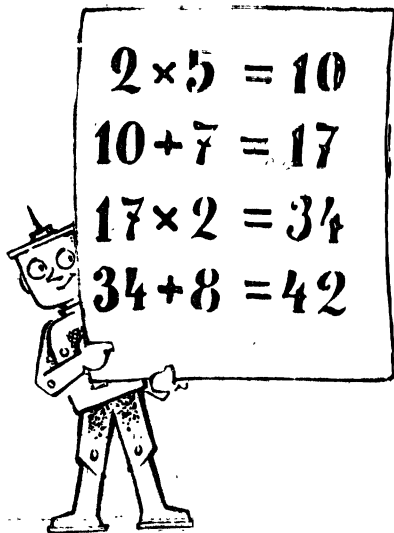
$$34 + 8 = 42.$$

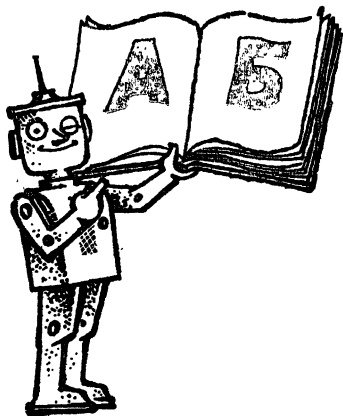
Теперь нужно включить тумблеры  $D_4$  и  $E_2$  (в машину вводится число 42). Тумблер  $E_2$  — двухполюсный. При его включении присоединяется к источнику тока лампа  $L'_8$  и одновременно срабатывает реле  $P_1$ , контакты которого переключают цепи питания лампочек  $L_0—L_9$ . При включении тумблера  $D_4$  к источнику тока оказывается присоединенной лампочка  $L_2$ . Далее при нажатии кнопки  $K_n$  лампочки  $L_2$  и  $L'_8$  загорятся, подсвечивая загаданные числа 2 и 8.

Точно так же автомат «отгадывает» задуманные числа и в других случаях.

Конструкция этой модели не сложнее описанных выше простейших устройств. В ней можно для питания электрической схемы использовать батарейки карманного фонаря, но гораздо лучше и надежнее схема работает при питании ее от сети 127 или 220 в, как это изображено на схеме рисунка 8.

Блок питания представляет собой небольшой трансформатор с выпрямителем. Трансформатор выполнен на сердечнике, собранном из пластин Ш-20, толщина набора 20 мм.





Первичная обмотка, рассчитанная на включение в сеть с напряжением 220 в, имеет 200 витков провода ПЭ-01. Обмотка выпрямителя — 260 витков провода ПЭ-03, обмотка накала ламп (3,5 в) — 40 витков провода ПЭ-0,3. Выпрямитель собран по мостовой схеме. В качестве вентиляторов используются плоскостные германиевые диоды типа Д7. На выходе выпрямителя получается постоянное напряжение 24 в.

В схеме модели применяется электромагнитное реле  $P_1$ , контакты которого осуществляют переключение цепей ламп  $L_0—L_9$ . Это реле должно иметь 9 контактных групп, работающих на переключение. Если реле с таким большим числом контактов найти не удастся, то можно использовать два или три реле с меньшим числом контактов, но так, чтобы общее число контактных групп было равно девяти; в этом случае катушки всех реле включаются параллельно. Хорошо работают в схеме этой модели реле типа «РС-13». Описанный выше блок питания модели рассчитан на работу именно с реле этого типа. Если в схеме будут применены реле других типов, возможно, потребуется изменить характеристики блока питания.

Примененные в модели лампочки  $L_0—L_9$  и  $L'_0—L'_9$  — на 3,5 в, 0,28 а. Четыре тумблера:  $E_0$ ,  $E_1$ ,  $E_2$  и  $E_3$  — имеют по два полюса, остальные тумблеры однополюсные.

Лицевая панель модели изготавливается из текстолита или фанеры, а световое табло программы вычислений и табло чисел — из оргстекла. Футляр модели желательно покрасить, придать ему красивый внешний вид.

#### АВТОМАТ «ОТГАДЫВАЕТ» ЗАДУМАННУЮ БУКВУ

Задумайте какую-либо букву русского алфавита.

Задумали? Теперь внимательно посмотрите на эти колонки букв.



РШ	ИШ	ДФ	ВТ	БС
СШ	ЙШ	ЕХ	ГУ	ГУ
ТЪ	КЪ	ЖЦ	ЖЦ	ЕХ
УЪ	ЛЪ	ЗЧ	ЗЧ	ЗЧ
ФЫ	МЫ	МЫ	КЪ	ШЦ
ХЭ	НЭ	НЭ	ЛЪ	ЛЪ
ЦЮ	ОЮ	ОЮ	ОЮ	НЭ
ЧА	ПЯ	ПЯ	ПЯ	ПЯ

Укажите, в каких из этих пяти колонок встречается задуманная вами буква, и мы сразу же отгадаем ее.

Например, задуманная буква есть в 1-й и в 4-й колонках (счет колонок ведется слева направо). Сразу же отвечаем: вы задумали букву Т. Правильно?

Хотите узнать секрет фокуса? Попробуйте догадаться сами. А чтобы облегчить это, давайте повторим фокус в несколько иной, более открытой форме.

Задумайте любое целое число, не превосходящее 31 (можно задумать и нуль).

Перед вами пять колонок чисел:

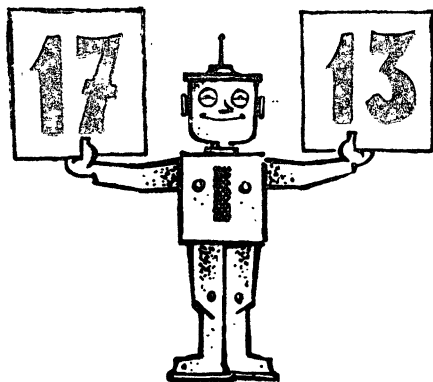
16	24	8	24	4	20	2	18	1	17
17	25	9	25	5	21	3	19	3	19
18	26	10	26	6	22	6	22	5	21
19	27	11	27	7	23	7	23	7	23
20	28	12	28	12	28	10	26	9	25
21	29	13	29	13	29	11	27	11	27
22	30	14	30	14	30	14	30	13	29
23	31	15	31	15	31	15	31	15	31

Если вы укажете, в каких колонках есть задуманное вами число, мы тотчас же его назовем.

В 1-й и 5-й колонках? Пожалуйста: 17.

Во 2, 3-й и 5-й колонках? Вы задумали 13.

В чем же секрет фокуса? Не догадались? В таком случае давайте вспомним двоичную систему счисления, которую мы рассмотрели в первой главе нашей книги. В этой системе счисления для записи чисел используются только две цифры — 1 и 0,



каждый высший разряд любого числа больше соседнего с ним низшего разряда в два раза.

Условимся считать, что каждая колонка чисел (или букв) изображает разряд числа в двоичной системе: первая колонка — это  $2^4$ , вторая колонка —  $2^3$ , третья —  $2^2$ , четвертая —  $2^1$  и, наконец, пятая колонка — это  $2^0$ . Будем считать далее, что если в данной колонке задуманное число встречается, то в соответствующем разряде записана единица, а если его нет, то ноль.

Секрет фокуса заключается в том, что каждое число (от 0 до 31) есть только в тех колонках-разрядах, в которых при записи этого числа в двоичной системе должна быть единица. Таким образом, указывая, в каких колонках имеется задуманное число, вы тем самым сообщаете это число «отгадчику», называя его в двоичной системе счисления. Например, вы говорите, что задуманное число есть в 1-й и в 5-й колонках; значит, это число 10001.

«Отгадчику» остается лишь перевести число 10001 из двоичной системы счисления в десятичную, то есть в данном случае найти сумму:  $2^4 + 2^0 = 16 + 1 = 17$ .

Теперь обратите внимание на числа, стоящие в левых верхних углах каждой колонки:

16 8 4 2 1,

или

$2^4 \ 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$ .

Эти числа облегчают «отгадывание». Если указаны колонки, в которых встречается задуманное число, то для «отгадывания» этого числа можно найти

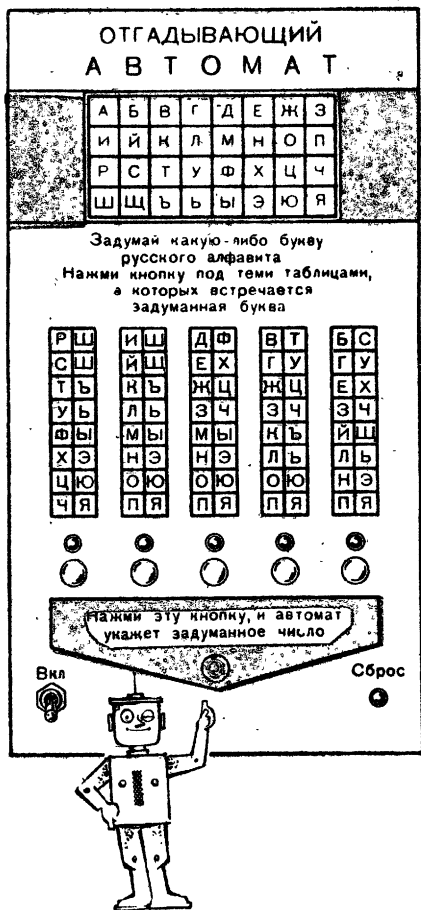


Рис. 10. Лицевая панель автомата.

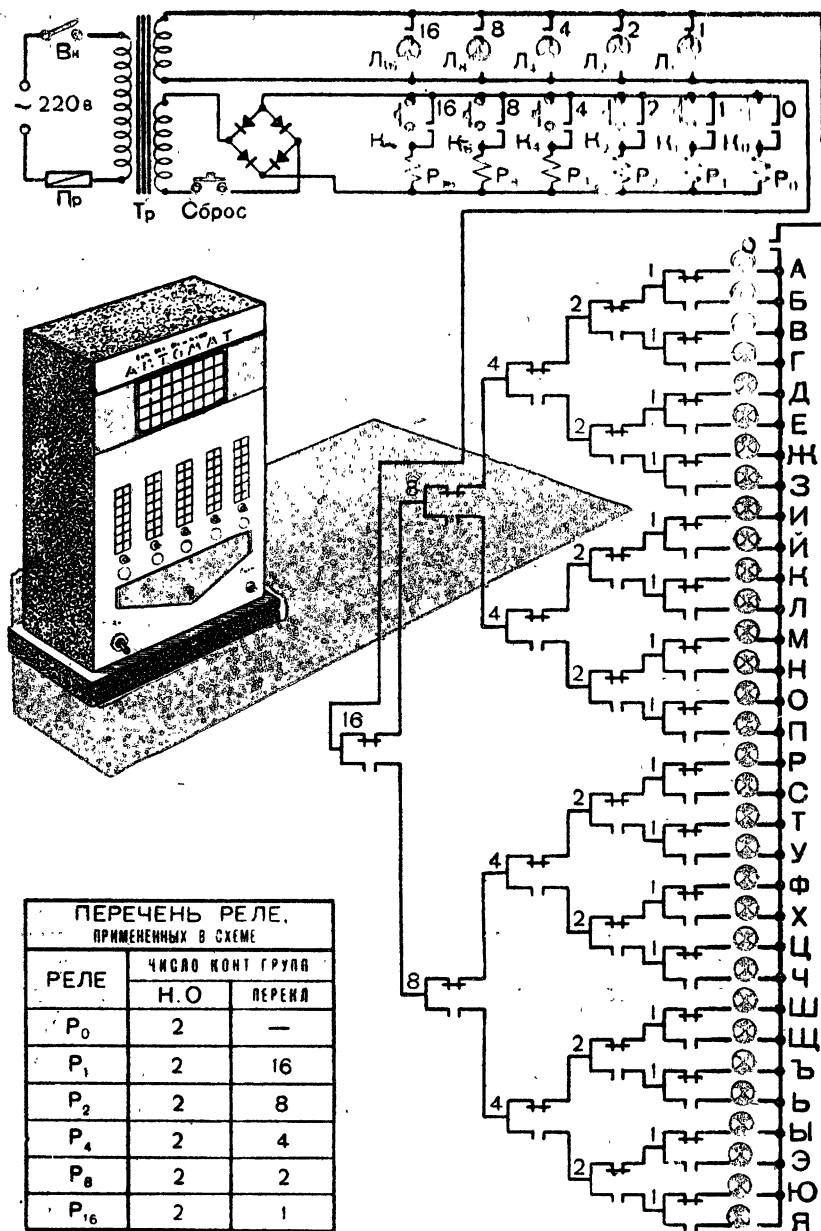


Рис. 11. Принципиальная схема автомата.

сумму чисел, стоящих в левых верхних углах указанных колонок.

«Отгадывание» букв производится таким же образом. Все буквы пронумерованы в соответствии с их порядковым местом в русском алфавите: букве А соответствует 0 (нуль), букве Б — 1, букве В — 2 и т. д. Для «отгадывания» задуманной буквы «отгадчику» необходимо помнить порядковые номера букв в алфавите, так как в результате «отгадывания» он получает лишь номера букв.

Теперь вы можете изготовить таблички с колонками чисел или букв и показывать этот фокус своим товарищам. Фокус можно и «механизировать». Таблички следует изготовить на пластинках весом в 1, 2, 4, 8 и 16 г. Тогда для «отгадывания» задуманного числа не нужно будет даже смотреть на числа, написанные на пластинках. Достаточно лишь взвесить пластинки, содержащие задуманное число: их общий вес в граммах будет равен этому числу.

Можно придумать и другие варианты «механизации» и даже «автоматизации» фокуса.

Представьте себе ящик размером  $190 \times 260 \times 300$  мм, на передней стенке которого расположено табло (рис. 10). «Отгадывающее» устройство размещается внутри ящика.

Такой автомат, «отгадывающий» задуманное число (или букву) путем подсвечивания его изображения на табло лампочкой, нетрудно изготовить, применив в качестве основных элементов «памяти» несколько электромагнитных нейтральных реле. На рисунке 11 приведена принципиальная схема этого автомата.

Прибор состоит из блока питания, 6 электромагнитных реле, включаемых с помощью кнопок, 5 сигнальных лампочек «памяти» и 32 лампочек подсвета «отгадываемого» числа. Работает автомат следующим образом.

При нажатии какой-либо из кнопок —  $K_{16}$ ,  $K_8$ ,  $K_4$ ,  $K_2$  или  $K_1$  — срабатывает соответствующее реле —  $P_{16}$ ,  $P_8$ ,  $P_4$ ,  $P_2$  или  $P_1$ . При этом нормально открытые контакты сработавшего реле осуществляют его блокировку (благодаря чему реле остается включенным, если даже отпустить кнопку).

Другие нормально открытые контакты реле включают сигнальную лампочку «памяти», указывающую, что автомат «запомнил» нажатие кнопки.

Переключающие контакты реле производят переключение в цепи ламп подсвета «отгадываемого» числа таким образом, чтобы к источнику тока оказалась подключенной та лампочка, которая подсвечивает на табло число, соответствующее выбранной комбинации нажатых кнопок. Например, если

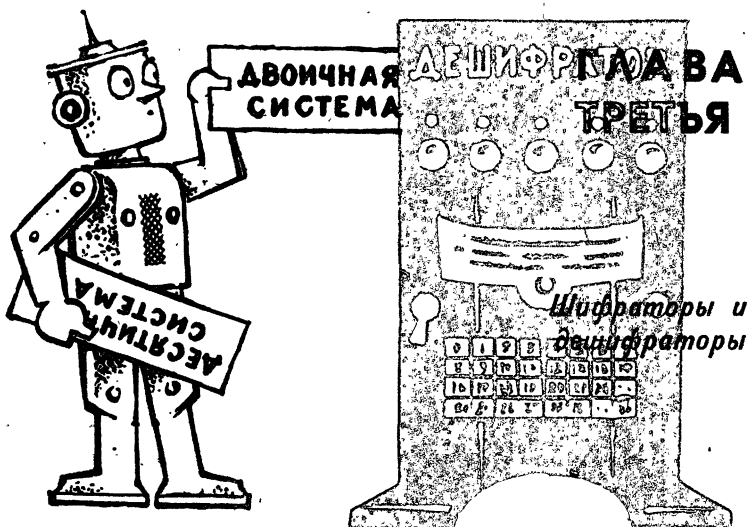
были нажаты кнопки  $K_{16}$  и  $K_4$ , то подключенной к источнику оказывается лампочка, подсвечивающая число 20 (или букву Ф).

При нажатии кнопки  $K_0$  (ответ) срабатывает реле  $P_0$ . Через его контакты в цепь ламп подсвета поступает напряжение, и соответствующая лампочка включается, подсвечивая «отгаданное» число (или букву).

Нажатие кнопки «Сброс» переводит схему в исходное состояние, так как при этом отключаются все реле.

В автомате могут быть применены электромагнитные реле любого типа, лишь бы они имели требуемые по схеме контактные группы. Кроме того, следует учесть, что потребляемая катушками реле мощность определяет параметры блока питания — трансформатора и выпрямителя. Очень хорошо применять в схеме автомата реле типа «РС-13», имеющее шесть контактных групп, работающих на переключение. В качестве  $P_{16}$ ,  $P_8$ ,  $P_4$  и  $P_0$  можно поставить по одному такому реле. Реле  $P_2$  и  $P_1$  требуют большего числа контактных групп (10 и 18) (см. перечень реле на рис. 11); поэтому в качестве  $P_2$  приходится ставить в схеме два реле «РС-13», катушки которых включаются параллельно друг другу, а в качестве  $P_1$  — три таких реле. Трансформатор блока питания (при использовании реле «РС-13») собирается из пластин типа Ш-20. Толщина набора составляет 45 мм. Сетевая обмотка I (220 в) содержит 1320 витков провода ПЭ-0,33. Обмотка II выпрямителя для питания катушек реле (30 в) имеет 180 витков провода ПЭ-0,62, а обмотка III накала ламп (3,5 в) — 18 витков провода ПЭ-1,2. Выпрямление тока для питания катушек реле осуществляется селеновыми столбиками типа «АВС-60-38-Ж».

Лампочки подсвета (3,5 в, 0,28 а) укрепляются на лицевой панели из текстолита или фанеры. Между лампочками ставятся деревянные перегородки, а к лицевой панели крепится матовое стекло, на котором написаны числа от 0 до 31 (или буквы русского алфавита). Таблицы с колонками чисел (или букв) можно написать на плотной бумаге и прикрепить к передней панели, прикрыв бумагу сверху оргстеклом.



### РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫЙ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫЙ ДЕШИФРАТОР

В конце предыдущей главы мы познакомились с простым кибернетическим устройством, которое может «отгадывать» задуманное число или букву. Эта схема не только любопытная игрушка. Такие схемы могут широко применяться на практике, например в быстродействующих цифровых вычислительных машинах. Как мы уже говорили выше, в таких машинах обычно используется двоичная система счисления. Но в большинстве практических расчетов мы применяем десятичную систему. Поэтому в каждой вычислительной машине должны быть предусмотрены устройства для перекодировки вводимых в машину числовых данных из десятичной системы в двоичную, а также для обратного перевода результатов вычислений, выполненных машиной, из двоичной системы в десятичную. Эти устройства называются шифраторами и дешифраторами.

Рассмотренный нами автоматический «отгадчик» — пример такого устройства. В самом деле, нажимая кнопки под теми табличками чисел автомата, в которых встречается задуманное число, мы фактически выражаем это число в дво-

ичной системе: нажатие кнопки соответствует записи единицы, ненажатие — записи нуля.

С другой стороны, если набрать с помощью кнопок автомата любое двоичное число (имеющее не более пяти двоичных разрядов), то автомат включает подсвет десятичных форм записи этого числа на табло, то есть автоматически осуществляет пересчет числа из двоичной системы в десятичную.

Таким образом, не изменяя принципиальной схемы аппарата, мы можем применить его в качестве дешифратора двоичного кода. В этом случае придется придать несколько иной вид лишь лицевой панели автомата, оформив ее по рисунку 12.

### МОДЕЛЬ ДИОДНОГО ДЕСЯТИЧНО-ДВОИЧНОГО ШИФРАТОРА

Используя электромагнитные реле, можно построить прибор, выполняющий операцию, обратную той, которую выполняет дешифратор: прибор для перекодировки чисел из десятичной системы счисления в двоичную. О таком релейно-контактном шифраторе мы расскажем в следующей главе, а здесь рассмотрим более простое устройство — диодный шифратор. С помощью этой модели можно демонстрировать принцип построения двоичной системы счисления и выполнять автоматический пересчет любого числа в пределах первого десятка из десятичной системы счисления в двоичную. Применение в схеме модели полупроводниковых элементов — германиевых диодов — позволяет создать легкую и компактную и вместе с тем простую и наглядную модель, которая может служить хорошим пособием при



Рис. 12. Лицевая панель релейно-контактного дешифратора.



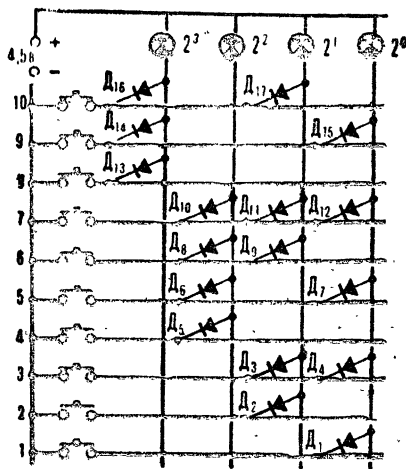


Рис. 13. Принципиальная схема модели диодного шифратора.

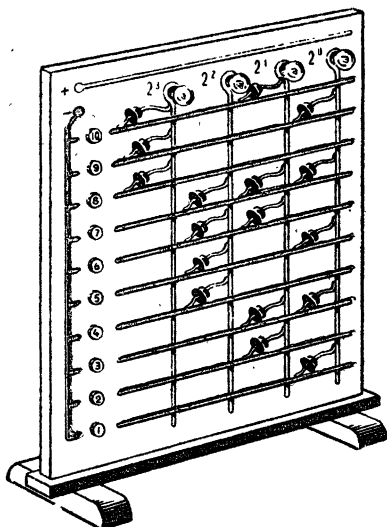


Рис. 14. Внешний вид модели диодного шифратора.

изучении вопросов автоматизации и технической кибернетики.

Принципиальная схема модели приведена на рисунке 13, а на рисунке 14 показан ее внешний вид. Модель собирается на вертикальной панели из текстолита размером  $220 \times 260 \times 4$  мм, снабженной для устойчивости в нижней части металлическими подставками. Хороший вид придает модели панель из органического стекла толщиной 4—5 мм. При отсутствии указанных материалов для изготовления панели можно применить многослойную фанеру.

Пересчетное устройство монтируется на панели в виде развернутой принципиальной схемы, что обеспечивает наибольшую наглядность и особенно удобно при демонстрации модели. Источником постоянного тока для питания модели служит батарейка от карманного фонаря типа «КБС-0,5», расположенная на задней стороне панели. Провода от батарейки подводятся к зажимам «+» и «—» с обязательным соблюдением полярности. В верхней части схемы располагаются лампочки 3,5 в, 0,28 а, символизирующие разряды двоичной системы счисления: единицы ( $2^0$ ), двойки ( $2^1$ ), четверки ( $2^2$ ), восьмерки ( $2^3$ ). При этом в каж-

дом разряде горящая лампочка должна означать 1, негорящая соответствует 0.

В левой части панели устанавливаются 10 кнопок на каждой из которых обозначены числа десятичной системы от 1 до 10 (вместо кнопок можно использовать кнопочные малогабаритные выключатели или тумблеры; обозначения чисел наносятся в этом случае рядом с ними на панели). Детальной частью панели является матрица (сетка), состоящая из отдельных изолированных друг от друга проводников: горизонтальных, протянутых от кнопок чисел десятичной системы, и вертикальных, идущих от лампочек, которые символизируют разряды чисел двоичной системы.



Пересчетная схема содержит 17 плоскостных германиевых диодов, выполняющих функции вентилях. В схеме применимы любые диоды, рассчитанные на выпрямленный ток не менее 0,3 а,

например диоды типа ДГ-Ц21 ÷ ДГ-Ц24 или Д7А ÷ Д7Ж. Вентили включаются между горизонтальными и вертикальными проводниками матрицы таким образом, чтобы при нажатии одной из кнопок ток проходил только по тем лампочкам-разрядам двоичного кода, которые соответствуют включенному кнопкой числу десятичной системы. Например, если нажать кнопку 1, то ток будет протекать только через диод  $D_1$  и лампочку  $2^0$ , что будет означать:

1 соответствует 0001.

При нажатии кнопки 2 ток пройдет через вентиль  $D_2$  и лампочку  $2^1$ . Эта лампочка загорится, что будет означать:

2 соответствует 0010.

При включении кнопки 3 ток будет протекать через вентили  $D_3$  и  $D_4$ , поэтому загорятся лампочки  $2^0$  и  $2^1$ , что означает:

3 соответствует 0011.

Аналогично при включении кнопки 4 получим:

4 соответствует 0100

и т. д.

Если вместо кнопок установлены выключатели, то, демонстрируя модель, необходимо следить за тем, чтобы при включении того или иного выключателя все остальные были отключены. В противном случае пересчет будет неправильным.

## «ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ» — ШИФРАТОР НА ШАГОВОМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕ

Эта модель может запоминать поступающие в нее импульсы в количестве от 1 до 10 и переводить соответствующие числа из десятичной системы в двоичную, то есть работать как шифратор. Внешний вид прибора и его электрическая схема показаны на рисунке 15. Прибор размещается в ящике размерами  $400 \times 300 \times 150$  мм. Ящик этот можно изготовить из многослойной фанеры, а переднюю панель лучше всего выполнить из гетинакса или текстолита.

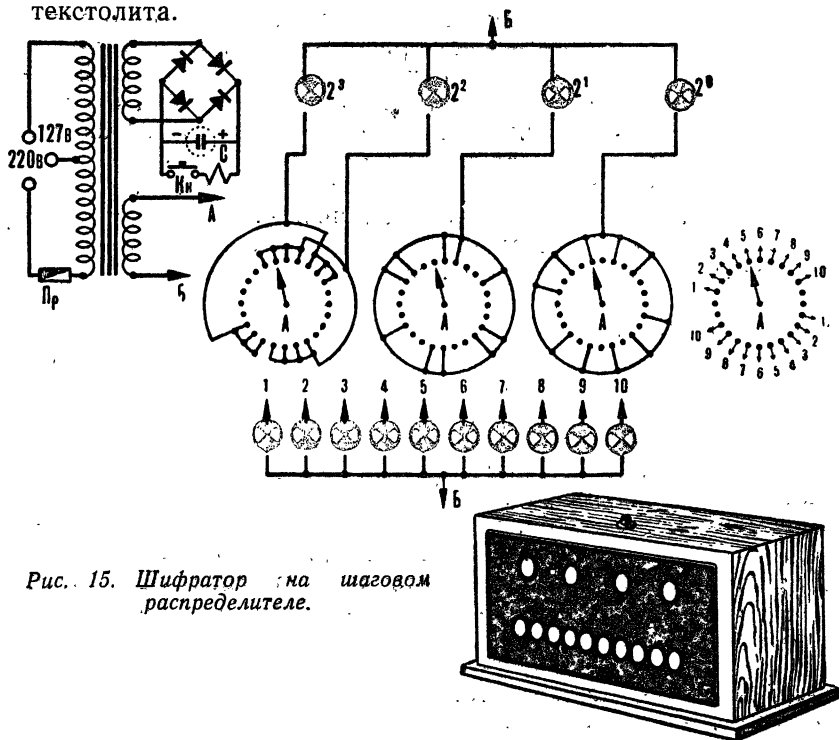


Рис. 15. Шифратор на шаговом распределителе.

Основной частью прибора является шаговый распределитель, в качестве которого можно применить искатель типа «ШИ-25/4», имеющий 4 контактные платы на 25 позиций каждая. Кроме того, для изготовления модели нужны следующие детали:

1. 14 лампочек на 6,3 в.
2. Трансформатор с первичной обмоткой 220/127 в и вторичными обмотками на 24 и 6,3 в.

3. Селеновый или германиевый выпрямитель на 24 в, 0,5 а.

4. Кнопка.

5. Электролитический конденсатор на 10 : 20 мкф.

Шаговый распределитель, трансформатор и выпрямитель монтируются на металлическом шасси. Лампочки размещаются на панели сигнализации следующим образом: верхний ряд (4 лампочки) изображает числа двоичной системы, нижний ряд (10 лампочек) — числа десятичной системы. Изображения чисел десятичной системы можно изготовить следующим образом. С помощью фотоаппарата «Зенит» фотографируются цифры от отрывного календаря от 1 до 10, на пленке получаются их несколько уменьшенные негативные изображения; пленки с цифрами размещаются против отверстий для лампочек нижнего ряда на панели. Цифра хорошо видна при подсвечивании лампочкой.

После размещения деталей производится монтаж схемы. Кнопка подачи импульсов  $K_n$  размещается сверху прибора с тем, чтобы при показе его работы не мешать аудитории наблюдать за панелью сигнализации.

Работает «электромеханическая память» следующим образом: при нажатии кнопки импульс тока с выпрямителя поступает в обмотку шагового распределителя и переключает его контакты. В зависимости от положения подвижных контактов шагового распределителя на панели сигнализации зажигается та или иная группа ламп. Число в двоичной системе изображается четырьмя лампочками (горящей лампочке соответствует 1, негорящей — 0).

Если в модели используется шаговый искатель на 25 позиций, то за один оборот подвижных контактов числа от 1 до 10 будут просчитаны дважды. Между этими двумя группами контактов нужно оставить свободные ламели для двух-трех холостых тактов.

Если у вас имеется шаговый искатель с восемью контактными платами, то можно изготовить «электромеханическую память» с емкостью от 1 до 25 чисел. Разработку схемы коммутации для такой емкости попробуйте выполнить самостоятельно.

#### **«ПАМЯТЬ» НА ТРИГГЕРНЫХ РЕЛЕ**

Триггерные реле — это устройства, с помощью которых в электронных цифровых вычислительных машинах ведется запись и счет чисел.

Проще всего можно представить триггер в виде схемы,

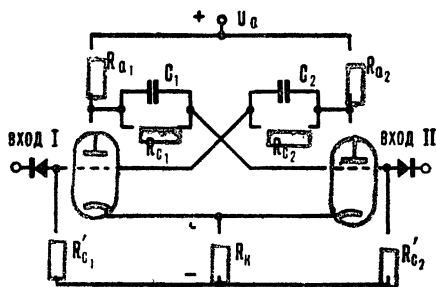


Рис. 16. Схема триггера.

будет низким. Такое состояние триггера кодируется как 0. Если на сетку этого триода подать отрицательный импульс напряжения, то триод закроется — напряжение на его аноде быстро возрастет. Положительный толчок напряжения поступает на сетку левого триода, и этот триод открывается. Триггер переходит в другое устойчивое состояние: открыт левый триод, а на его аноде низкое напряжение. Это состояние триггера кодируется как 1.

Каждый новый электрический импульс «опрокидывает» триггер, переводя его из состояния 0 в состояние 1 или обратно. В любом из этих состояний триггер может пребывать сколь угодно долго, пока не поступит на его вход оче-

собранной на двух электронных лампах — триодах, которые электрически соединены так, что если одна из них открыта (то есть через нее протекает ток), то вторая обязательно заперта. Рассмотрим действие такой схемы (рис. 16).

Пусть, например, правый триод открыт. Напряжение на его аноде

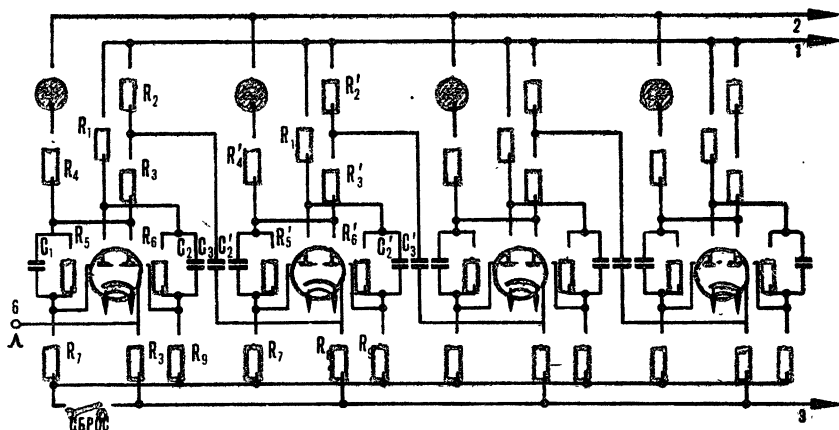


Рис. 17. Схема модели «памяти» на триггерных реле.

редной импульс. Таким образом, триггер может находиться в 1 или 0.

Для записи и счета чисел в электронных вычислительных машинах триггеры собираются в цепи-счетчики. На рисунке 17 приведена схема четырех ячеек пересчетного устройства, в соответствии с которой можно смонтировать модель триггерной «памяти». Триггерные ячейки собраны из двойных ламповых триодах. В цепь одного из анодов каждой ячейки введена неоновая лампочка. Неоновые лампочки фиксируют в двоичной системе число импульсов, поданных на вход. Кодировка обычная: горящая лампочка обозначает 1, негорящая соответствует 0.

Эта схема работает достаточно устойчиво, не «капризна» и малочувствительна к изменениям напряжения сети; строго стабильного напряжения для работы этой схемы не требуется. Схема работает при замкнутых контактах выключателя «Сброс».

Для сборки схемы нужны следующие детали:

1. Лампы 6Н9С (4 шт.).

2. Неоновые лампочки МН-8 (предпочтительно) или МН-5.

3. Сопротивления:  $R_1=39 \text{ ком}$ ,  $R_2=24 \text{ ком}$ ,  $R_3=15 \text{ ком}$ ,  $R_4=510 \text{ ком}$ ,  $R_5=620 \text{ ком}$ ,  $R_6=620 \text{ ком}$ ,  $R_7=300 \text{ ком}$ ,  $R_8=39 \text{ ком}$ ,  $R_9=300 \text{ ком}$ .

4. Конденсаторы:  $C_1$  и  $C_2$  по  $120 \text{ нф}$ ,  $C_3=1200 \text{ нф}$ .

На рисунке 18 изображена схема кенотронного выпрямителя для питания пересчетного устройства и мостик на диодах ДГ-Ц24 для питания формирователя импульсов. Детали сглаживающего фильтра для кенотронного выпрямителя следующие:

$R_1=1000 \text{ ом}$ ;  $R_2=4000 \text{ ом}$ ; конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  электролитические, по  $20 \text{ мкф}$ .

Формирователь импульсов необходим для подачи импульсов на вход устройства при демонстрации работы модели. Он собран по схеме, изображенной на рисунке 19, из следующих деталей:  $R_1=18 \text{ ком}$ ,  $R_2=75 \text{ ком}$ ,  $C_1=0,01 \text{ мкф}$ .  $C_2$  и  $C_3$  по  $0,25 \text{ мкф}$ .

Подача электрических импульсов на вход пересчетного устройства осуществляется при помощи телеграфного ключа или кнопки (контакты «Ключ» на рисунке 19), закорачивающей конденсатор  $C_2$ .

Рассмотрим более детально работу пересчетного устройства. Размыкая выключатель «Сброс», мы переводим устройство в состояние 0000 (нуль); при этом ток идет через левые половины всех ламп, и неоновые лампочки не горят.

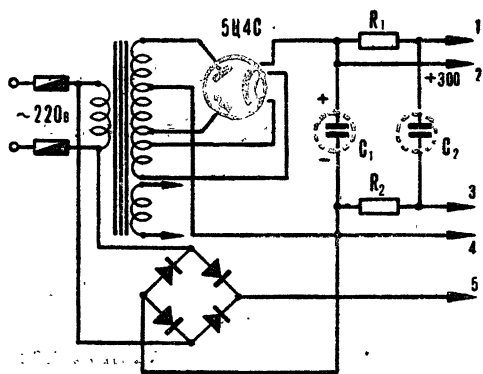


Рис. 18. Схема кенотронного выпрямителя для питания пересчетного устройства.

При подаче первого импульса происходит «опрокидывание» первой триггерной ячейки, и ток начинает протекать через правую половину первой лампы: зажигается неоновая лампочка в ее анодной цепи. Это состояние обозначает число 0001 (единицу). При подаче второго импульса первая триггерная ячейка снова «опрокидывается», и ток начинает протекать снова че-

рез левую половину первой лампы. При этом через разделительный конденсатор  $C_3$  подается импульс на вторую триггерную ячейку, которая, в свою очередь, «опрокидывается», и ток начинает протекать через правую половину второй лампы: неоновая лампочка в анодной цепи лампы зажигается. Это состояние обозначает число 0010 (два). Подавая следующий импульс, мы заставляем «опрокинуться» первый триггер (получая число 0011) и т. д.

Несколько слов о настройке прибора. Начинать ее нужно с налаживания формирователя импульсов. В этом узле подбирается величина сопротивления  $R^*$ . При  $R^* \approx 300 \text{ ком}$  модель бездействует, а при  $R^* \approx 50 \text{ ком}$  не работают первые триггеры, а остальные работают неустойчиво. Оптимальная величина лежит обычно в пределах 100—140 ком.

Если все же подбором  $R^*$  добиться устойчивой работы пересчетного устройства не удастся, то нужно варьировать

величины сопротивлений первой триггерной ячейки, добиваясь ее «опрокидывания» при подаче импульса. Затем таким же путем следует добиться работы каждой из последующих ячеек модели.

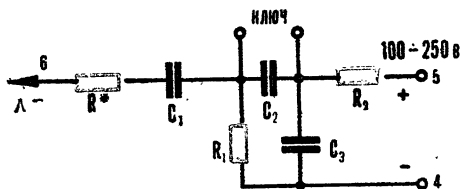
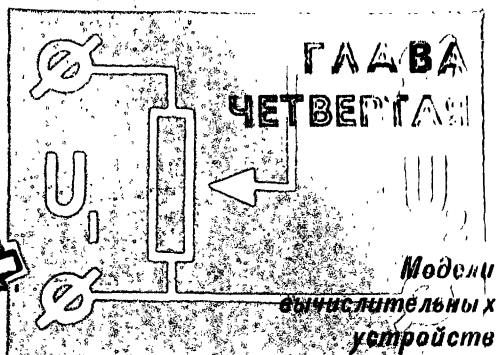
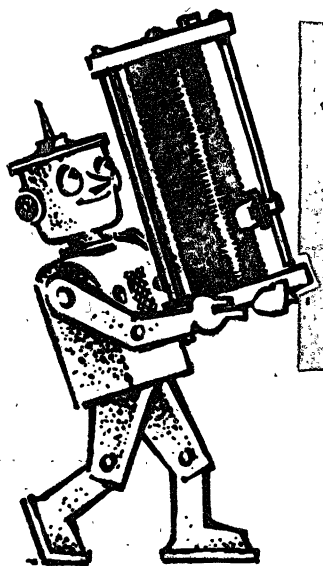


Рис. 19. Формирователь импульсов.



## ПРОСТЕЙШИЕ МОДЕЛИРУЮЩИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В первой главе мы уже упоминали о моделирующих вычислительных машинах и отмечали, что они состоят обычно из отдельных блоков, которые производят различные математические действия над физическими величинами. Рассмотрим, как можно построить модели простейших машин из таких блоков, применяя в качестве основных элементов реостаты, потенциометры и измерительные приборы: вольтметры, амперметры и т. п.

Возьмем, например, обычный ползунковый реостат и включим его в электрическую цепь, как это показано на рисунке 20. Если подать на вход такой электрической цепи напряжение  $U_1$ , то вольтметр на выходе покажет напряжение  $U_2$ , величина которого зависит от положения движка реостата и находится в пределах от 0 до  $U_1$ . Всегда можно установить движок в такое положение, что напряжение на выходе будет равняться определенной части от поданного на вход напряжения. Таким образом, мы получаем устройство, умножающее переменную величину — входное напряжение — на любое постоянное число, меньшее единицы.

Моделирующее устройство для вычисления суммы двух



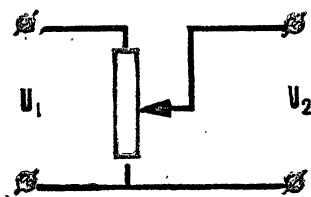


Рис. 20. Схема блока умножения на постоянное число.

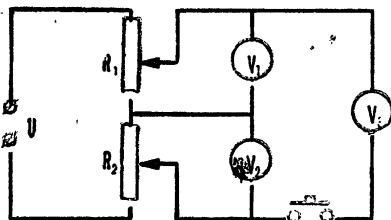


Рис. 21. Схема моделирующего сумматора на вольтметрах.

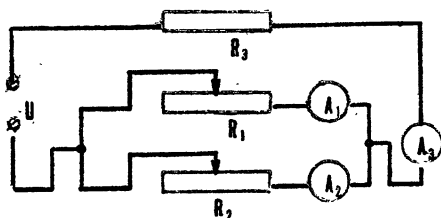


Рис. 22. Схема моделирующего сумматора на амперметрах.

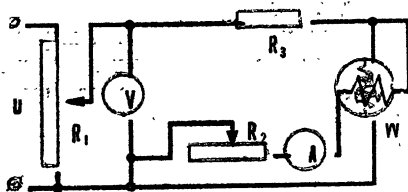


Рис. 23. Схема блока умножения двух чисел на ваттметре.

чисел можно построить по схеме, приведенной на рисунке 21. Здесь числослагаемые устанавливаются с помощью двух движков потенциометров  $R_1$  и  $R_2$  и отсчитываются по показаниям вольтметров  $V_1$  и  $V_2$ . Сумма оценивается по показанию вольтметра  $V_3$ , включенного на выходе схемы.

Моделирующий сумматор можно построить и по иной схеме, изображенной на рисунке 22. В этом случае суммируются не напряжения, а токи: ток в общей цепи, измеряемый амперметром  $A_3$ , равен сумме токов, протекающих в отдельных ветвях и измеряемых амперметрами  $A_1$  и  $A_2$ . Заметим, что по этой схеме можно собрать сумматор для трех и более слагаемых. Для этого к двум ветвям в электрической цепи, изображенной на рисунке 22, нужно присоединить параллельно еще столько цепей (со своими реостатами и амперметрами), сколько потребуется для того, чтобы общее число параллельных ветвей в цепи было равно числу слагаемых.

Моделирующее устройство, осуществляющее автоматическое умножение двух чисел, легко построить, применив для

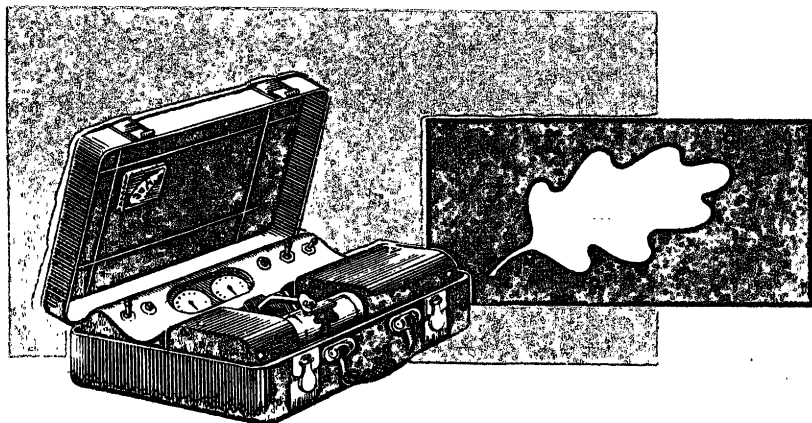
этой цели ваттметр. Угол отклонения стрелки этого прибора зависит от величины напряжения и силы тока в цепи. Если собрать схему так, как показано на рисунке 23, то напряжение можно будет изменять с помощью потенциометра  $R_1$ , а силу тока — с помощью реостата  $R_2$ . При этом амперметр и вольтметр будут указывать численные значения сомножителей, а ваттметр покажет значение их произведения.

Все эти схемы моделирующих устройств очень просты. Однако при их выполнении необходимо очень внимательно отнестись к подбору измерительных приборов, реостатов, потенциометров и источников тока, следить за тем, чтобы их характеристики соответствовали тем режимам (силе тока, напряжению, мощности), в которых они будут работать.

#### **ПРИБОР ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ (контактный интегратор)**

На практике часто встречаются задачи, решение которых сводится к определению площадей фигур неправильной формы. Для решения задач такого типа очень удобно использовать контактный интегратор. Этот прибор (рис. 24) является учебным пособием, с помощью которого можно демонстрировать решение математических задач машинами.

Интегратор позволяет вычислять приближенное значение



*Рис. 24. Контактный интегратор.*

площади фигур, ограниченных кривыми линиями любой формы, или, как говорят в математике, находить интегралы функций, заданных графически. В основу работы интегратора положен принцип автоматического суммирования элементарных прямоугольников, высоты которых ограничены интегрируемой кривой.

На контактном интеграторе можно решать широкий круг задач в условиях средней школы. Так, например, на уроках или внеклассных занятиях по математике может возникнуть потребность в нахождении площади такой фигуры, которая не может быть вычислена с помощью формул, изучаемых в школьном курсе. С помощью интегратора площадь таких фигур легко подсчитывается.

Прибор полезен во внеклассной работе по математике при знакомстве школьников с понятием интегрирования, так как процесс интегрирования в нем протекает наглядно. Интегратор может решать задачи с физическим содержанием. Например, при решении задач на давление прибор определяет площадь опоры, если последняя имеет геометрически неправильную форму. С помощью интегратора можно определить путь, пройденный телом за любой промежуток времени при неравномерном движении, если задан график скорости. Можно определить относительное число молекул, имеющих данный интервал скоростей, если задан график распределения молекул по скоростям. На внеклассных занятиях по биологии с помощью интегратора можно вычислять поверхность листа растения.

Интегратор можно разделить на два блока: механический и электрический.

**Механический блок.** В этом блоке (рис. 25) происходит считывание интегрируемой функции. Фигура, площадь которой нужно вычислить, вычерчивается на листе плотной бумаги. После этого фигура вырезается по контуру, лист с вырезом закрепляется на поверхности барабана 1 с помощью резиновых колец.

При вращении барабана по его поверхности скользит считывающий контакт 10 (рис. 26), который жестко соединен с полугайкой 3, а полугайка также жестко соединена с кареткой 5. Если опустить полугайку на ходовой винт, то при вращении его (в результате их зацепления) считывающий контакт перемещается в горизонтальном направлении.

Барабан и ходовой винт приводятся во вращательное движение синхронным двигателем «СД-60» при помощи зубча-

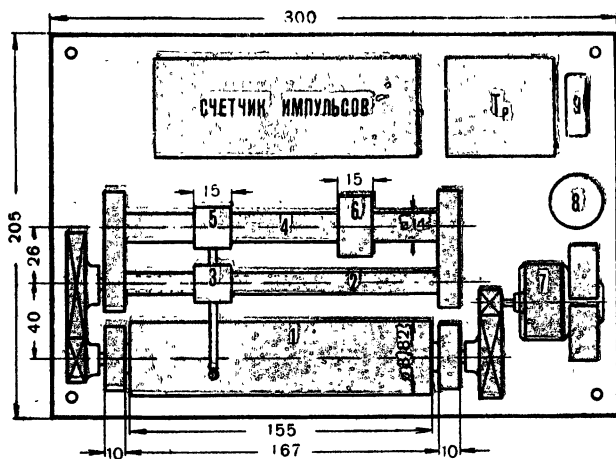


Рис. 25. Механический блок:  
 1 — барабан, 2 — ходовой винт, 3 — полугайка, 4 — направляющая, 5 — каретка, 6 — ограничитель, 7 — двигатель, 8 — переключатель напряжения, 9 — предохранитель.

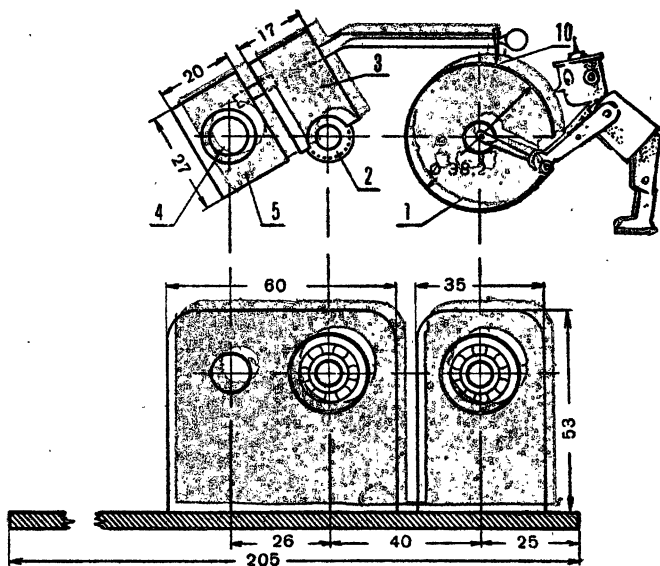


Рис. 26. Механический блок (вид сбоку):  
 1 — барабан, 2 — ходовой винт, 3 — полугайка, 4 — направляющая, 5 — каретка.

той передачи. На вал двигателя насажена малая шестерня с восемью зубьями, которая соединена с большой шестерней барабана, имеющей 48 зубьев. Так как двигатель делает 60 оборотов в минуту, то барабан успевает за минуту сделать 10 оборотов. Диаметр барабана равен 38,2 мм. Линейная скорость поверхности барабана составляет 20 мм/сек.

С другого конца барабана на ось насажена шестерня с 20 зубьями, сцепленная с шестерней ходового винта, имеющей 60 зубьев. При соотношении зубчатой передачи 1:3 ходовой винт будет вращаться втрое медленнее барабана. Ходовой винт имеет шаг резьбы 1,5 мм. Отсюда следует, что при каждом обороте барабана считывающий контакт перемещается слева направо на 0,5 мм.

На направляющей оси 4 имеется ограничитель хода 6 со стоп-контактом. Ограничитель хода предназначен для установки верхнего предела интегрирования. Его можно вручную перемещать по направляющей оси и в нужном месте закреплять стопорным винтом.

Электрический блок. В этот блок (рис. 27) входят силовой трансформатор, три тумблера, германиевый диод ДГ-Ц23, счетчик импульсов, две сигнальные лампочки напряжением 6,3 в, сопротивление и два конденсатора. Силовой трансформатор взят от радиоприемника «Рекорд-53»,

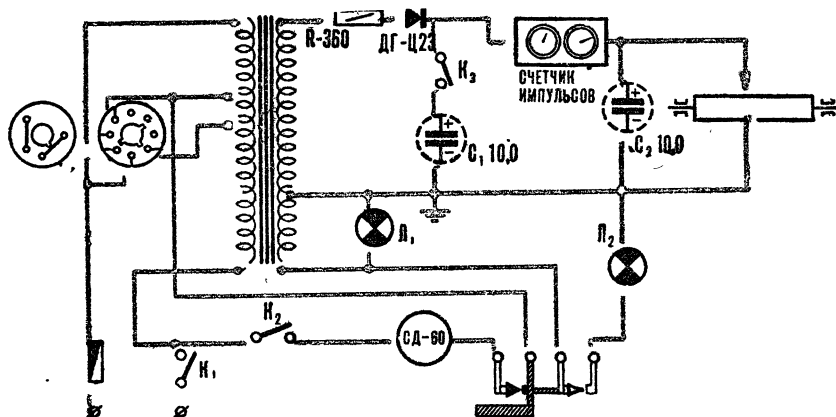
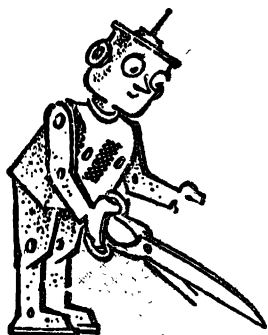


Рис. 27. Электрический блок (схема).



количество витков вторичной обмотки его уменьшено до 125, что позволяет получить напряжение 24 в. К шестивольтовой обмотке накала лампы подключены сигнальные лампы.

Работа электрического блока сводится к следующему. В начале интегрирования при вращении барабана считывающий контакт скользит по бумаге, поэтому электрическая цепь, в которую включен импульсный счетчик, разорвана. Когда считывающий контакт в месте выреза бумаги соприкасается с барабаном, цепь замы-

кается, и через счетчик начинает проходить ток, пульсирующий с частотой 50 гц. Счетчик срабатывает от каждого импульса. Следовательно, за секунду счетчик отсчитывает 50 делений. Как только считывающий контакт вновь попадет на бумагу, цепь разрывается. Таким образом, при скольжении считывающего контакта по поверхности барабана внутри фигуры, ограниченной контуром и пределами интегрирования, счетчик суммирует импульсы.

За одну секунду считывающий контакт, скользя по поверхности барабана, отсчитывает площадь прямоугольника высотой 20 мм и шириной 0,5 мм, то есть 10 мм<sup>2</sup>. Так как за это время счетчик отсчитывает 50 делений шкалы, то одно деление счетчика соответствует 0,2 мм<sup>2</sup> площади фигуры.

Конденсатор  $C_2$  служит для гашения искры в точке контакта. Стоп-контакт выключает двигатель при окончании интегрирования и замыкает цепь сигнальной лампы  $L_2$ . Тумблер  $K_1$  включает сеть, а тумблер  $K_2$  позволяет включать и выключать двигатель.

Конденсатор  $C_1$  включается тумблером  $K_3$ . При этом пульсации тока сглаживаются, и счетчик будет регистриро-

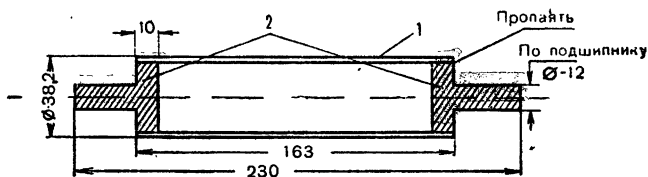
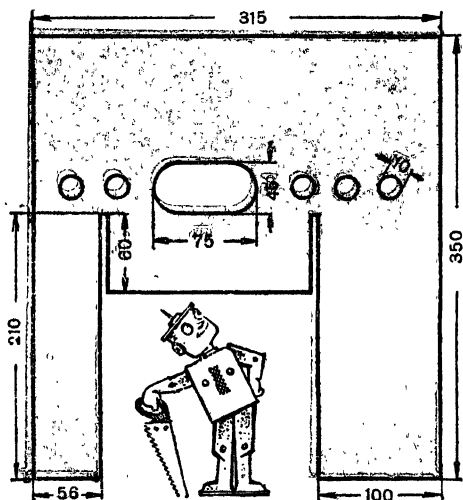


Рис. 28. Барабан прибора.

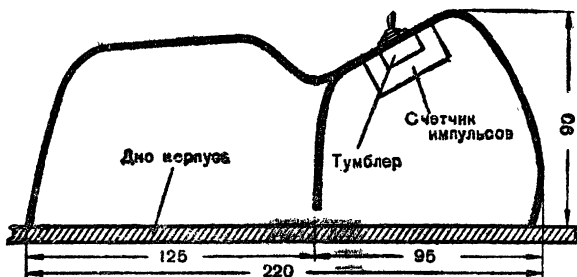
вать только количество касаний считывающего контакта с барабаном. Это позволяет определить линейный размер фигуры вдоль оси барабана.

Работа с прибором. График вычисляемой функции вычерчивается на листе бумаги размером  $130 \times 130$  мм, и часть бумаги, ограниченная осью абсцисс, интегрируемой кривой и пределами интегрирования, вырезается. Если требуется вычислить площадь определенной фигуры, то кон-

тур ее также вырезается. После вырезания фигуры лист бумаги закрепляется на барабане. Поднятием полугайки каретка выводится из зацепления с ходовым винтом, и считывающий контакт устанавливается против той части графика, которая должна соответствовать нижнему пределу интегрирования. При опускании рычага полугайка сцепляется с ходовым винтом. Ограничитель хода каретки устанавливается против части графика, соответствующей верхнему пределу интегрирования. Нулевые деления шкал счетчика совмещаются со стрелками с помощью установочных винтов, находящихся сзади прибора. При включении тумблера «Сеть» загорается сигнальная



а



б)

Рис. 29. Облицовочная панель прибора:

а) чертеж выкройки облицовочной панели, б) форма профиля панели.

лампочка. Включением тумблера «Мотор» включается двигатель, и начинается интегрирование. По окончании интегрирования полугайка нажимает на штифт стоп-контакта ограничителя, загорается левая сигнальная лампочка и выключается двигатель. Отсчет результата интегрирования производится по шкалам счетчика.

**Конструкция прибора.** Прибор смонтирован в пластмассовом футляре от проигрывателя «Концертный». Крепление и монтаж всех деталей выполнены на текстолитовой плате размером  $300 \times 205 \times 5$  мм, которая крепится к дну футляра. К текстолитовой плате прикрепляются металлические стойки, в которые запрессованы шариковые подшипники для барабана и ходового винта. В подшипниках передних стоек устанавливается вал барабана, а в подшипниках задних стоек — ходовой винт 2. В задние стойки запрессовывается направляющая ось 4. Эта ось должна быть тщательно отшлифована. Ходовой винт 2 нарезается метрической резьбой с шагом 1,5 мм.

Барабан прибора (рис. 28) изготовлен из латунной трубки, в которую с торцов впрессованы стальные втулки. Трубка спаивается с втулками медью. После этого барабан вместе с втулками протачивается в центрах на токарном станке.

Стойки с ходовым винтом и направляющей осью удалены от стоек с барабаном. А так как те и другие крепятся к плате из изоляционного материала, то электрического контакта между ними нет. Для того чтобы при работе интегратора было меньше шума, все шестерни изготовлены из текстолита.

Электрическое соединение со схемой считывающего контакта и барабана осуществляется со стороны стоек путем припаивания проводников к «лепесткам», находящимся под крепежными винтами стоек с обратной стороны монтажной платы. Каретка 5 и полугайка 3 изготавливаются из бронзы или латуни и соединяются между собой и считывающим контактом с помощью резьбы, как показано на рисунке 25. Полугайка сначала просверливается и нарезается, а затем разрезается по диаметру отверстия.

Механизмы интегратора закрываются сверху облицовочной панелью из винипласта толщиной 3 мм. Форма профиля облицовочной панели показана на рисунке 29б, а выкройка ее — на рисунке 29а. На панели выпиливается отверстие для циферблата импульсного счетчика, а также отверстия для тумблеров и колпачков сигнальных ламп.



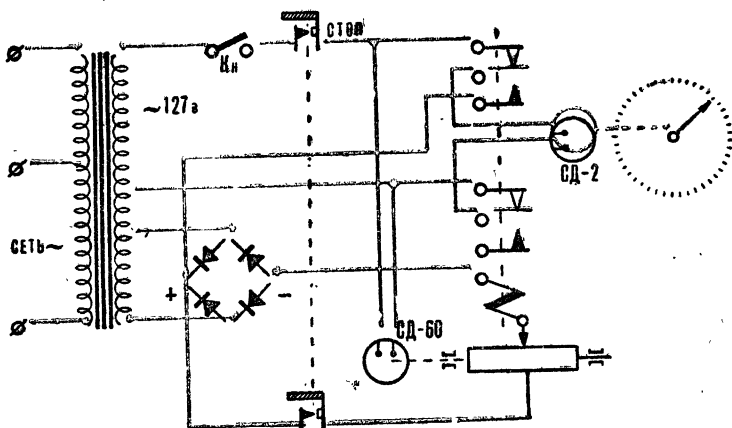


Рис. 30. Схема электрического блока без счетчика импульсов.

Монтаж электрической схемы интегратора выполняется на обратной стороне текстолитовой панели.

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 в. Потребляемая мощность — около 25 вт.

Пределы интегрирования в прямоугольной системе координат по оси  $x$  от нуля до 130 мм. Максимум интегрируемой функции по оси  $y$  — 120 мм, наибольшее время интегрирования — 26 минут.

Конструкцию интегратора можно изменять в зависимости от наличия материалов и деталей. Дефицитной частью интегратора может оказаться импульсный счетчик. Его можно заменить синхронным двигателем «СД-2» с самодельным циферблатом. Схема интегратора без импульсного счетчика приведена на рисунке 30. Здесь последовательно со считывающим контактом включается обмотка электромагнитного реле, которое питается постоянным током от выпрямителя напряжением 24 в, собранного по мостовой схеме. Когда считывающий контакт соприкасается с поверхностью барабана, то замыкается электрическая цепь. Реле срабатывает и замыкает контактные группы, которые включены в цепь двигателя «СД-2». Вращаясь, двигатель перемещает стрелку по циферблату. Когда считывающий контакт попадет на бумагу, обмотка реле отключается, и контакты переключают обмотку двигателя на постоянный ток. Постоянное

магнитное поле мгновенно стопорит ротор двигателя, не допуская его вращения по инерции.

Как показали результаты многих вычислений, погрешность интегратора не превышает 2%. Чтобы избежать ошибок в результате сбоя, следует следить за чистотой поверхности барабана и считывающего контакта.

### РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНАЯ СУММИРУЮЩАЯ ЦИФРОВАЯ МАШИНА

Эта модель представляет собой цифровое счетное устройство, автоматически вычисляющее сумму двух чисел. С ее помощью можно также демонстрировать принцип построения двоичной системы счисления и осуществлять пересчет чисел из десятичной системы в двоичную и обратно.

Модель состоит из трех основных узлов (рис. 31):

а) десятично-двоичного шифратора, производящего автоматический пересчет вводимых в машину чисел-слагаемых из десятичной системы счисления в двоичную (блок № 1);

б) двоичного сумматора, выполняющего автоматическое сложение (в двоичной системе) двух слагаемых, поступающих от шифратора (блок № 2);

в) двоично-десятичного дешифратора, автоматически осуществляющего обратный пересчет полученной суммы из двоичной системы счисления в десятичную (блок № 3).

Основные узлы выполнены в виде трех отдельных устройств, каждое из которых смонтировано на отдельном шасси и снабжено отдельным блоком питания. Все три устройства помещены в одинаковые металлические футляры, на

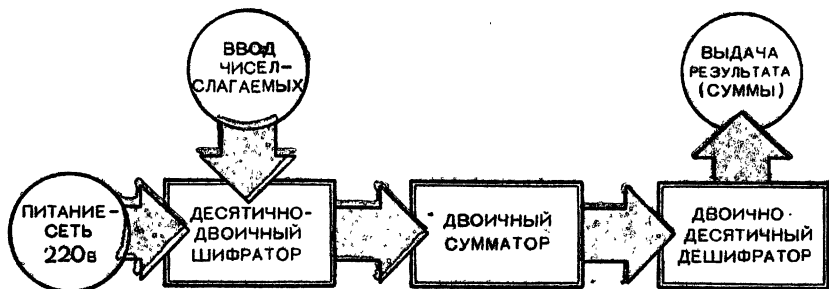


Рис. 31. Блок-схема модели релейно-контактной цифровой суммирующей машины.

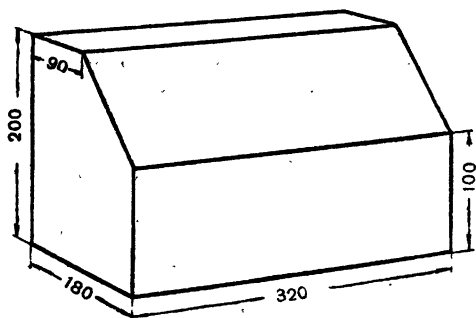


Рис. 32. Форма и габариты футляров.

наклонных частях передних стенок которых расположены пульта управления. Форма и габариты футляров указаны на рисунке 32. Каждое из этих устройств (шифратор, сумматор и дешифратор) может действовать и демонстрироваться самостоятельно, вне связи с остальными. При демонстрации работы всей машины в целом

все три узла соединяются между собой с помощью многожильных кабелей и штепсельных разъемов, колодки которых расположены на пультах управления.

Рассмотрим сначала действие каждого из узлов модели в отдельности.

**Шифратор.** Принципиальная схема этого устройства приведена на рисунке 33, а рисунок 34 дает представление о расположении сигнальных лампочек, кнопок и других элементов на его пульте управления. Для преобразования любого числа (от 1 до 10) из десятичной формы в двоичную нажимается кнопка под соответствующей этому числу сигнальной лампочкой верхнего ряда (кнопки  $K_1—K_{10}$  на рис. 33). При этом срабатывает связанное с кнопкой реле (одно из реле  $P_1—P_{10}$ ), контакты которого включают эту сигнальную лампочку, а также те лампочки группы  $L'_1—L'_4$  (нижний ряд сигнальных ламп на рис. 34), которые выражают двоичный код числа. Например, для перевода в двоичную систему числа 5 нажимается кнопка  $K_5$ . При этом срабатывает реле  $P_5$ , контакты которого включают в верхнем ряду лампочку  $L_5$ , в нижнем ряду загораются лампочки  $L'_3$  и  $L'_1$ , что означает число 101, то есть 5 в двоичной системе счисления.

При использовании шифратора отдельно от остальных узлов модели (автономная работа) выключатель автономной работы ставится в положение «Авто.» (то есть включается). При этом подается напряжение на блок-контакты реле  $P_1—P_{10}$ , благодаря чему реле и сигнальные лампочки остаются включенными даже после отпускания нажатой кноп-

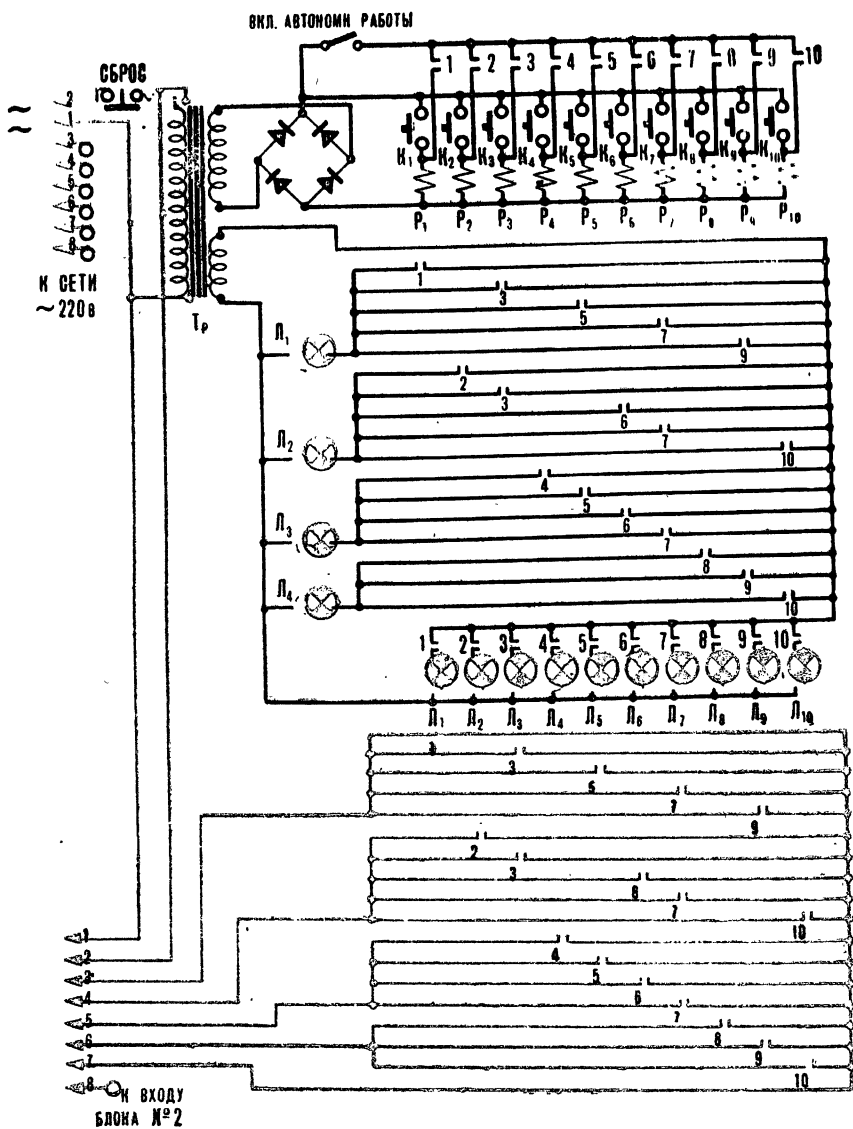


Рис. 33. Схема шифратора (блок № 1).

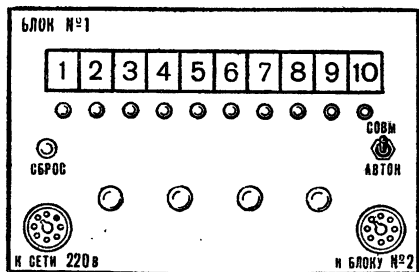


Рис. 34. Лицевая панель шифратора.

В правом и левом нижних углах пульта управления установлены штепсельные разъемы, с помощью которых шифратор подключается к питающей сети (220 в) и к блоку № 2 — сумматору (к последнему — в случае совместной работы шифратора с остальными узлами).

**Сумматор.** Принципиальная схема сумматора приведена на рисунке 35, а схема его пульта управления — на рисунке 36. Сумматор состоит из блоков введения 1-го и 2-го слагаемых, суммирующего блока, пульта управления с кнопками и сигнальными лампочками и блока питания. При автономной работе устройства слагаемые вводятся в него поразрядно нажатием кнопок на пульте управления и фиксируются сигнальными лампочками: в каждом разряде 1-го и 2-го слагаемых включенной лампочке соответствует 1, не включенной — 0. С помощью таких же лампочек, включаемых релейной схемой модели, выдается результат сложения (сумма).

Для уяснения принципа действия устройства рассмотрим вначале работу одного из разрядов суммирующего блока.

«Таблица сложения» для одноразрядного двоичного сумматора состоит из следующих операций:

$$\begin{aligned} 0+0 &= 0; \\ 1+0 &= 1; \\ 0+1 &= 1. \end{aligned}$$

Кроме того, одноразрядный сумматор должен передавать единицу в высший разряд при операции

$$1+1=10,$$

а также принимать единицу из низшего разряда, если в этом низшем разряде выполняется такая же операция.



Таким образом, все операции, выполняемые одnorазрядным двоичным сумматором, можно свести в такую таблицу:

№ операции	Поступило из низшего (n-1)-го разряда	Первое слагаемое	Второе слагаемое	Сумма	Переносится в высший (n+1)-й разряд
		данного n-го разряда			
1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	1	0	1
5	1	0	0	1	0
6	1	1	0	0	1
7	1	0	1	0	1
8	1	1	1	1	1

Разберем, как выполняются эти операции релейной схемой.

Исходное положение схемы изображено на рисунке 37. Это положение соответствует операции № 1 (то есть  $0+0=0$ ), реле  $C_n$  и  $P_n$  отключены, лампочка  $L_n$ , указывающая сумму в этом разряде, не горит.

Введение единицы первого слагаемого производится переключением контакта  $a_n$ . При этом срабатывает реле суммы  $C_n$  и включается сигнальная лампочка  $L_n$ , что соответствует операции № 2 (то есть  $1+0=1$ ).

Введение единицы второго слагаемого производится переключением и включением трех контактов  $b_n$  (два контакта  $b_n$  переключаются, и один нормально открытый контакт  $b_n$  включается). Если при этом единица первого слагаемого не вводится (контакт  $a_n$  не переключен), то реле суммы  $C_n$  также срабатывает, включая сигнальную лампочку  $L_n$ , что соответствует операции № 3 (то есть  $0+1=1$ ). Если же введены единицы и в первом и во втором слагаемых (то есть пе-

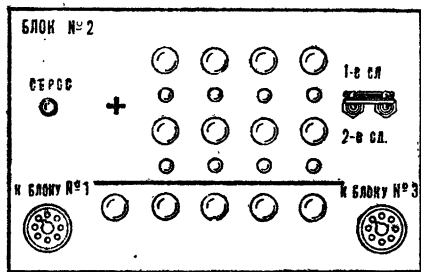


Рис. 36. Лицевая панель сумматора.

реключены и  $a_n$  и  $b_n$ ), то цепь питания реле  $C_n$  оказывается разомкнутой, это реле не срабатывает и лампочка  $L_n$  не горит.

Однако в этом случае замыкается цепь реле  $\Pi_n$ , и реле срабатывает, передавая единицу в следующий (высший) разряд, — осуществляется операция № 4 (то есть  $1 + 1 = 10$ ).

Контакты  $n_{n-1}$  являются исполнительными контактами реле  $\Pi_{n-1}$  предыдущего (нижнего) разряда. При операции  $1 + 1 = 10$  в этом низшем разряде реле  $\Pi_{n-1}$  срабатывает, его контакты  $n_{n-1}$  в рассматриваемом разряде включают реле  $C_n$ , передавая, таким образом, единицу в этот разряд (так осуществляются операции № 5, 6, 7, 8).

Вентиль  $D_n$  является развязывающим элементом: он препятствует образованию ложной цепи включения реле  $C_n$  при операции № 7.

Перейдем теперь к рассмотрению работы всего суммирующего устройства (рис. 35). Суммирующий блок его состоит из нескольких отдельных одноразрядных двоичных сумматоров, идентичных описанному выше (за исключением сумматора 1-го разряда; этот сумматор не выполняет функции приема единицы из низшего разряда, поэтому он упрощен). Данная конструкция содержит четыре одноразрядных сумматора. Это позволяет выполнять сложение двух четырехзначных двоичных чисел (то есть чисел от 0 до 1111, что соответствует пределам от 0 до 15 в десятичной системе), получая пятизначные ответы (до 11110, то есть до 30 в десятичной системе). Разумеется, «диапазон счета» модели можно увеличить: для добавления каждого следующего разряда, увеличивающего верхний предел счета вдвое против прежнего, необходим еще один однозарядный сумматор.

Блоки введения слагаемых собраны на электромагнитных реле  $A_1, A_2, A_3, A_4$  (первое слагаемое) и  $B_1, B_2, B_3, B_4$  (второе слагаемое). Обмотки этих реле включаются кнопками  $K_1, K_2, K_3, K_4$  и  $K'_1, K'_2, K'_3, K'_4$ , расположенными на пульте управления под соответствующими сигнальными лампочками

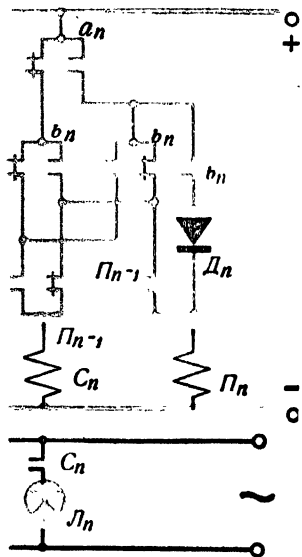


Рис. 37. Схема одного разряда сумматора.



( $L_1, L_2, L_3, L_4$  и  $L'_1, L'_2, L'_3, L'_4$ ). Исполнительные контакты реле  $A_n$  и  $B_n$  ( $a_n$  и  $b_n$  соответственно) осуществляют включение этих сигнальных ламп и все необходимые переключения в схемах сумматоров каждого разряда при выполнении вычислительных операций; кроме того, все реле  $A_n$  и  $B_n$  снабжены блок-контактами для «запоминания» моделью введенных в нее чисел-слагаемых.

Лампочки-разряды суммы  $L''_1, L''_2, L''_3, L''_4, L''_5$  расположены также на пульте управления, под лампочками-разрядами слагаемых (см. рис. 36). Они включаются контактами реле  $C_n$  сумматоров (лампочка наивысшего, 5-го разряда суммы включается контактом  $n_4$  реле  $P_4$ ).

Штепсельные разъемы в нижних углах пульта управления предназначены для соединения сумматора с питающей электросетью (220 в) или с блоками № 1 и 3 (при совместной работе с шифратором и дешифратором). О назначении четырехполюсного переключателя «1-е сл. — 2-е сл.» будет сказано ниже.

Дешифратор. Принципиальная схема этого блока приведена на рисунке 38, схема его пульта управления — на рисунке 39.

При автономной работе устройства выключатель автономной работы ставится в положение «Авто.» (то есть включается). Для преобразования любого числа (от 0 до 11111) из двоичной системы счисления в десятичную это число вводится в машину нажатием кнопок  $K_1 — K_5$  под лампочками верхнего ряда на пульте управления (нажатие кнопки соответствует введению единицы, ненажатие — введение нуля). При этом срабатывают соответствующие реле ( $P_1 — P_5$ ). Далее:

1) нормально открытые контакты сработавшего реле осуществляют его блокировку;

2) другие нормально открытые контакты реле включают сигнальную лампочку под нажатой кнопкой, указывая, что автомат «запомнил» нажатие этой кнопки;

3) переключающие контакты реле производят переключения в цепях сигнальных ламп  $L_0 — L_{31}$  таким образом, чтобы к источнику тока оказалась подключенной та сигнальная лампочка, которая подсвечивает десятичное число, соответствующее выбранному числу двоичной системы.

Например, для перевода в десятичную систему числа 10110 нажимаются кнопки  $K_5, K_3$  и  $K_2$ . При этом срабаты-

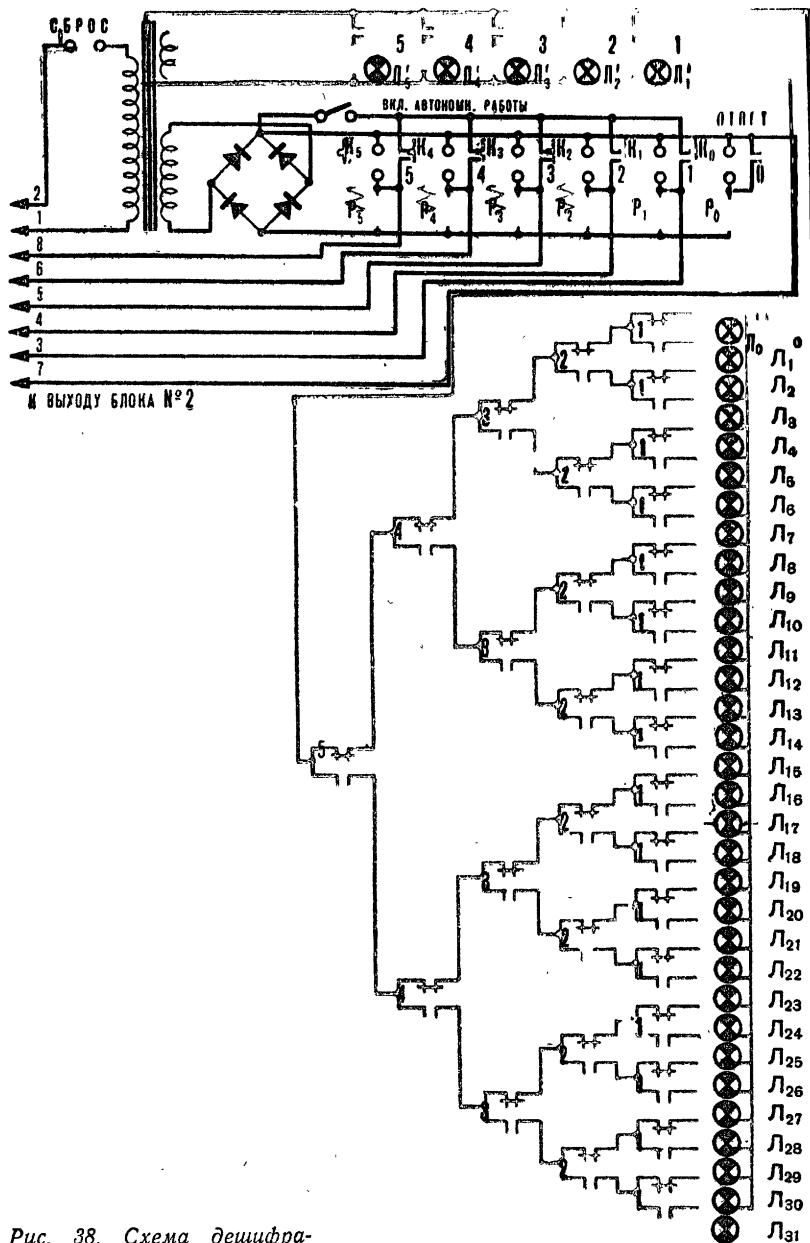


Рис. 38. Схема дешифратора (блок № 3).

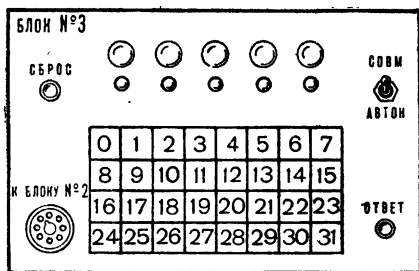


Рис. 39. Лицевая панель дешифратора.

вают реле  $P_5$ ,  $P_3$  и  $P_2$ , и к источнику оказывается подключенной сигнальная лампа  $L_{22}$ , подсвечивающая число 22 (см. рис. 39). Далее при нажатии кнопки  $K_0$  («Ответ») срабатывает реле  $P_0$ , через его нормально открытые контакты в цепь этой лампочки поступает напряжение, и она загорается, указывая результат пересчета.

В левом нижнем углу пульта управления расположен штепсельный разъем, с помощью которого дешифратор соединяется с питающей сетью (220 в) или с блоком № 2 (при совместной работе с шифратором и сумматором).

Мы описали устройство каждого узла модели и действие его при автономной работе. Рассмотрим теперь совместную работу всех узлов при демонстрации модели в целом.

Для совместной работы узлы соединяются между собой в такой последовательности: блок № 1 присоединяется к блоку № 2 слева; блок № 3 присоединяется к блоку № 2 справа; к блоку № 1 через колодку левого штепсельного разъема подается напряжение от сети (220 в). Выключатели автономной работы блоков № 1 и 3 переводятся в положение «Совм.» (совместная работа), то есть отключаются; переключатель «1-е сл. — 2-е сл.» устанавливается в положение «1-е сл.».

Действие модели разберем на конкретном примере. Пусть требуется сложить два числа, например 5 и 7. Нажатием кнопки  $K_5$  на пульте управления блока № 1 в машину вводится первое слагаемое 5. Его двоичный код (101) появляется в нижнем ряду ламп этого блока и одновременно передается по кабелю на вход блока № 2, где фиксируется лампочками-разрядами 1-го слагаемого. Затем переключатель «1-е сл. — 2-е сл.» переводится в положение «2-е сл.», и нажатием кнопки  $K_7$  в машину вводится второе слагаемое 7. Двоичный код второго слагаемого (111) также передается по кабелю в блок № 2 и здесь фиксируется лампочками-разрядами 2-го слагаемого. В нижнем ряду ламп пульта управления блока № 2 появляется двоичная сумма — 1100. Одновременно этот код суммы подается по кабелю в блок № 3, где происходит его преобразование в десятичную фор-

му — 12. При нажатии кнопки «Ответ» ( $K_0$ ) на пульте управления блока № 3 загорается лампочка  $L_{12}$ , указывающая результат сложения.

Для возвращения схемы в исходное положение после выполнения сложения достаточно нажать кнопку «Сброс» на пульте блока № 1.

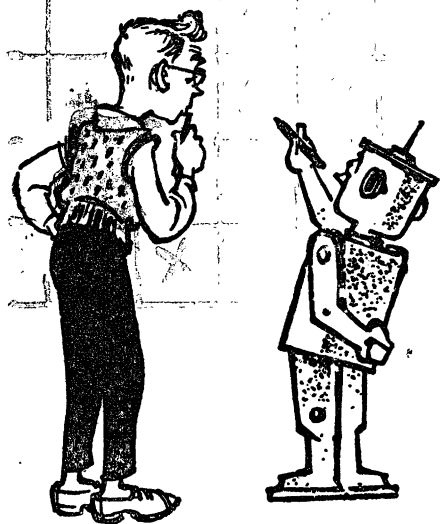
Детали и конструкция модели. В узлах модели могут быть применены электромагнитные реле любого типа, имеющие необходимые для схем контактные группы. В нашей конструкции применены реле типа «РС-13», имеющие по 6 контактных групп, работающих на переключение. В шифраторе используется 11 реле, в сумматоре — 16 реле, а в дешифраторе — 9 реле (реле  $P_7$  шифратора и реле  $P_2$  и  $P_1$  дешифратора требуют большого числа контактных групп — 8, 10 и 18, поэтому в качестве реле  $P_7$  шифратора и  $P_2$  дешифратора приходится ставить в схему по два реле «РС-13», катушки которых включены параллельно, а в качестве реле  $P_1$  дешифратора — три таких реле). Сигнальные лампочки — от карманного фонаря (3,5 в; 0,28 а). Кнопки — самодельные, для их изготовления использованы пружинные контакты от электромагнитного реле. В качестве развязывающих вентилей в счетных ячейках сумматора применены германиевые плоскостные диоды типа ДГ-Ц24.

Блоки питания для всех трех узлов одинаковые. Трансформаторы собраны из пластин Ш-32, толщина набора 20 мм. Сетевая обмотка содержит 2000 витков провода ПЭ-0,18, обмотка накала сигнальных ламп — 35 витков провода ПЭ-0,3, обмотка выпрямителя для питания реле имеет 300 витков провода ПЭ-0,3. Выпрямление тока осуществляется селеновыми столбиками «АВС-60-38-Ж». Штепсельные разъемы можно изготовить из стандартных октальных цоколей радиоламп (штырьки) и ламповых панелек (гнезда). При установке разъемов придерживаются следующего правила: гнезда должны быть со стороны питающих цепей, штырьки — со стороны питаемых цепей. Такое расположение колодок разъема исключает возможность коротких замыканий при случайном соприкосновении штырьков с металлическим предметом.

В каждом блоке трансформатор, выпрямитель и реле размещаются на металлическом шасси; контакты реле связаны с пультом управления многожильным гибким кабелем. Шасси размещаются в футлярах, а пульты управления прикрепляются к наклонным частям передних стенок футляра.

## ГЛАВА ПЯТАЯ

### *Играющие автоматы*



#### ИГРА БАШЕ

Мы уже рассказывали в первой главе об электронных «шахматистах» и других играющих машинах. Такие машины теперь нередко демонстрируют на технических выставках и в музеях. Так, например, на Выставке достижений народного хозяйства СССР в Москве вы можете сыграть с электронной машиной в игру «охотники и волк», а в Московском политехническом музее увидеть автомат, играющий в «крестики-нулики». Нечего и надеяться на выигрыш у этого автомата! Играет он безукоризненно, и даже сыграть с ним «вничью» сумеет далеко не каждый.

Разумеется, большинство играющих машин — это весьма сложные устройства. Но есть и сравнительно простые игры, автоматизация которых доступна для юных конструкторов в технических кружках. Одна из простейших игр этого типа — так называемая игра Баше. Сущность ее заключается в следующем.

Из «кучи», содержащей вначале определенное количество каких-либо предметов, двое играющих берут поочередно каждый раз по произвольному числу предметов, но не меньше одного и не больше трех за один ход. Выигрывает тот,

кто своим очередным ходом сможет забрать все оставшиеся предметы (эта игра была еще в 1612 году описана Баше в несколько иной форме: двое называют поочередно числа от единицы до десяти, и выигрывает тот, кто первый доведет до ста сумму чисел, названных обоими игроками).

Игра Баше принадлежит к числу таких, в которых оказывается возможным для любого исходного положения предопределить победителя и указать, как (при любых ходах противника) можно добиться победы.

Рассмотрим теорию этой игры. Она очень проста. Неблагоприятным для игрока, делающего очередной ход, будет число предметов в «куче» (обозначим его  $m$ ), кратное 4. Действительно, когда  $m=4$ , то при любом ходе игрока противник может сразу забрать все оставшиеся предметы и выиграть. Если же  $m=4n$  (где  $n$  — любое целое число), то после любого хода игрока противник, сделав соответствующий ход, может оставить в «куче»  $4(n-1)$  предметов, а при следующем своем ходе —  $4(n-2)$  предметов и т. д., доведя, наконец, число предметов в «куче» до 4, что обеспечит ему выигрыш. Во всех остальных исходных положениях (когда  $m=4n+p$ , где  $1 \leq p \leq 3$ ) первый игрок, взяв  $p$  предметов, обречет своего противника на проигрыш.

Предложите кому-либо из своих товарищей сыграть в эту игру, воспользовавшись в качестве предметов спичками, орехами, камешками или чем-либо иным. Зная теорию игры, вы сумеете обеспечить себе победу. Выигрышная стратегия сводится к следующему:

1) уступать право первого хода противнику, если исходное число предметов кратно 4;

2) начинать игру самому в случае, если это число не кратно 4;

3) своим очередным ходом дополнять число предметов, взятых противником, до 4 (оставляя в «куче» число предметов, кратное 4).

Разумеется, успех будет полным при условии, что ваш партнер не знаком



с теорией игры. Для игроков, владеющих теорией, игра Баше не представляет интереса, ибо ее результат полностью предопределен исходной ситуацией.

### ПРОСТОЙ АВТОМАТ ДЛЯ ИГРЫ БАШЕ (на электромагнитных реле)

Приведем описание простого автомата, который может заменить одного из играющих в игре Баше, всегда обеспечивая себе выигрыш, так как в его схему заложена соответствующая стратегия. Этот автомат представляет собою небольшой ящик, на лицевой панели которого размещены в ряд 12 лампочек с расположенными под ними выключателями-тумблерами (рис. 40). Здесь же, на панели, укреплена табличка с правилами игры.

### ПРАВИЛА ИГРЫ

*На панели расположены в ряд 12 горящих лампочек, снабженных выключателями. В игре участвуют двое. Каждый из играющих по очереди выключает произвольное число ламп, но не менее одной и не более трех ламп за один ход. Лампочки должны выключаться последовательно, одна за другой, начиная слева. Не разрешается оставлять очередные лампочки включенными, «перескакивая» через них, а также пропускать свой очередной ход. Выигравшим считается тот, кто своим очередным ходом выключит последнюю лампочку.*

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



Рис. 40. Лицевая панель простого играющего автомата.

Принципиальная схема автомата приведена на рисунке 41. Стратегия игры построена здесь на правиле: предоставлять своему противнику первый ход и каждый раз, делая ответный ход, дополнять до четырех число выключенных им ламп. Это, как мы видели выше, позволяет машине выигрывать при любых ходах противника. Автомат пер-

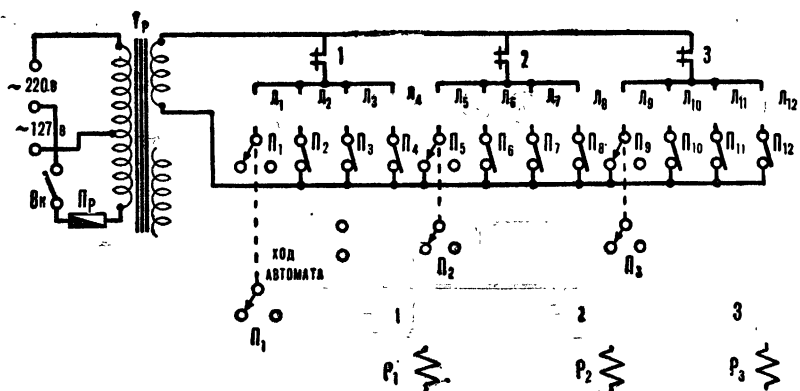


Рис. 41. Схема простого играющего автомата.

вым не начнет игры: при нажатии кнопки «Ход автомата» цепь питания реле остается разомкнутой, и они не срабатывают — все лампочки остаются включенными. Игру должен начинать противник машины. Если он сделает первый ход, включив лампочку  $Л_1$  (выключателем  $П_1$ ), то при этом на контакты кнопки «Ход автомата» будет подано напряжение (через вторую пару контактов  $П_1$ ); вне зависимости от того, выключил ли партнер машины одну лишь лампу  $Л_1$  или еще и лампы  $Л_2$  и  $Л_3$  (выключателями  $П_2$  и  $П_3$ ), при последующем нажатии кнопки «Ход автомата» сработает реле  $Р_1$ , и его нормально закрытый контакт 1 отключает всю группу ламп  $Л_1, Л_2, Л_3, Л_4$ . Таким образом, число ламп, погашенных противником, автомат всегда дополняет до четырех. Нормально открытый контакт реле  $Р_1$  является контактом блокировки (самопитания); через него проходит ток в катушку реле после того, как отпущена кнопка «Ход автомата».

При втором ходе противника машины (выключении лампы  $Л_5$  с помощью переключателя  $П_5$ ) подготавливается к включению реле  $Р_2$ . Срабатывая впоследствии (при нажатии на кнопку «Ход автомата»), это реле отключает вторую группу ламп ( $Л_5, Л_6, Л_7, Л_8$ ). Аналогично выполняется и третий ход, причем последнюю лампочку  $Л_{12}$  всегда выключает автомат.

Вернув все выключатели в исходное положение (все 12 ламп зажжены), мы переводим машину в состояние готовности к новой партии игры.

Игра-автомат собрана из широко распространенных де-



талей. Лампочки применены от карманного фонаря — на 3,5 в, 0,28 а. В качестве выключателей используются тумблеры: два из них —  $P_5$  и  $P_9$  — двухполюсные, переключающие, а один —  $P_1$  — двухполюсный выключатель; остальные — однополюсные выключатели. В качестве реле удобно использовать малогабаритные реле типа «РСМ-2», имеющие по одному нормально закрытому и одному нормально открытому контакту. Но можно применить и любые другие электромагнитные реле с такими же контактными группами. Блок питания модели (трансформатор и выпрямитель) такой же, как в автомате, отгадывающем задуманную букву (см. гл. 2).

На описанном приборе могут играть в игру Баше и двое — друг с другом. Кнопка «Ход автомата» в этом случае не используется. Каждый из играющих поочередно делает ход в соответствии с правилами игры.

### БОЛЕЕ СЛОЖНЫЙ АВТОМАТ ДЛЯ ИГРЫ БАШЕ

Автомат, с которым вы только что познакомились, обладает существенным недостатком: он фактически не следит за действиями противника и «слепо» следует своей программе. Поэтому его легко «сбить с толку», нарушив правила игры (например, выключив одним ходом сразу более трех ламп или выключив две-три лампы, не расположенные рядом на панели). Автомат при этом будет по-прежнему выполнять заложенную в него программу, рассчитанную на «корректную» игру и лишённую смысла в изменившихся условиях. Игра, конечно, будет сорвана.

Но ведь настоящий игрок всегда следит за игрой, и, если бы его противник попытался играть нечестно, нарушая правила, он бы не допустил этого. А нельзя ли предусмотреть в схеме автомата определённую реакцию на «нечестную» игру партнёра? Можно ли сделать, например, так, чтобы при нарушении правил игры автомат (который сам всегда играет корректно) останавливал игру и указывал своему партнёру на допущенные им нарушения, а после исправления этих нарушений возобновлял бы игру?

Рассмотрим одну из возможных схем такого автомата для игры Баше. Он, конечно, сложнее описанного выше простейшего играющего устройства, но и его изготовление по плечу юным любителям техники. Внешний вид лицевой панели автомата вы видите на рисунке 42, а на рисунке 43 дана

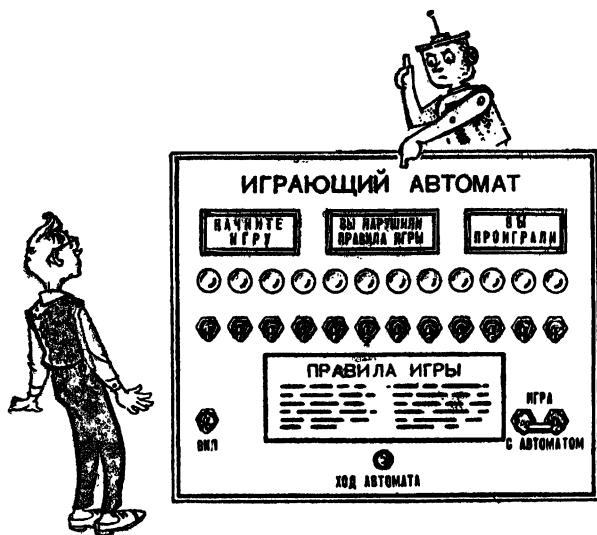


Рис. 42. Лицевая панель более сложного автомата для игры Баше.

его принципиальная схема. Роль предметов, которые «берут» поочередно играющие, и здесь выполняют 12 электрических лампочек, но в этой схеме в начале игры все лампочки отключены, и в процессе игры каждый из играющих включает поочередно одну, две или три лампы с помощью переключателей  $P_1 — P_{12}$ . В остальном правила игры остаются прежними.

На лицевой панели автомата установлен четырехполюсный переключатель на два положения «Игра с автоматом» (на схеме — переключатель  $P_0$ ). В нижнем положении этого переключателя (на схеме — в положении  $\psi$ ) машина используется для игры двух человек друг с другом; кнопка «Ход автомата» при этом отключена и не используется. В верхнее положение (на схеме — в положение  $\alpha$ ) переключатель  $P_0$  переводится для игры с автоматом.

Рассмотрим сначала, как происходит игра человека с автоматом. Первый ход и здесь должен сделать противник машины. Если же в начале игры нажать кнопку «Ход автомата», то сработает реле  $P_7$ , и его контакт 7 включает лампочку  $L_{15}$ , которая подсвечивает табло «Начните игру»\*. При

\* Надписи на всех табло сделаны так, что они видны лишь при включенных лампочках подсвета.

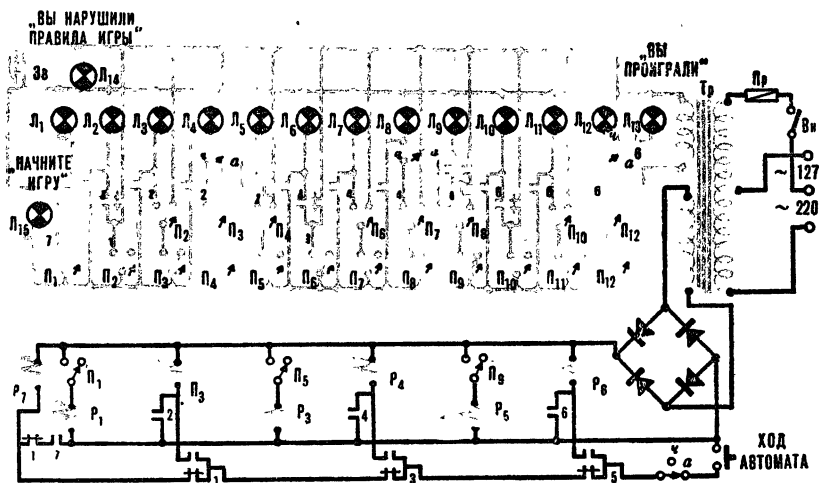


Рис. 43. Принципиальная схема более сложного автомата.

этом другой контакт реле  $P_7$  блокирует это реле, и оно остается включенным даже после отпущения кнопки «Ход автомата». Противник машины вынужден сделать первый ход, чтобы начать игру.

Первым своим ходом противник машины должен включить лампу  $L_1$ , а затем (при желании) и лампы  $L_2$  и  $L_3$ . Схема автомата построена так, что каждая последующая лампа может быть включена соответствующим ей переключателем лишь после того, как уже была включена предыдущая лампа. Поэтому если человек, играющий с машиной, нарушит правила игры и включит не  $П_1$ , а выключатель какой-либо другой лампы, то эта лампа не загорится; вместо нее включенными окажутся звонок и лампа  $L_{14}$ , подсвечивающая табло «Вы нарушили правила игры».

Включая лампу  $L_1$  переключателем  $П_1$ , партнер машины одновременно замыкает цепь катушки реле  $P_1$  (через вторую пару контактов переключателя  $П_1$ ); контакты этого реле отключают обмотку реле  $P_7$  (гаснет табло «Начните игру») и подготавливают к включению лампу  $L_2$  и реле  $P_2$ . Если теперь нажать кнопку «Ход автомата», то сработает и станет на самопитание реле  $P_2$ , контакты которого включают лампы  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ . Если партнер машины своим первым ходом включил две или три лампы, то при нажатии кнопки «Ход автомата» произойдет то же самое. Таким образом, при любом

его ходе автомат дополняет число включенных ламп до четырех. Включить четвертую лампу (в нарушение правил игры) партнеру машины не удастся, так как переключатель  $P_0$  находится в положении  $a$  и при включении тумблера  $P_4$  этой лампы включается не она, а звонок и лампа  $L_{14}$ , подсвечивающая табло «Вы нарушили правила игры». При срабатывании реле  $P_2$  его контакты, переключаясь, подготавливают к включению лампу  $L_5$ .

Вторым своим ходом тот, кто играет с машиной, должен включить лампу  $L_5$  и, при желании, лампы  $L_6$  и  $L_7$ . Включая лампу  $L_5$ , он одновременно замыкает цепь катушки  $P_3$  (через вторую пару контактов тумблера  $P_5$ ), реле это срабатывает, и его контакты подготавливают к включению лампы  $L_6$  и реле  $P_4$ . Если теперь нажать кнопку «Ход автомата», то сработает и станет на самопитание реле  $P_4$ , контакты которого включают лампы  $L_6$ ,  $L_7$ ,  $L_8$ , а также подготавливают к включению лампу  $L_9$ . Если бы партнер машины своим вторым ходом включил две или три лампы, то при нажатии кнопки «Ход автомата» произошло бы то же самое — число включенных человеком ламп автомат и в этот раз дополнит до четырех. При попытке партнера включить четвертую лампу подряд (лампу  $L_8$ ) тумблером  $P_8$  вспыхивает табло «Вы нарушили правила игры» и звенит звонок.

На третьем ходу все происходит точно так же, так что последнюю лампочку ( $L_{12}$ ) всегда включает автомат. Одновременно с включением этой лампочки контакт реле  $P_6$  замыкает цепь лампы  $L_{13}$ , и эта лампа загорается, подсвечивая табло «Вы проиграли».

Вернув все выключатели в исходное положение (все 12 ламп отключены), мы переводим автомат в готовность к новой партии игры.

Для игры человека с человеком переключатель «Игра с автоматом» на панели выключается (то есть на схеме  $P_0$  переводится в положение  $ч$ ). При этом кнопка «Ход автомата» отключается, и становится возможным включать последовательно произвольное число ламп одну за другой. Но и здесь при нарушении последовательности включения лампочек зажигается табло «Вы нарушили правила игры» и включается звонок.

В этом более совершенном играющем автомате также нет дефицитных деталей. Лампочки, как и в первой схеме, на 3,5 в, 0,28 а; на такое же напряжение может быть рассчитан и звонок или самодельный зуммер. Переключатели (тумблеры) все двухполюсные, за исключением одного —

$P_{12}$ , который является однополюсным выключателем. В качестве переключателя  $P_0$  можно применить два двухполюсных тумблера, соединив их рукоятки так, чтобы они включались одновременно. В схеме используются семь электромагнитных реле. Лучше всего применить реле типа «РС-13», но возможно использование и реле других типов, имеющих соответствующие контактные группы. Блок питания можно взять тот же, что и для описанной выше схемы простейшего играющего автомата.

### ЕЩЕ ОДИН РЕЛЕЙНЫЙ АВТОМАТ ДЛЯ ИГРЫ БАШЕ

Если у вас имеется достаточное количество электромагнитных реле и уже накоплен некоторый опыт их монтажа, то можно построить еще более сложную схему для этой игры (рис. 44). Игра с таким автоматом будет выглядеть особенно эффектно: здесь все полностью автоматизировано. Программа работы этого автомата в целом совпадает с программой машины, собранной по предыдущей схеме, но вместо переключателей для включения лампы используются электромагнитные реле и расположенные на панели под лампами кнопки. При нажатии очередной кнопки загорается расположенная над ней лампочка, а предыдущая лампа, горевшая

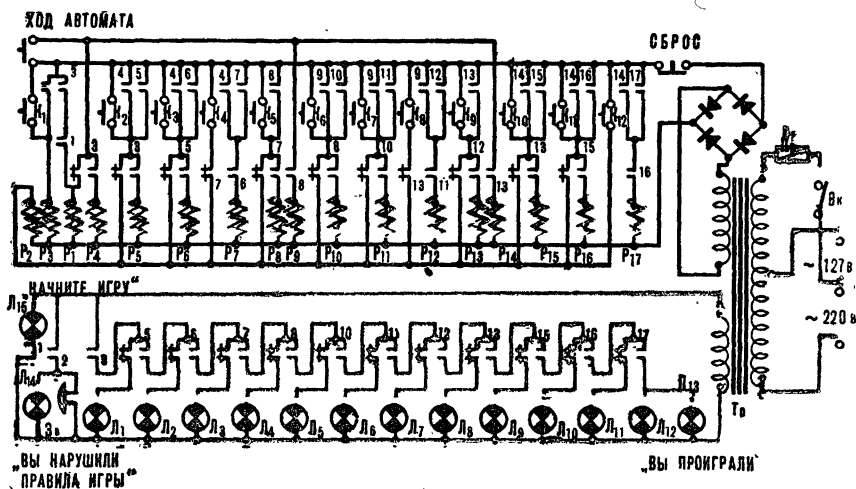


Рис. 44. Схема полностью автоматизированной игры Баше.

ранее, гаснет. Таким образом, в процессе игры горящая лампочка перемещается слева направо, и выигрывает тот, кто «приведет» горящую лампочку в правое крайнее положение. При этом основное правило игры сохраняется: за каждый ход можно нажимать одну, две или три последовательно расположенные кнопки, перемещая этим горящую лампочку на один, два или три «шага» слева направо.

Первый ход и здесь делает партнер автомата (при попытке нажатием кнопки «Ход автомата» заставить машину начать игру срабатывает реле  $P_1$ , включающее табло «Начните игру» — лампу  $L_{15}$ ). Делая ход, человек нажимает одну, две или три кнопки, и при каждом нажатии срабатывает очередное реле, включая соответствующую лампочку, отключая предыдущую и подготавливая к включению следующую. Нажатием кнопки «Ход автомата» приводится в действие реле  $P_4$ ,  $P_9$  и  $P_{14}$  (при каждом ходе автомата действует только одно из них), дополняя до четырех число «шагов», на которое переместил при своем ходе горящую лампочку противник машины. При нарушениях правил игры со стороны человека, играющего с машиной, включаются табло «Вы нарушили правила игры» (лампа  $L_{14}$ ) и звонок. О своем выигрыше машина извещает включением табло «Вы проиграли» (лампа  $L_{13}$ ).

Чтобы подготовить автомат к новой партии игры, достаточно нажать кнопку «Сброс», вынесенную на панель; при этом отключаются все реле и схема возвращается в исходное положение.

Возможность игры человека с человеком в этом устройстве не предусмотрена.

В схеме автомата применены 17 реле типа «РС-13» (можно применять и реле других типов); лампочки — на 3,5 в, 0,28 а; кнопки — самодельные; блок питания — такой же, как и у предыдущих играющих автоматов.

Описанные схемы играющих автоматов можно изменять и совершенствовать в соответствии с имеющимися реле и другими деталями и материалами. Можно, например, увеличить число лампочек-«предметов» до 16 или даже до 20, сделав игру более продолжительной. Можно взять исходное число ламп не кратным четырем, например 13 или 17, но перестроить программу автомата так, чтобы игру всегда начинал он, а не его противник; это также обеспечит выигрыш автомата при любых ходах противника. Какие изменения нужно сделать для этого в предложенных нами схемах, подумайте сами. Здесь для конструкторской мысли и смекалки широкий простор.

Автомат для игры Баше можно построить и на шаговом распределителе. Применение этого интересного элемента автоматики позволяет создать «кибернетического партнера» с рядом особенностей, отличающих эту играющую машину от ее релейных «собратьев».

Правила для игры с этой машиной остаются те же, что и для релейных играющих машин, описанных выше, но цель игры здесь противоположна: проигрывает тот, кто делает последний ход; поэтому каждый из играющих (человек и машина) должен стараться оставить последний предмет своему противнику.

Для осуществления «выигрышной стратегии» здесь нужно при каждом своем ходе оставлять противнику  $4n + 1$  предметов.

Этот автомат (рис. 45) реализует «выигрышную стратегию» следующим образом. После каждого хода человека автомат «добирает» до четырех количество предметов, взятое человеком, вырабатывая для себя выигрышную позицию.

В случае проигрышной позиции для автомата он берет по одному предмету, ожидая неверного хода со стороны человека. При неверном (то есть не соответствующем «выигрышной стратегии») ходе человека автомат вырабатывает для себя выигрышную позицию и сохраняет ее до конца игры. Автомат может проиграть, если человек, получивший выигрышную позицию в начале игры, сумеет сохранить ее до конца.

Игру можно проводить с 21, 22, 23 и 24 предметами. Право выбора принадлежит человеку.

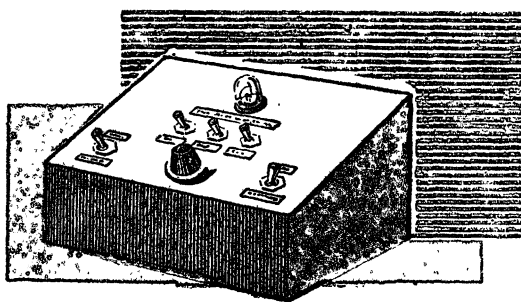


Рис. 45. Автомат для игры Баше на шаговом искателе.

О своем выборе он сообщает автомату путем включения соответствующего тумблера (см. ниже).

Логическая схема автомата реализуется устройством, принцип действия которого можно понять из рисунка 46. Кроме шагового искателя, для монта-

жа схемы необходимы следующие детали:

1. Четыре электромагнитных реле.

2. Тумблеры — 6 шт.

3. Переменное сопротивление 1,5 ком — 1 шт.

4. Конденсатор электролитический 100 мкф, 30 в — 1 шт.

5. Сигнальная лампочка на 24 в — 1 шт.

6. Источник постоянного тока с напряжением 24 в (можно использовать понижающий трансформатор с выпрямителем, подобный описанным в предыдущих главах).

Действие схемы сводится к следующему. Человек, играющий с машиной, берет из «кучи» нужное число предметов и сообщает об этом автомату с помощью тумблера  $\Pi_4$ , включая последний столько раз, сколько предметов он взял. Шаговый искатель выполняет количество шагов, соответствующее количеству замыканий тумблера  $\Pi_4$ . «Запрос» автомата об ответных ходах производится с помощью тумблера  $\Pi_{м1} - \Pi_{м2}$ . При включении последнего притягивается якорь реле  $P_3$ , и его контакты замыкаются; по обмотке реле  $P_4$  начинает протекать ток, и его контакты включают обмотку шагового искателя. После включения тумблера хода машины шаговый искатель делает автоматически некоторое количество шагов, которое в сумме с ходами человека составит четыре. Это достигается соответствующей распайкой контактов шагового искателя, как указано на схеме (рис. 46). Количество предметов, «взятых» автоматом, указывается числом миганий лампочки, включаемой контактами реле  $P_1$ . Время срабатывания этого реле, а следовательно, и время срабатывания шагового искателя при ответных ходах автомата подбирается с помощью переменного сопротивления  $R$ . Это время срабатывания необходимо устанавливать таким, чтобы можно было легко и четко подсчитывать количество миганий лампочки. При выполнении автоматом ответных ходов срабатывают также реле  $P_2$ ,  $P_3$  и  $P_4$ .

Перед началом каждой партии игры с помощью трех тумблеров с цифрами 22, 23 и 24 устанавливается предел для возврата шагового искателя. Возврат реле производится

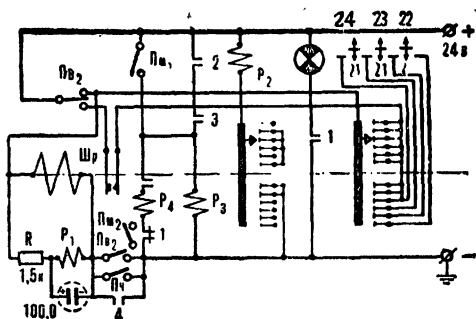


Рис. 46. Схема играющего автомата на шаговом искателе.

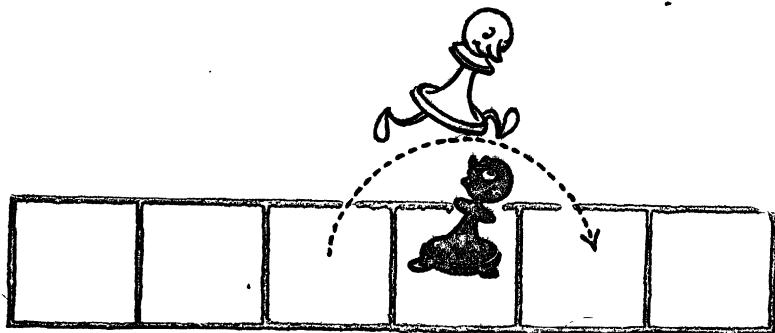


с помощью тумблера  $Pв_1$  —  $Pв_2$ . Схема возврата собирается на второй плате с последовательным включением контактов шагового искателя.

Игра человека с машиной протекает так. Необходимое количество предметов (спичек, монет, орехов и т. п.) размещается предварительно на столе. Количество предметов должно быть в пределах от 21 до 24. Если количество предметов 21, то все три тумблера с числами 22, 23 и 24 устанавливаются в нижнее положение. При другом выборе числа предметов соответствующий тумблер устанавливается в верхнее положение. После установки тумблеров, задающих количество предметов, включается тумблер «Возврат». Затем человек может сделать первый ход или предоставить первый ход автомату. Если ход делает человек, то он берет некоторое количество предметов со стола и сообщает об этом соответствующим числом включений тумблера «Ход человека». Если ход принадлежит автомату, то последний спрашивается о том, сколько предметов он «возьмет», с помощью тумблера «Ход машины». Количество миганий лампочки покажет, сколько предметов «берет» машина, и это количество предметов убирается со стола. Так игра продолжается до победы одной из сторон (человека или машины).

#### АВТОМАТ, ИГРАЮЩИЙ В «ДВУХПЕШКУ»

Правила игры в «двухпешку» сводятся к следующему. Игральная доска разделена на шесть клеток, расположенных в ряд и пронумерованных по порядку. В исходном положении в первой клетке находится белая пешка, в шестой клетке — черная. Белые двигают свою пешку от первой клетки



к шестой, черные — свою пешку от шестой клетки к первой. Игроки делают ходы по очереди (начинают белые), передвигая каждый свою пешку на одну клетку в своем направлении. Если следующая (по пути пешки) клетка занята пешкой другого цвета, то очередной ход совершается, минуя занятую клетку («перепрыгивая» через пешку противника). Первый ход каждый игрок может сделать по своему выбору, либо на одну, либо сразу на две клетки передвигая свою пешку. Выигрывает в партии тот игрок, чья пешка первой достигнет конечной клетки, если только пешка противника не достигнет этого же следующим ходом, то есть если пешка противника отстанет больше чем на один ход. Если же пешка противника достигнет последней клетки следующим ходом, то получится ничья.

Проанализируем возможности противников в этой игре. Нетрудно сообразить, что исход ее определяется выбором обоими противниками первого хода (перемещением пешки на одну или на две клетки). После первого хода белых и первого ответного хода черных игра далее протекает однозначно, то есть каждый игрок может всякий раз делать один строго определенный ход, без выбора. У белых есть два варианта своего первого хода; черные на каждый из этих вариантов игры белых могут также ответить одним из двух возможных ходов. Игра, таким образом, может развиваться по одному из четырех вариантов, схематически изображенных на рисунке 47. Рассматривая эти варианты, мы видим, что выигрыш, вообще говоря, возможен как для белых (варианты 1 и 4), так и для черных (вариант 2); возможна и ничья (вариант 3). Легко сообразить, что оптимальной (беспроеигрышной) стратегией для белых является первый ход на две клетки вперед, так как при таком ходе белые или выигрывают (вариант 4), или сводят партию к ничьей (вариант 3). Для черных же оптимальная стратегия сводится:

а) к ответному первому ходу на две клетки вперед, если белые первым своим ходом продвинули пешку на одну клетку (это соответствует выигрышному для черных варианту 2);

б) к ответному первому ходу на одну клетку вперед, если белые первым своим ходом продвинули пешку на две клетки (это соответствует ничейному варианту 3).

Этот автомат может играть белыми или черными, придерживаясь в том и в другом случае оптимальной стратегии. Механизм оптимальной стратегии, в соответствии с которым автомат проводит игру, реализуется в виде несложной релейно-контактной схемы.

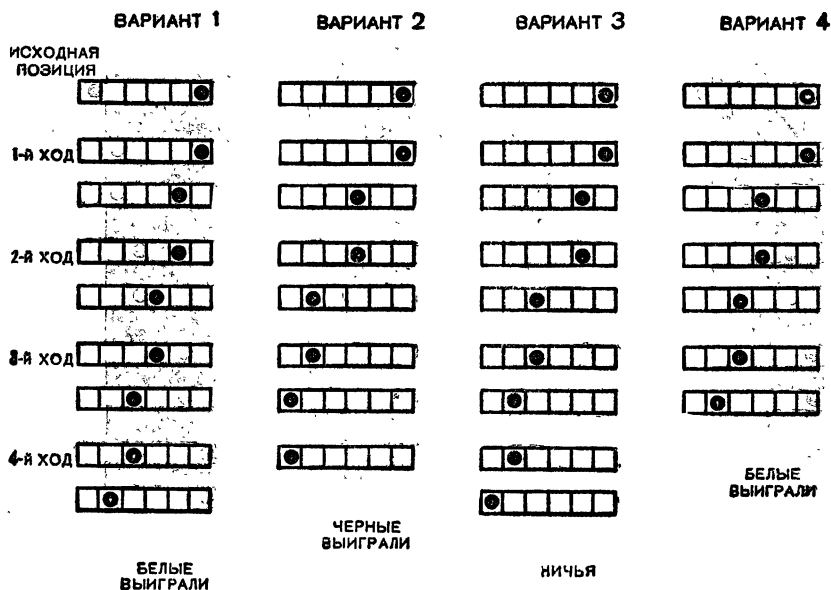


Рис. 47. Схема вариантов игры в «двухпешку».

Модель имеет вид небольшого ящика, на передней стенке которого расположены: игральная доска, табличка с правилами игры и органы управления (рис. 48). Клетки игровой доски сделаны из полупрозрачного материала (например, из матового оргстекла), а под ними установлены лампочки подсвета, соединенные с релейно-контактной схемой автомата. В каждой из клеток имеется небольшое отверстие — гнездо. В гнезда вставляется специальный штеккер, имитирующий пешку, которую продвигает в игре человек, играющий против машины: при каждом очередном ходе человека пешка-штеккер извлекается из гнезда клетки, которую она занимала, и переносится в другую, следующую клетку согласно правилам игры (на рис. 48 эта пешка-штеккер изображена отдельно, рядом с моделью). Ответные ходы автомат осуществляет включением ламп подсвета тех клеток, в которые он как бы «помещает» свою пешку при очередном ходе.

В начале игры нужно включить выключатель *Вк* и установить пешку-штеккер в исходное положение — в левую (первую) клетку. Тотчас же автоматически включается под-

свет шестой клетки. Это означает, что автомат также занял исходную позицию и готов начать игру.

Если противник машины желает сам начать игру (то есть машина будет играть черными), то он должен сделать первый ход своей пешкой-штеккером. Если же противник машины предоставляет ей первый ход (то есть машина должна начать белыми), то он нажимает кнопку «Игру начинает автомат» на пульте управления. При этом машина сделает свой первый ход: погаснет лампа подсвета шестой клетки и включится подсвет той клетки, в которую «перешла» пешка белых. Далее противники делают ходы поочередно до окончания игры.

Автомат играет корректно, не нарушая правил. В случае нарушения правил игры его противником он прерывает игру и подает звуковой сигнал (звонок), извещающий о нарушении правил; после устранения противником нарушений игра может быть продолжена. Об окончании игры автомат извещает включением сигнальных лампочек «Ничья» или «Вы проиграли» в зависимости от исхода игры.

Для возвращения схемы автомата в исходное положение после окончания игры нужно отключить выключатель *Вк*.

Принципиальная схема играющего автомата приведена на рисунке 49. Основными элементами в схеме модели являются:

контакты-датчики хода противника машины  $K_1 — K_6$ , расположенные в гнездах клеток игровой доски (под отверстиями) и замыкающиеся при втыкании в гнездо пешки-штеккера;

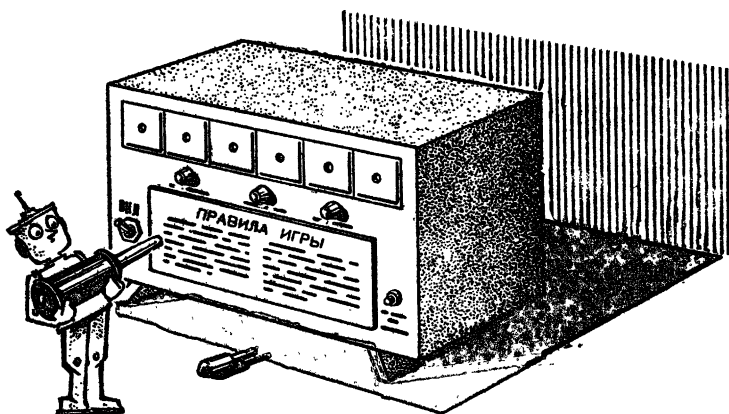


Рис. 48. Внешний вид играющего автомата.

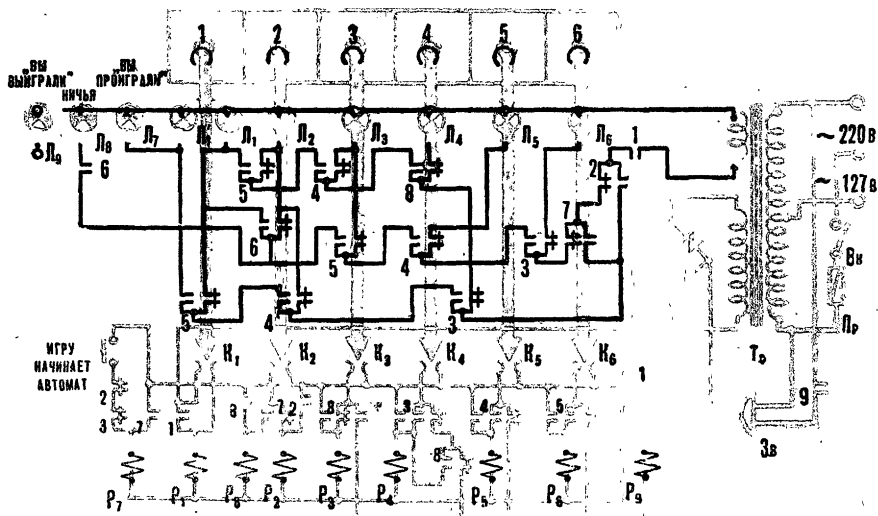


Рис. 49. Схема автомата, играющего в «двухпешку».

электромагнитные реле  $P_1 — P_9$ , обеспечивающие выбор автоматом очередных ходов в соответствии с оптимальной стратегией;

лампочки подсвета клеток игровой доски  $Л'_1$  и  $Л_1 — Л_6$ , указывающие ходы автомата;

сигнальные лампочки-индикаторы исхода игры  $Л_7$ ,  $Л_8$  и  $Л_9$  (последняя из них  $Л_9$ , подсвечивающая сигнал «Вы выиграли», не включена в схему и никогда не загорается, так как автомат не проигрывает; эта лампочка играет чисто декоративную роль);

звуковой индикатор — звонок  $Зв$ , сигнализирующий о нарушении противником машины правил игры;

блок питания, состоящий из трансформатора и выпрямителя.

При помещении пешки-штеккера в гнездо исходной первой клетки замыкается контакт  $K_1$ , срабатывает и становится на самопитание реле  $P_1$ , контакты 1 которого включают лампу  $Л_6$  подсвета шестой клетки и подают напряжение на реле  $P_2 — P_9$ . Затем противнику машины согласно правилам игры предоставляется одна из следующих трех возможностей:

1) уступить первый ход машине, для чего ему следует нажать кнопку «Игру начинает автомат»;

2) начать игру самому, передвинув свою пешку на одну клетку (замыкая при этом контакт  $K_2$ );

3) начать игру, передвинув пешку на две клетки (замыкая при этом контакт  $K_3$ ).

Каждое из этих действий приводит к таким переключениям в релейной схеме (см. рис. 49), которые обеспечивают соответствующий оптимальной стратегии ответный ход машины. Например, при нажатии кнопки «Игру начинает автомат» срабатывает реле  $P_7$ . Его контакты  $7$ , отключают лампу  $L_4$ , подсвечивающую четвертую клетку (это означает, что автомат «сделал ход» своей пешкой на две клетки вперед). Аналогично действует автомат и в других случаях.

При попытке противника машины сыграть «нечестно», нарушив правила, например переместив свою пешку сразу на три клетки — из первой клетки в четвертую, — замкнувшийся контакт  $K_4$  включает реле  $P_9$ , которое приводит в действие звонок  $Z_6$ .

Каждый дальнейший ход противника машины сопровождается замыканием соответствующего контакта-датчика. Замыкаясь, этот контакт приводит в действие очередное реле, контакты которого переключают лампы подсвета в соответствии с оптимальной стратегией. Это легко проследить по схеме рисунка 49. Рассматривая схему, можно понять также, каким образом при выигрыше автомата включается сигнальная лампочка  $L_7$ , а при ничьей — лампочка  $L_8$ .

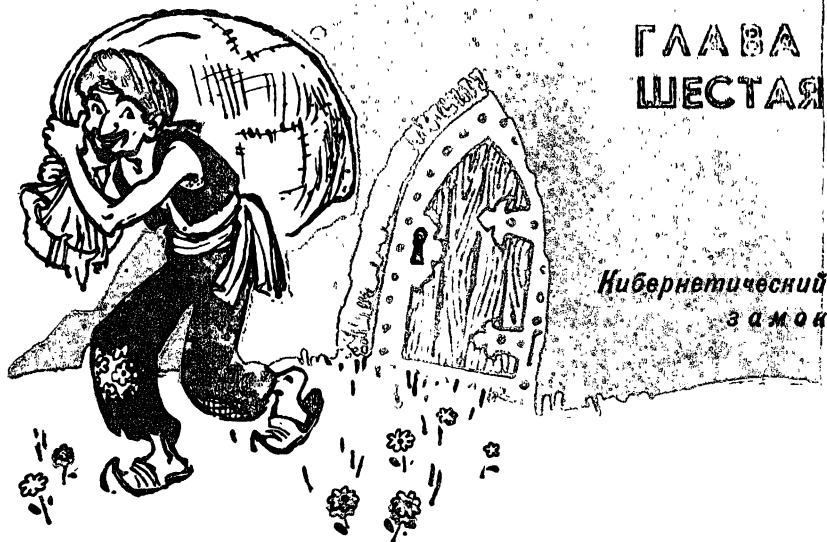
В данной конструкции применены реле типа «РС-13», имеющие по 6 контактных групп, работающих на переключение. Лампочки применены от карманного фонаря — на 3,5 в, 0,28 а. Контакты-датчики  $K_1$ — $K_6$  — самодельные, изготовлены они из полосок фосфористой бронзы. Конструкция контактов и их крепление под отверстиями гнезд в клетках игровой доски должны быть такими, чтобы втыкание пешки-штекера в гнездо вызывало замыкание контакта, а при извлечении ее из гнезда контакт размыкался.

Блок питания этой модели — такой же, как и у автоматов для игры Баше. Все электромагнитные реле, блок питания и звонок размещаются на металлическом шасси и связываются с лицевой панелью многожильным гибким кабелем. Шасси располагается в футляре, а лицевая панель с игровой доской и пультом управления прикрепляется к передней стенке футляра. Сзади игровой доски крепятся на специальной панели контакты-датчики и лампочки подсвета, каждая лампочка — под своей клеткой доски (под первой клеткой рас-

полагаются две лампочки —  $L'_1$  и  $L_1$ ). Лампочки отделяются одна от другой непрозрачными перегородками для того, чтобы при включении каждой лампочки она освещала только «свою» клетку и не засвечивала соседние клетки.

Модель эта не нуждается в налаживании. Если все монтажные соединения выполнены правильно, автомат сразу же после включения в сеть будет работать.

## ГЛАВА ШЕСТАЯ



*Кибернетический  
замок*

Вы помните бедняка Али-Бабу из арабских сказок «Тысячи и одной ночи», перехитрившего сорок разбойников и их жестокого одноглазого атамана? Кровожадные разбойники прятали награбленные богатства в горной пещере за волшебной дверью. А храбрый Али-Баба подслушал таинственные слова, при произнесении которых открывалась волшебная дверь, и это помогло ему проникнуть в пещеру, вывезти оттуда много золота и драгоценностей. А потом «каждый день, — рассказывается в сказке, — на кухне у Али-Бабы готовилась пища не только для него самого, но и для всех его бедных соседей, которым нечего было есть. А когда соседи благодарили его, он говорил:

— Приходите и завтра и приводите с собой всех бедняков...».

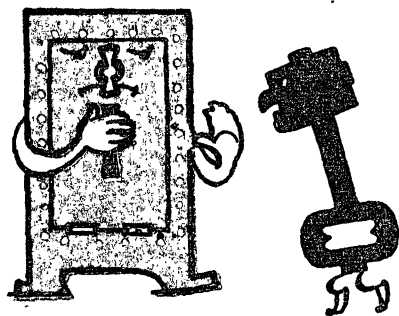
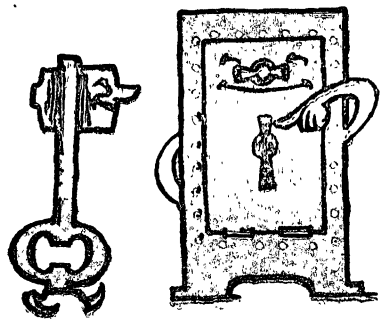
Богатый и завистливый брат Али-Бабы Касим, проведав о пещере с волшебной дверью, захотел забрать себе все ее богатства. Проникнув в таинственную пещеру и увидев несметные сокровища, жадный Касим совсем потерял голову от радости и забыл волшебные слова, которые надо было произнести, чтобы дверь открылась. И сколько раз ни повторял



он потом: «Горох, открой двери! Овес, открой двери! Ячмень, открой двери!» — дверь не открывалась, и Касим не мог выйти из пещеры. Вернувшиеся в пещеру разбойники безжалостно расправились с ним...

Конечно, волшебные двери бывают только в сказках. Но в наши дни и наяву существуют устройства, которые действуют гораздо эффективнее и надежнее, чем волшебные двери из арабской сказки. Вспомните хотя бы банковские сейфы, хранилища ценных или секретных документов, двери которых снабжаются хитроумными автоматическими запорами, сложными системами сигнализации и другими «охраняющими» автоматами. Не так-то просто было бы в наше время Али-Бабе пробраться незамеченным в такое хранилище и тем более вынести оттуда что-либо!

Вспомните, например, кинофильм «Подвиг разведчика». Каких огромных усилий стоило отважному советскому разведчику проникнуть в штаб командования фашистских войск и овладеть ключом от сейфа, в котором хранились планы готовящегося наступления гитлеровцев! Но едва лишь он попытался воспользоваться ключом и открыть сейф, как в тот же миг секретная сигнализация подняла на ноги всю фашистскую охрану. Только благодаря исключительной смелости, находчивости и самоотверженности героя-разведчика ему удалось выполнить свою задачу...



По сути дела, всякий «охраняющий» автомат — это более или менее сложное кибернетическое устройство, то есть система, предназначенная для восприятия и переработки информации. Основная задача любого охраняющего устройства — опознать, «свой» или «чужой» пытается проникнуть к охра-

няемому объекту, и в соответствии с этим выработать необходимую реакцию: пропустить его, если это «свой», и не пропустить, поднять тревогу и т. п., если это «чужой».

Простейшее устройство для переработки информации этого типа — обыкновенный дверной замок. Носителем информации для него является ключ, вставляемый в замочную скважину. Замок действует в соответствии с поступающей на его вход информацией: он открывается, если ключ подходит (то есть «свой»), и не открывается, если ключ «чужой».

Существуют различные типы механических буквенных и цифровых замков, открывающихся без ключа: нужно лишь набрать из букв или цифр на циферблате определенное секретное слово или число-код. Набирая этот код, человек как бы произносит пароль, своеобразное «Симсим, открой двери!», по которому замок опознает «своего». В сущности, к этому же сводятся функции более сложных электромагнитных и электронных замков и других «охраняющих» устройств. Применение средств электроники позволяет создать наиболее надежные и эффектно действующие сторожевые автоматы.

Мы расскажем здесь об электромагнитном кибернетическом замке с релейно-контактным кодирующим устройством.

Замок представляет собой автомат, установленный на внутренней стороне двери небольшого шкафчика-«сейфа» (рис. 50). На наружной стороне двери расположены 10 кнопок управления, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0. Действие автомата сводится к следующему. Перед тем как захлопнуть дверь «сейфа», в «память» замка с помощью кодирующего устройства вводится код — некоторое трехзначное число. Если после этого захлопнуть дверь, то открыть ее можно будет, лишь набирая нажатием кнопок введенный код. Набор другого числа (не соответ-

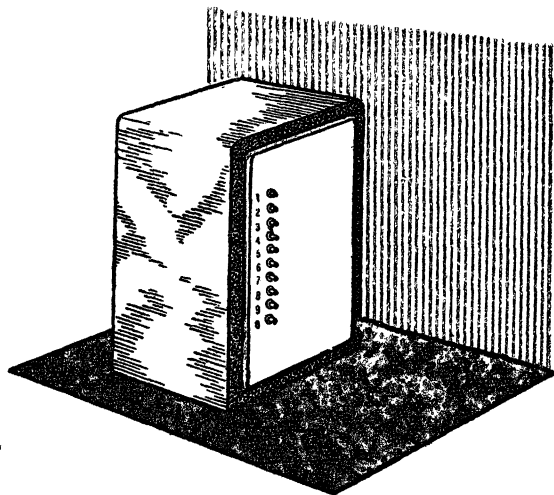


Рис. 50. «Сейф» с кибернетическим замком.

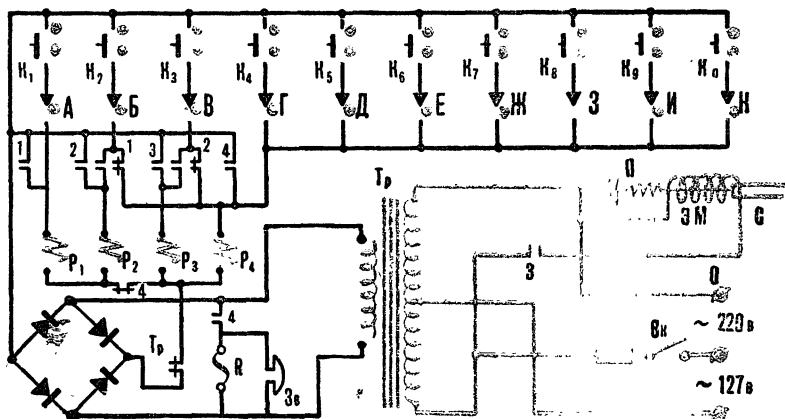


Рис. 51. Схема кибернетического замка.

ствующего введенному коду) вызывает включение сигнала тревоги (звонка), а дверь «сейфа» остается запертой.

Принципиальная схема замка приведена на рисунке 51. Он состоит из электромагнитной задвижки, релейной схемы с кодирующим устройством и кнопками управления, акустического сигнала (звонка) с тепловым реле времени и блока питания. Электромагнитная задвижка представляет собой стальной стержень  $C$  с пружиной  $П$  и катушку электромагнита  $ЭМ$ . При отсутствии тока в катушке стержень удерживается пружиной в выдвинутом состоянии — дверь заперта. Если через катушку пропустить ток, то стержень втягивается в нее — дверь отпирается. Включение катушки  $ЭМ$  для отпираания «сейфа» осуществляется нормально открытыми контактами реле  $P_3$  при срабатывании этого реле. Релейная схема замка построена так, что реле  $P_3$  срабатывает лишь в том случае, если до нее были включены сначала реле  $P_1$ , а потом реле  $P_2$ . При включении этих реле в иной последовательности или при включении реле  $P_4$  замыкается цепь звонка  $Зв$  и возникает сигнал тревоги, который звучит до тех пор, пока не сработает тепловое реле с биметаллической пластинкой  $Т.р.$ , обмотка нагревания которого  $R$  включается одновременно со звонком. Сработав, это реле отключает всю схему, возвращая ее в исходное состояние.

Кодирующее устройство замка состоит из десяти штеккеров, с помощью которых можно соединять в произвольном

порядке кнопки  $K_1, K_2, \dots, K_9, K_0$  с гнездами  $A, B, \dots, И, К$ . Три гнезда  $A, Б$  и  $В$  ведут к катушкам реле  $P_1, P_2$  и  $P_3$  соответственно; остальные семь гнезд соединены с катушкой реле  $P_4$ . Трехзначное число-код задается помещением трех выбранных штеккеров в гнезда  $A, Б$  и  $В$ , а других штеккеров в остальные гнезда. Например, на рисунке 51 замок закодирован числом 123 (кнопка  $K_1$  соединена с гнездом  $A$ , кнопка  $K_2$  — с гнездом  $Б$ , кнопка  $K_3$  — с гнездом  $В$ ). В этом случае замок откроется лишь при нажатии кнопок в такой последовательности: сначала  $K_1$ , затем  $K_2$  и, наконец,  $K_3$ , то есть при наборе числа 123.

Общее число различных кодов, которые могут быть установлены описанным кодирующим устройством, определяется как число размещений из 10 цифр по 3 и равно:

$$A_{10}^3 = \frac{10!}{(10 - 3)!} = 10 \cdot 9 \cdot 8 = 720.$$

Вероятность того, что «сейф» будет открыт, если введенный в замок код неизвестен, весьма мала — всего лишь  $1/720$ .

Можно немного усложнить схему замка, введя в нее еще одно реле, так чтобы замок отпирался при наборе не трехзначного, а четырехзначного числа (для этого дополнительное реле нужно включить в схему так же, как включено реле  $P_2$ , перед последним). Тогда общее число всевозможных кодов будет равно:

$$A_{10}^4 = \frac{10!}{(10 - 4)!} = 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 = 5040,$$

и вероятность того, что «сейф» удастся отпереть случайным нажатием кнопок, станет еще меньше —  $1/5040$ .

В схеме кибернетического замка, приведенной на рисунке 51, использовано всего четыре электромагнитных реле типа «РС-13». Кнопки и штекеры, а также биметаллическое термореле и электромагнитная задвижка замка — самодельные.

Биметаллическую пластинку можно взять от любого теплового реле или использовать все реле в готовом виде. В нашей конструкции была использована пластинка размером  $10 \times 70$  мм, а в качестве нормально закрытого контакта была применена контактная пара от электромагнитного реле. Обмотку нагревания теплового реле можно изготовить из спирали от электроплитки. На пластинку, обернутую слюдой, наматывается около 20 витков спирали. Длина спирали под-

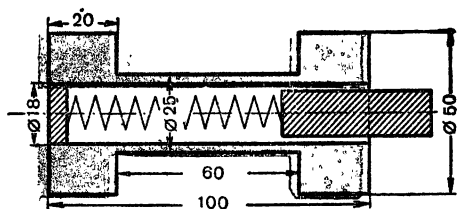


Рис. 52. Каркас катушки электромагнита.

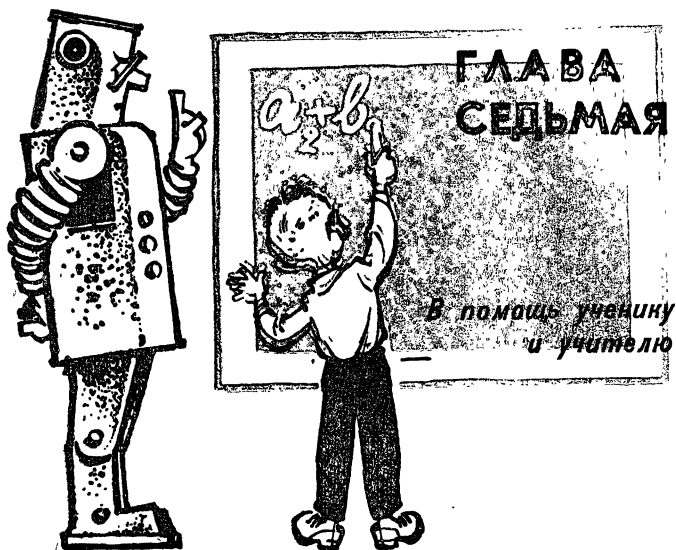
на деревянном каркасе, размеры которого даны на рисунке 52. Провод укладывается плотно, виток к витку до полного заполнения каркаса. Расположение стального стержня задвижки и пружины также показано на рисунке 52.

Блок питания состоит из трансформатора и выпрямителя. Трансформатор блока питания собирается из пластин Ш-20, толщина набора 45 мм. Сетевая обмотка содержит 1320 витков с отводом от 765-го витка (для напряжений 220 и 127 в), провод ПЭ-0,33. Обмотка выпрямителя для питания реле имеет 180 витков провода ПЭ-0,62. Для выпрямления тока используются селеновые столбики, например «АВС-60-38-Ж».

Выключатель смонтирован в виде пары контактов, которые прижимаются один к другому запертой дверью «сейфа» и размыкаются, когда дверь открывается. Таким образом, после отпирания «сейфа» замок автоматически отключается от электросети, а при запираании его включается.

бирается опытным путем в процессе налаживания так, чтобы нагревание пластины и размыкание контактов теплового реле происходило через 10—12 секунд после включения.

Соленоид электромагнитной задвижки наматывается проводом ПЭЛ-0,3



## ОБУЧАЮЩИЕ МАШИНЫ

Большие успехи кибернетики в последние годы позволили приступить к решению такой интересной и важной задачи, как автоматизация процесса обучения. Уходит в прошлое то время, когда главными техническими средствами в обучении были мел и тряпка. Наши ученые разрабатывают конструкции обучающих машин: машин — информаторов и консультантов, машин-репетиторов, машин — контролеров и экзаменаторов. Уже достигнуты первые успехи в создании таких кибернетических устройств.

...Мы в одном из просторных залов Московского политехнического музея. Посередине зала странный аппарат из металла, стекла и пластмассы, увенчанный чем-то напоминающим шлем скафандра космонавта. Что это? Мы подходим к аппарату поближе и попадаем в зону чувствительности емкостного датчика, расположенного внутри него. Тотчас же на передней части «шлема» аппарата вспыхивает экран, и одновременно четкий спокойный голос, идущий откуда-то изнутри него, сообщает:

— Вы подошли к информационному автомату. Он может ответить на любой из пятисот вопросов, помещенных в кар-

тотеке. Для этого достаточно набрать с помощью номеронабирателя 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 вопросы и на сотни других, имеющих в картотеке, автомат обстоятельно отвечает, дополняя ответы рисунками и схемами, которые появляются на экране. При этом вопросы можно задавать автомату в любой последовательности — он не собьется. Объем «знаний» информационного автомата достаточно большой, и его ответы представляют интерес для любого из посетителей музея.

Принципиально идея устройства информационного автомата очень проста: после набора номера вопроса к проекционному окошку диаскопа подводится соответствующий диапозитив, а на магнитофонной ленте выбирается нужная зона записи текста. Если заглянуть внутрь автомата сквозь прозрачную заднюю стенку в момент набора номера вопроса, то можно увидеть, как быстро перемещаются кассеты с 25 диапозитивными линейками (на каждой из которых по 20 диапозитивов), как специальная рейка ловко захватывает нужную линейку и устанавливает ее перед проекционным аппаратом, как осуществляется быстрая перемотка магнитной ленты и как резко останавливается лента при подходе к искомой зоне записи. Все посетители музея неизменно выражают свое восхищение осмысленностью и четкостью работы этой оригинальной машины.

Несомненно, что уже недалеко то время, когда подобные электронные справочники и информаторы будут широко применяться в вузах и школах — для самостоятельной подготовки студентов и учащихся.

А вот автомат совсем другого рода — кибернетический экзаменатор, изготовленный в общественном конструкторском бюро Московского энергетического института. Этот автомат представляет собой небольшую тумбочку, на крышке которой расположен светящийся экран и рядом — несколько кнопок. Специальное оптическое устройство проектирует на экран вопрос и три ответа на него — один правильный и два неправильных. Экзаменуемый должен, выбрав правильный, по его мнению, ответ на вопрос, нажать соответствующую этому ответу кнопку. На экране появляется следующий вопрос и т. д. Слишком долго думать кибернетический экзаменатор не позволяет: успели ли вы ответить или нет, автомат задает очередные вопросы через строго определенное время. После того как экзаменуемому будут заданы все вопросы,

автомат учитывает количество правильных ответов и выводит оценку, которая появляется тут же, на световом табло автомата.

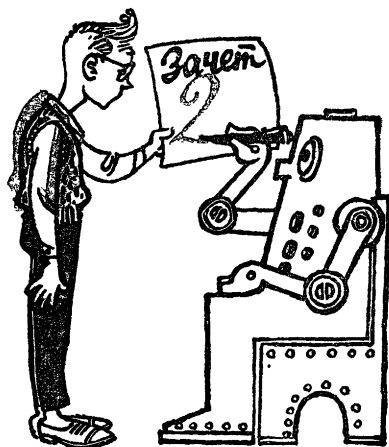
Студенты, которым уже приходилось экзаменоваться у этого автомата, убедились в его строгости, беспристрастности и неумолимости: являться для сдачи зачета к такому экзаменатору без хорошей подготовки — безнадежное дело!

Интересная кибернетическая машина «Репетитор» разработана в Институте теории и истории педагогики кандидатом педагогических наук Л. Н. Ланда. Ряд «умных» обучающих устройств сконструировали научные сотрудники Киевского высшего инженерного радиотехнического училища; обучающую машину «Педагогический тестер» построили энтузиасты Свердловского педагогического института. В работу над созданием обучающих машин включаются все новые коллективы ученых, педагогов и инженеров. Широкое применение этих кибернетических устройств облегчит труд учителя, позволит поднять активность учащихся на уроке, сократить сроки обучения и повысить его эффективность.

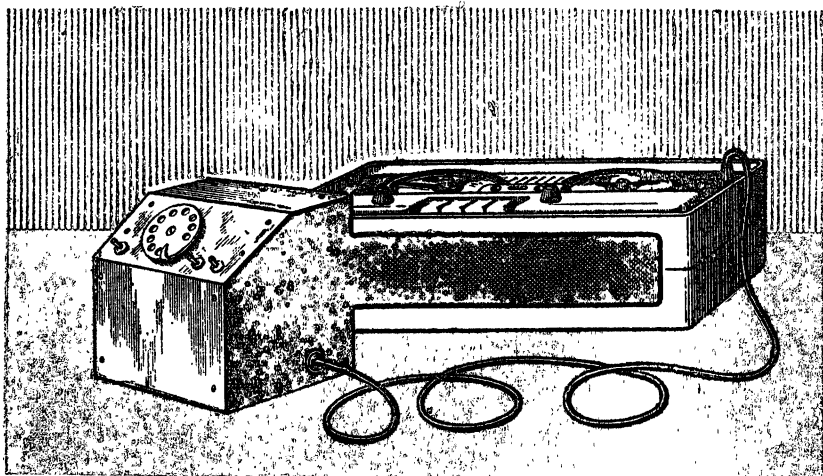
Автоматы, о которых мы только что рассказали, — информационная машина Политехнического музея, экзаменатор МЭИ и др. — это довольно сложные кибернетические устройства. Однако есть и более простые обучающие машины и модели машин, изготовление которых вполне по плечу юным любителям техники. Ниже мы описываем некоторые из таких устройств.

### МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ МАШИНЫ

Эта модель представляет собой устройство, которое «запоминает» порядок записанной на магнитной ленте информации и может найти необходимую часть информации для воспроизведения. В качестве информации на магнитной ленте записаны основные сведения о двадцати пяти первых элементах периодической системы Д. И. Менделеева, поэтому модели можно дать название «Кибернетический химик». Разумеется, в качестве информа-







*Рис. 53. Внешний вид простейшей информационной машины.*

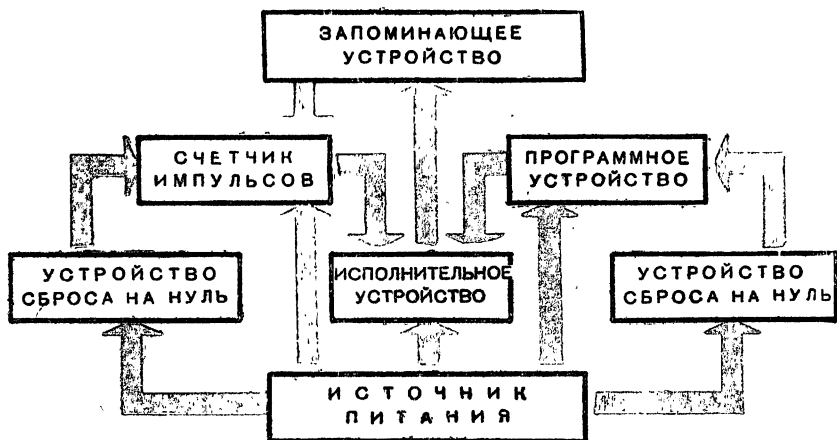
ции в «память» модели могут быть внесены сведения из любых других областей знаний примерно такого же объема.

Внешний вид модели показан на рисунке 53. Она состоит из следующих узлов (рис. 54): запоминающего устройства, которым является магнитная лента с записанной информацией; счетчика импульсов на шаговом искателе; устройства, задающего программу поиска на втором шаговом искателе; исполнительного устройства, которое включает в нужный момент воспроизведение магнитофона и выключает его после выдачи нужной информации; двух устройств возврата (сброса), с помощью которых шаговые искатели возвращаются к исходному положению; блока питания.

Проследим за работой модели по принципиальной схеме, показанной на рисунке 55.

Начнем с программного устройства. В это устройство входят шаговый искатель  $16$  и номерной диск  $T$  от телефонно-автомата, включенный последовательно в цепь катушки шагового искателя. Назначение программного устройства — задать с помощью номеронабирателя порядковый номер того элемента таблицы Менделеева, о котором мы хотим получить некоторые сведения. Каждый импульс тока, создаваемый номерным диском, замыкает цепь катушки шагового искателя, и при этом происходит переброс скользящего контакта  $K_1$

## Б Л О К - С Х Е М А



*Рис. 54. Блок-схема простейшей информационной машины.*

на соседний неподвижный контакт. Количество таких импульсов определяет положение скользящего контакта  $K_1$ . Например, набирая пятый номер (чтобы узнать основные сведения о пятом элементе таблицы Менделеева — боре), мы заставляем скользящий контакт  $K_1$  замкнуться с пятым неподвижным контактом. Это состояние показано на схеме.

Поиск информации осуществляется при одновременной работе запоминающего устройства и счетчика импульсов. Схема поиска работает следующим образом. Перед каждым участком магнитной ленты, на которой записана информация, сделано «окошко» длиной в 1—2 см, то есть с ленты удален слой порошка окиси железа (целлюлозная основа ленты прозрачна). Этот слой окиси легко смывается с магнитной ленты с помощью эфирола.

При своем движении лента проходит между фотосопротивлением ФС-К2 и лампочкой, установленной против него. Просвечивая магнитную ленту, лампочка ярко освещает фотосопротивление только тогда, когда между лампочкой и фотосопротивлением проходит участок прозрачной ленты («окошко»). В этот момент проводимость ФС-К2 резко возрастает, срабатывает реле  $P_1$ , его контакт  $I$  замыкает цепь катушки шагового искателя  $\Pi$ , и скользящий контакт  $K_2$  переходит на соседний неподвижный контакт этого искателя. При прохождении

дении следующего окна между ФС-К2 и лампочкой снова в цепи фотосопротивления возникает импульс тока, срабатывает реле  $P_1$ , и опять скользящий контакт  $K_2$  переходит на одно положение вперед. Так шаговый искатель  $\Pi$  суммирует импульсы, поступающие от фотосопротивления при движении магнитной ленты.

Устройство, задающее программу поиска (искатель I), и счетчик импульсов (искатель II) включены по схеме совпадения. Для этого одноименные контакты шаговых искателей Iб и IIб соединены между собой. На рисунке 55 показано только соединение пятых контактов. Когда число импульсов совпадает с номером элемента, заданного программой поиска, скользящий контакт  $K_2$  счетчика попадает на одноименный неподвижный контакт задающего устройства. При этом срабатывает схема совпадения, замыкается цепь реле  $P_2$  (исполнительное устройство), которое включает воспроизведение магнитофона (контакт 2), и мы слушаем информацию, записанную на ленте. На рисунке 55 пунктирной линией обведена часть схемы магнитофона, которая непосредственно связана с прибором. После выдачи информации схема совпадения размыкается и воспроизведение отключается.

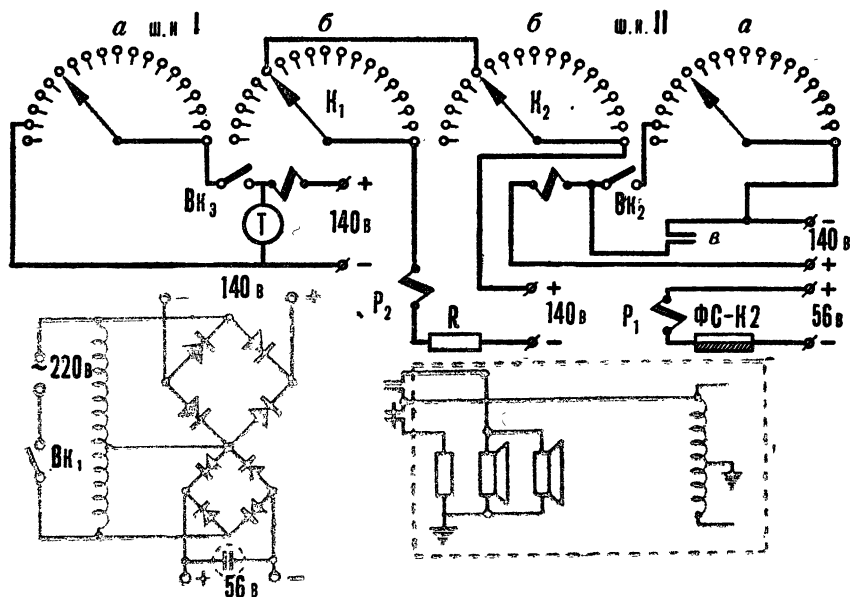


Рис. 55. Схема информационной машины.

Для подготовки прибора к новому поиску информации нужно перевести скользящие контакты  $K_1$  и  $K_2$  в нулевое (исходное) положение. Для этой цели служит устройство возврата, автономное для каждого шагового искателя. Для возврата (сброса) приспособлены дополнительные платы шаговых искателей. Выключатели возврата  $BK_2$  и  $BK_3$  находятся на передней панели прибора. Ленту магнитофона для подготовки к новому поиску также нужно перемотать в исходное положение.

Для изготовления модели необходимы следующие детали: два шаговых искателя, на три-четыре контактные платы каждый;

поляризованное реле типа «РП-4» (реле  $P_1$ );

нейтральное реле типа «РКН» с небольшим током срабатывания и сопротивлением катушки не менее 3 ком (реле  $P_2$ );

трансформатор (он должен дать напряжение, достаточное для срабатывания реле);

выпрямитель (мостик на германиевых диодах типа ДГ-Ц25 — ДГ-Ц27);

электролитический конденсатор, включаемый в цепь поляризованного реле для сглаживания пульсаций напряжения;

фотосопротивление ФС-К2;

сопротивление  $R = 20$  ком.

Кроме того, в модели использован магнитофон «Днепр-10» (возможно, конечно, использование и магнитофонов других типов).

Налаживание собранной модели сводится к регулировке шаговых искателей (они должны хорошо срабатывать при возврате и при подаче импульсов от номеронабирателя или от фотосопротивления), а также к тщательной проверке надежности срабатывания реле  $P_2$  при совпадении скользящих контактов  $K_1$  и  $K_2$ .

Эта модель не является полным автоматом, так как здесь не автоматизированы операции включения магнитофона перед поиском, перемотки ленты и возврата искателей после выдачи информации и подготовки к новому запросу. Автоматизация этих операций приводит к большим усложнениям в схеме, особенно если прибор приспособляется к магнитофону с механическим включением. Описанная же схема сравнительно проста и может быть легко изготовлена силами школьного технического кружка.

Этот автомат представляет собой прибор настольного типа, предназначенный для автоматизации опроса учащихся на уроке. По своему принципу действия такое устройство относится к обучающим машинам с выборочным методом ввода: человеку предлагается серия вопросов и на каждый из них — несколько ответов, из которых он должен выбрать правильный; получив ответы, прибор автоматически оценивает их (в пятибалльной системе) и указывает, какие из них верны. Прибор может быть использован при проверке текущей успеваемости учащихся, их готовности к выполнению лабораторных работ, степени усвоения нового материала и т. п.

На рисунке 56 показана лицевая панель прибора, а на рисунке 57 — принципиальная схема. На лицевой панели расположены 10 переключателей  $P_1—P_x$ , каждый из которых может быть установлен (поворотом ручки) в любое из пяти рабочих положений (обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4, 5) или в исходное положение «0» (соответствующее отключению переключателя). Неподвижные контакты переключателей соединены с гнездами контактного поля штепсельного коммутатора  $KП$ , общая шина которого через контакты 1 и 2 кнопки  $K_n$  («Оценка») может присоединяться к выводу «+150 в» выпрямителя. Подвижные контакты переключателей  $P_1—P_x$  через делители напряжения  $R_{14}—R_{23}$  и  $R_{24}—R_{33}$  соединены с управляющими электродами тиратронов  $L_1—L_{10}$ , которые также установлены на лицевой панели. Напряжение на аноды тиратронов может подаваться через нормально открытые контакты 2—3 реле  $P_2$  и сопротивления  $R_4—R_{13}$ , ограничивающие анодные токи этих ламп. Катоды всех ламп  $L_1—L_{10}$  соединены с выводом «—150 в» выпрямителя через стрелочный прибор  $ИП$ .

Работа с прибором сводится к следующему.

Опрашиваемому выдается карточка-билет с десятью вопросами, на каждый из которых даны пять ответов: один правильный и четыре неверных. Вопросы пронумерованы римскими цифрами от I до X, а ответы на каждый из вопросов — арабскими цифрами от 1 до 5. Одновременно в прибор необходимо ввести информацию о том, какие из ответов на вопросы данного билета являются правильными. Ввод этой информации осуществляется с помощью специальной перфокарты, накладываемой на контактное поле штепсельного коммутатора. Для каждого билета заранее готовится соответствующая ему перфокарта. Отверстия в перфокарте распола-

гаются таким образом, чтобы при наложении ее на контактное поле штепсельного коммутатора они оказались над теми гнездами, с которых (при помещении в них штеккеров) подается напряжение на те неподвижные контакты переключателей  $\Pi_1 \dots \Pi_x$ , номера которых (1—5) соответствуют правильным ответам на вопросы данного билета.

Контактное поле имеет более 80 гнезд (это хорошо видно на лицевой панели прибора, рис. 56), но используются только 50 из них (по 5 ответов на каждый из 10 вопросов); многие гнезда поля «пустые». Гнезда соединены с контактами переключателей не в таком строгом порядке, как это показано на принципиальной схеме (рис. 57), а перепутаны. Порядок расположения гнезд известен лишь руководителю занятий, у которого имеется специальная табличка, где гнезда пронумерованы в соответствии с теми контактами переключателей, к которым они присоединены. Этой табличкой руководитель занятий (учитель) пользуется при изготовлении перфокарт. Внешний вид таблички приведен на рисунке 58.

Для упрощения работы по составлению перфокарт вместо такой таблички можно изготовить шаблон-перфоратор. Он изготавливается из двух склепанных металлических пластинок, между которыми оставляется зазор (щель), достаточный для того, чтобы можно было вставить листок плотной бумаги или тонкого картона — будущую перфокарту. Внешне выглядит перфоратор так же, как и изображенная на рисунке 58 табличка. В пластинках просверлены отверстия, расположение которых соответствует расположению гнезд контактного поля, а рядом с отверстиями выбиты номера ответов. Для изготовления перфокарты листок плотной бумаги вставляется между пластинками. С помощью шила или гвоздя в нем прокалываются отверстия в соответствии с программой ответов. Затем готовая перфокарта извлекается из щели перфоратора и на ее верхней стороне надписывается номер карточки-биле-

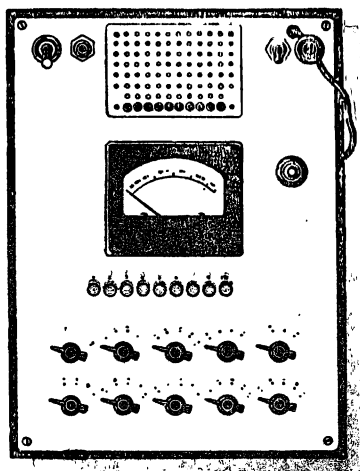


Рис. 56. Лицевая панель прибора.

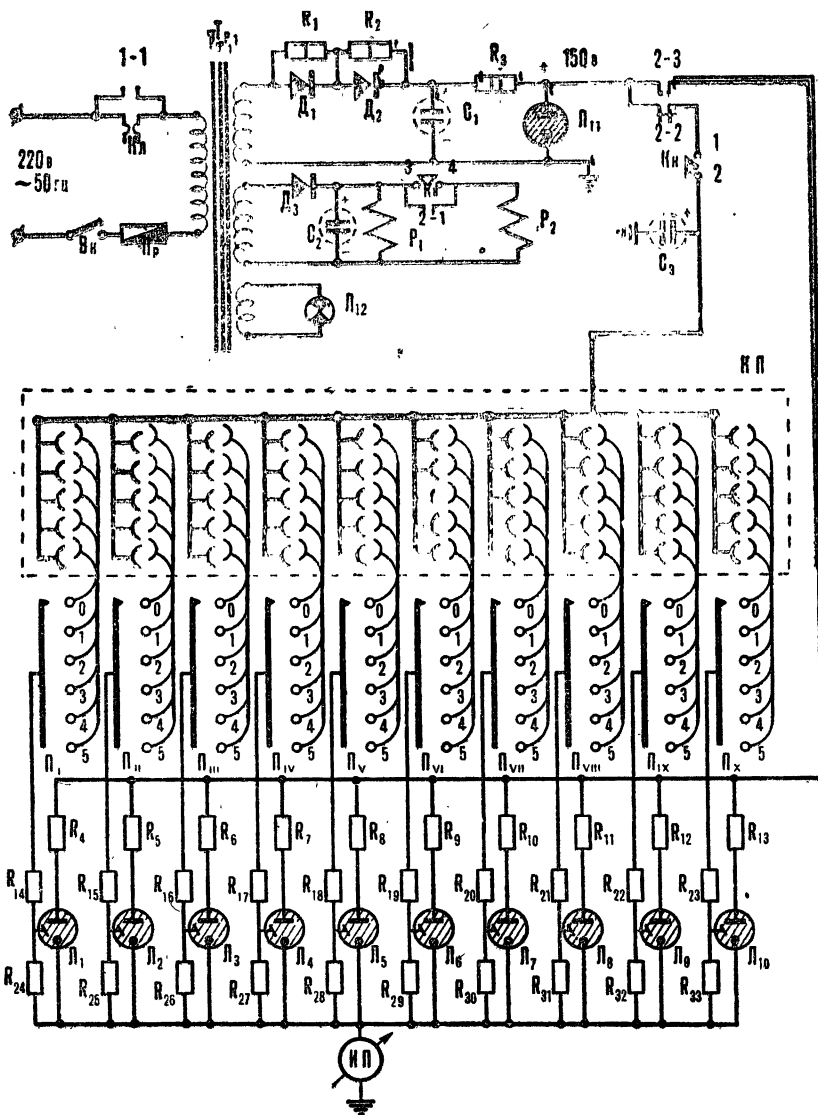


Рис. 57. Принципиальная схема педагогического тестера.

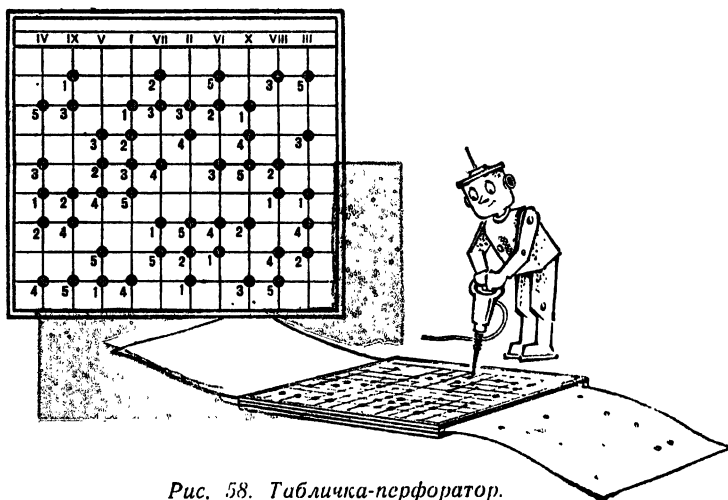


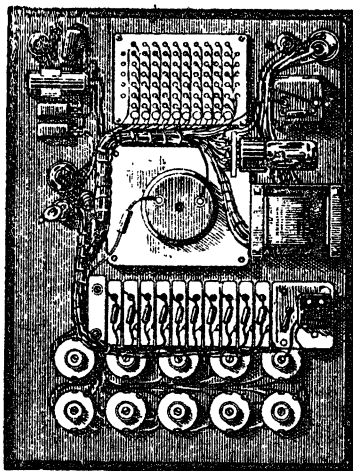
Рис. 58. Табличка-перфоратор.

та, которому она соответствует. Отверстия в перфокарте оказываются расположенными настолько беспорядочно, что установить по ним номера правильных ответов практически невозможно.

Итак, одновременно с вручением опрашиваемому билета соответствующая этому билету перфокарта накладывается на поле штепсельного коммутатора и во все отверстия на перфокарте вставляются штекеры. Затем производится включение прибора (о некоторых особенностях включения будет сказано ниже). Опрашиваемый должен ознакомиться с вопросами, содержащимися в билете, для каждого из них найти правильный ответ и, заметив его номер, установить этот номер с помощью соответствующего переключателя ( $P_1—P_x$ ). Ответив таким образом на все вопросы, опрашиваемый нажимает кнопку «Оценка» на лицевой панели (на схеме кнопка  $K_n$ ).

При нажатии кнопки «Оценка» реле  $P_2$  срабатывает и становится на «самопитание» (его контакты 2—1 блокируют контакты 3 и 4 кнопки  $K_n$ ). Через контакты 2—3 этого реле напряжение  $+150$  в поступает на аноды ламп  $L_1—L_{10}$ ; на общую шину контактного поля КП через контакты 1 и 2 кнопки  $K_n$  подается импульс напряжения  $+150$  в (для некоторого замедления спада этого напряжения установлен конденсатор  $C_3$ ). Для тех вопросов, на которые были даны правильные ответы, с соответствующих переключателей поступает напряжение на управляющие электроды ламп  $L_1—L_{10}$ ; эти тиратроны загораются. Лампы  $L_1—L_{10}$ , соответствующие





*Рис. 59. Вид на панель прибора со стороны монтажа.*

вопросам, на которые были даны неверные ответы, остаются погашенными, так как на их управляющие электроды импульса положительного напряжения не поступило. По номерам и числу горящих ламп можно судить о том, на какие из вопросов даны правильные ответы и на какие вопросы опрашиваемый не ответил или ответил неверно.

Миллиамперметр ИП показывает общий анодный ток горящих ламп. Ток этот пропорционален числу горящих ламп и, в частности, максимален при правильных ответах на все вопросы билета. Шкала миллиамперметра разделена на пять частей, в соответствии с

оценками пятибалльной системы: «очень плохо», «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Деления шкалы рассчитаны таким образом, что оценку «отлично» прибор дает только при правильных ответах на все 10 вопросов билета; при 9 или 8 правильных ответах стрелка прибора останавливается на делении «хорошо»; при 7 или 6 правильных ответах — на делении «удовлетворительно»; при 5 или 4 правильных ответах автомат выдает оценку «неудовлетворительно», а в случае, если число правильных ответов меньше четырех (3, 2, 1 или 0), опрашиваемый получает оценку «очень плохо». Последняя оценка соответствует полному незнанию материала, включенного в билет. При определении верхней границы этой оценки принято во внимание то обстоятельство, что вероятность правильного ответа на каждый из вопросов равна  $\frac{1}{5}$ , и, следовательно, устанавливая каждый из переключателей наугад в одно из пяти рабочих положений, можно всегда (в среднем) из 10 ответов получить два ответа правильных.

После того как кнопка «Оценка» была нажата и реле  $P_2$  сработало, подать напряжение на электроды негорящих ламп путем изменения положений соответствующих переключателей (то есть внести поправки в ответы) уже невозможно, так как разомкнут контакт 2—2; зажженные же лампы продолжают гореть.

Для возврата прибора в исходное состояние достаточно выключить тумблер *Вк* (выключатель «Сеть» на лицевой панели).

Реле  $P_1$  и контакты *Кл* (ключ) служат для контроля правильности эксплуатации прибора опрашиваемым в случае, если последний отвечает на вопросы в отсутствие руководителя занятий. В этом случае опрашиваемый мог бы при неудовлетворительном ответе без ведома руководителя выключить прибор с помощью тумблера «Сеть» или штепсельной вилки (выдернув последнюю из сетевой розетки). При этом прибор должен вернуться в исходное положение, что позволило бы опрашиваемому повторить свои действия сначала, учитывая ошибки прошлых ответов.

Чтобы исключить возможность такого «обмана» со стороны опрашиваемого, в схеме прибора и предусмотрено устройство контроля, состоящее из реле  $P_1$  и ключа *Кл*. Для подготовки прибора к работе нужно не только включить тумблер *Вк* («Сеть»), но и замкнуть контакты *Кл*. Это делается с помощью специального ключа, который хранится у руководителя занятий. Ключ вставляется в фигурный вырез на лицевой панели и поворачивается, замыкая контакты *Кл*. При этом подается напряжение 220 в на первичную обмотку трансформатора  $Tr_1$  и начинают работать выпрямители. Срабатывает реле  $P_1$ , и его контакты  $1-1$  блокируют контакты ключа *Кл*. После этого ключ извлекается из фигурного выреза, а прибор остается включенным (горит сигнальная лампочка  $L_{12}$ ). Если опрашиваемый без ведома руководителя занятий выключит прибор, чтобы попытаться скрыть результаты своего плохого ответа, то снова включить его ему не удастся. Сделать это сможет лишь руководитель занятий при помощи ключа.

Прибор монтируется на алюминиевой панели толщиной 3 мм и размерами 300×400 мм. В верхней части панели располагаются предохранитель, выключатель «Сеть», сигнальная лампа и ключ, а также контактное поле штепсельного коммутатора. Под ними находится измерительный прибор *ИП* (типа «М-24»). Прибор зашунтирован так, чтобы отклонение стрелки на всю шкалу соответствовало току 5 ма. Под прибором в один ряд расположены лампы  $L_1-L_{10}$  (типа МТХ-90), а ниже — переключатели  $P_1-P_x$  (в два ряда по пять штук). В схеме применены переключатели типа 11П1Н. Вид на панель со стороны монтажа показан на рисунке 59.

В блоке питания применен трансформатор  $Tr_1$ , собранный на железе Ш-19, толщина набора 20 мм; обмотки: сетевая — 2200 витков провода ПЭЛ-0,15, анодная — 2000 витков прово-

да ПЭЛ-0,1, питание реле — 260 витков провода ПЭЛ-0,5, питание сигнальной лампы — 60 витков провода ПЭЛ-0,5.

Оба выпрямителя собраны на германиевых диодах типа Д7Е: анодное напряжение стабилизировано стабилитроном на лампе  $L_{11}$  типа СГ4С. Конденсаторы  $C_1$  и  $C_3$  — электролитические, на рабочее напряжение 400 в, конденсатор  $C_2$  — на рабочее напряжение 50 в.

Реле  $P_1$  и  $P_2$  — малогабаритные, типа «РЭС-6»; кнопка  $K_n$  должна иметь две независимые пары нормально открытых контактов. В качестве ключа  $K_l$  использован замок зажигания от автомобиля. В сетевую обмотку включен предохранитель на 0,5 а.

Прибор заключен в алюминиевый корпус со съемной крышкой, которая крепится двумя замками; для удобства при переноске корпус снабжен ручкой. Корпус прибора и лицевая панель окрашены молотковой эмалью серого цвета.

#### УПРОЩЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ТЕСТЕР

В педагогическом тестере, описанном выше, использованы электронные приборы (стабилитрон, тиратроны), миллиамперметр, автомобильный замок зажигания и другие детали, которые не всегда могут оказаться в распоряжении юных конструкторов; кроме того, налаживание схемы с тиратронами — кропотливое дело, с которым могут справиться лишь те, кто уже имеет достаточный опыт работы с электронными приборами.

Для тех, кому окажется не под силу изготовление такого автоматического экзаменатора, мы приводим здесь описание другой конструкции педагогического тестера, более простой, дешевой и почти не требующей налаживания. Схема этой конструкции приведена на рисунке 60, а на рисунке 61 показана ее лицевая панель. Вместо дефицитных и часто «капризных» тиратронов в этой схеме применены малогабаритные электромагнитные реле, а в качестве индикаторных ламп — указателей правильных ответов использованы низковольтные лампочки накаливания. Число вопросов, на которые должен ответить опрашиваемый, уменьшено здесь до пяти. Это позволяет исключить из схемы и миллиамперметр, так как оценка определяется числом горящих лампочек: при правильных ответах на все вопросы загораются пять лампочек, что соответствует оценке «5» («отлично»); при четырех правильных ответах загораются четыре лампочки — оценка «4» («хорошо») и т. д.

Работа с этим прибором практически проводится так же,

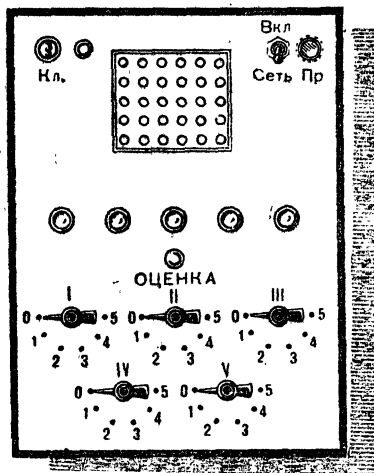


Рис. 61. Лицевая панель упрощенной модели.

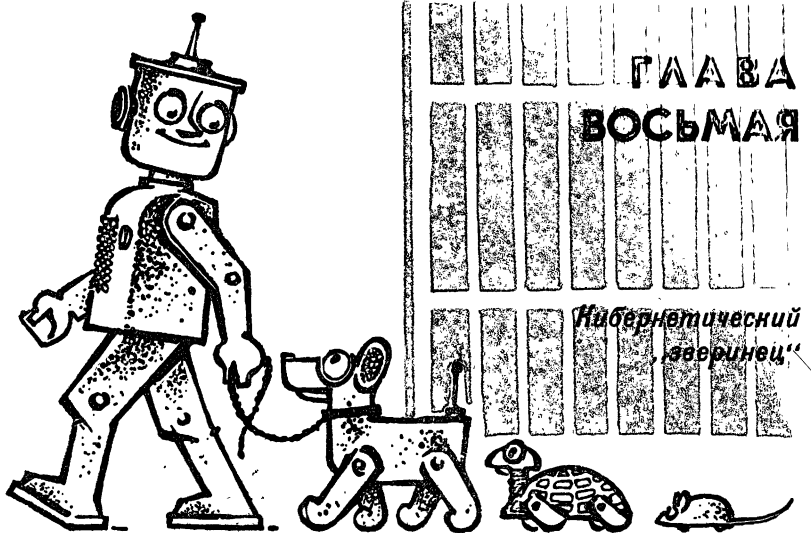
как и с тестером на тиратронах. Для подготовки прибора к работе необходимо включить тумблер  $B_k$  («Сеть») и замкнуть с помощью ключа контакты  $K_l$ . При этом срабатывает и становится на самопитание реле  $P_1$  (загорается сигнальная лампочка  $L_1$ ) и подготавливаются к включению реле  $P_2—P_6$ .

С помощью перфокарты и штеккеров, втыкаемых в гнезда контактного поля штепсельного коммутатора, задается программа правильных ответов, а затем опрашиваемый отвечает на каждый из пяти вопросов полученного билета, устанавливая в нужные положения переключатели  $\Pi_1—\Pi_v$ . После этого нажимается кнопка  $K_n$  («Оценка»), и импульс напряжения поступает через штепсельный коммутатор на переключатели  $\Pi_1—\Pi_v$ , а с переключателей — на реле  $P_2—P_6$  (если переключатели были установлены в положения, соответствующие правильным ответам). Реле  $P_2—P_6$  срабатывают, становятся на самопитание, и их нормально открытые контакты включают индикаторные лампочки  $L_2—L_6$ . Если на какие-либо из вопросов были даны неверные ответы, то на соответствующие реле напряжение не поступает, они не срабатывают и соответствующие им лампочки не загораются.

При нажатии этой кнопки напряжение поступает также на реле  $P_7$ . Это реле выбирается так, чтобы время срабатывания у него было несколько больше, чем у реле  $P_2—P_6$ . Срабатывая, это реле становится на самопитание и отключает штепсельный коммутатор от блока питания. Тем самым здесь, как и в педагогическом тестере на тиратронах, исключается возможность внесения поправок в ответы после нажатия кнопки «Оценка» ( $K_n$ ). Возвратить прибор после выдачи оценки в исходное положение можно выключением тумблера  $B_k$ .

Для постройки этого прибора необходимо иметь 7 электромагнитных реле: 6 реле ( $P_1—P_6$ ) должны иметь по два нормально открытых контакта, а седьмое ( $P_7$ ) — один переключающий контакт. Лампочки  $L_1—L_6$  — на 3,5 в, 0,28 а. Конденсатор  $C$  — электролитический, на 20 мкф, 50 в. Переключатели  $\Pi_1—\Pi_v$  — любые одноплатные, на пять рабочих положений. Наиболее удобны переключатели типа ИППН. Диоды  $D_1—D_5$  — типа ДГ-Ц24 или Д7. Они служат в качестве развязывающих элементов, препятствующих образованию ложных цепей включения тех из реле  $P_2—P_6$ , которые не сработали после нажатия кнопки «Оценка». Блок питания прибора — такой же, как у автомата, отгадывающего задуманную букву (см. гл. 2).

Ответственным узлом схемы, как и в тестере на тиратронах, является штепсельный коммутатор.



В первой главе этого сборника мы уже рассказывали о машинах-автоматах, способных обучаться, накапливать опыт и приспосабливаться к внешним условиям. Приводя примеры таких устройств, мы упоминали о кибернетических игрушках: электронных «черепахах», «собачках», «мышях» и других искусственных животных. В этой главе мы опишем некоторые из таких кибернетических моделей.

### КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ «ЛАБИРИНТ»

«Лабиринт» представляет собой компактное и сравнительно простое демонстрационное устройство, доступное для изготовления силами технических кружков школ и домов пионеров, и может служить хорошим наглядным пособием при изучении элементов автоматики и технической кибернетики.

Кибернетическая модель «Лабиринт» — это релейная схема, воспроизводящая свойства памяти и демонстрирующая работу сигнальной системы, которая выбирает и запоминает кратчайший путь к любой заданной точке. В этом устройстве

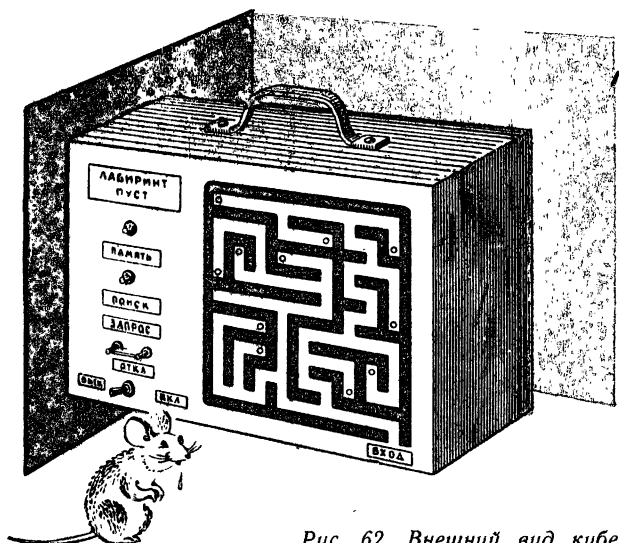


Рис. 62. Внешний вид кибернетической модели «Лабиринт».

световой луч выполняет те же действия, что и «мышь» в описанной в первой главе кибернетической модели Клода Шеннона «Мышь в лабиринте».

Модель имеет вид небольшого чемодана, на передней стенке которого размещен лабиринт с одним входом и двенадцатью тупиками, а слева от лабиринта — пульт управления (рис. 62). В любой из тупиков можно поместить «сало» — штепсельный штеккер (для этого в каждом тупике имеется специальное гнездо). После включения тумблера «Запрос» и нажатия кнопки «Поиск» программное устройство модели приступает к поиску «сала». Световой луч начинает быстро обходить все проходы и тупики лабиринта, пока не попадет туда, где находится «сало». Как только это произойдет, дальнейший поиск прекращается и звуковой сигнал (звонок) оповещает о том, что «сало» найдено. При этом кратчайшая дорога от входа в лабиринт к тому тупику, где оно находится, остается освещенной световым лучом. Если теперь выключить тумблер запроса, то звуковой сигнал и освещение дороги к «салу» в лабиринте будут отключены, но запоминающее устройство модели «запомнит» эту кратчайшую дорогу, информация о ней может храниться в памяти модели в течение нескольких десятков секунд. На протяжении этого времени при повторных запросах (включении тумблера «За-

прос») световой луч сразу же без повторного поиска указывает дорогу, которую «запомнила» модель.

Если, не помещая «сало» ни в один из тупиков лабиринта, заставить модель искать его (нажатием кнопки «Поиск»), световой луч обойдет все проходы и тупики и, не найдя «сала», погаснет. На пульте управления вспыхивает табло «Лабиринт пуст». Информация об этом также запоминается «памятью» модели, и при повторных запросах она уже отка-  
зывается от поиска, включая табло.

Продолжительность действия «памяти» модели можно регулировать, устанавливая ее в пределах от 1 до 60 секунд. На пульте управления имеется сигнальная лампочка «Память», которая светится только в том случае, если модель «помнит» результат своих поисков.

Принципиальная схема модели приведена на рисунке 63. Модель состоит из программного и запоминающего устройств, исполнительной ламповой схемы, реле времени, определяющего время действия «памяти», и блока питания.

Программное устройство и «память» модели построены на нейтральных электромагнитных реле двух типов: 1) реле  $A_i$  ( $i$  — порядковый номер реле), имеющих по два нормально открытых контакта; один контакт  $a_i$  используется для задания программы поиска, другой контакт  $\alpha_i$  служит для включения подсвета светового луча в лабиринте; 2) реле  $B_i$ , используемых в запоминающем устройстве; они имеют по одному нормально открытому контакту  $b_i$  (контакт самопитания) и по одному переключающему контакту  $\beta_i$ .

Точка поиска задается помещением «сала» (штеккера) в любой из 12 тупиков. При этом происходит переключение соответствующего этому тупику переключателя  $T_i$  из правого положения (сплошная линия на рис. 63) в левое положение (пунктирная линия на этом же рисунке). Для осуществления поиска включается тумблер «Запрос» и затем нажимается кнопка «Поиск». Далее действие элементов схемы происходит в следующем порядке:

1. Срабатывает реле  $B_0$ , и замыкаются его контакты  $b_0$  и  $\beta_0$ ; благодаря включению контакта самопитания  $b_0$  реле  $B_0$  остается включенным даже после отпускания кнопки «Поиск»; при замыкании контакта  $\beta_0$  включается реле программы  $A_1$ .

2. Реле  $A_1$  срабатывает, замыкаются его контакты  $\alpha_1$  и  $a_1$ , контакт  $\alpha_1$  включает лампы  $L_1$  подсвета первой секции лабиринта (рис. 64); контакт  $a_1$  включает реле программы  $A_2$ .

3. Реле  $A_2$  срабатывает, и замыкаются его контакты  $\alpha_2$  и  $a_2$ ; контакт  $\alpha_2$  включает лампы  $L_2$  подсвета второй секции лабиринта; контакт  $a_2$  включает реле программы  $A_3$ .



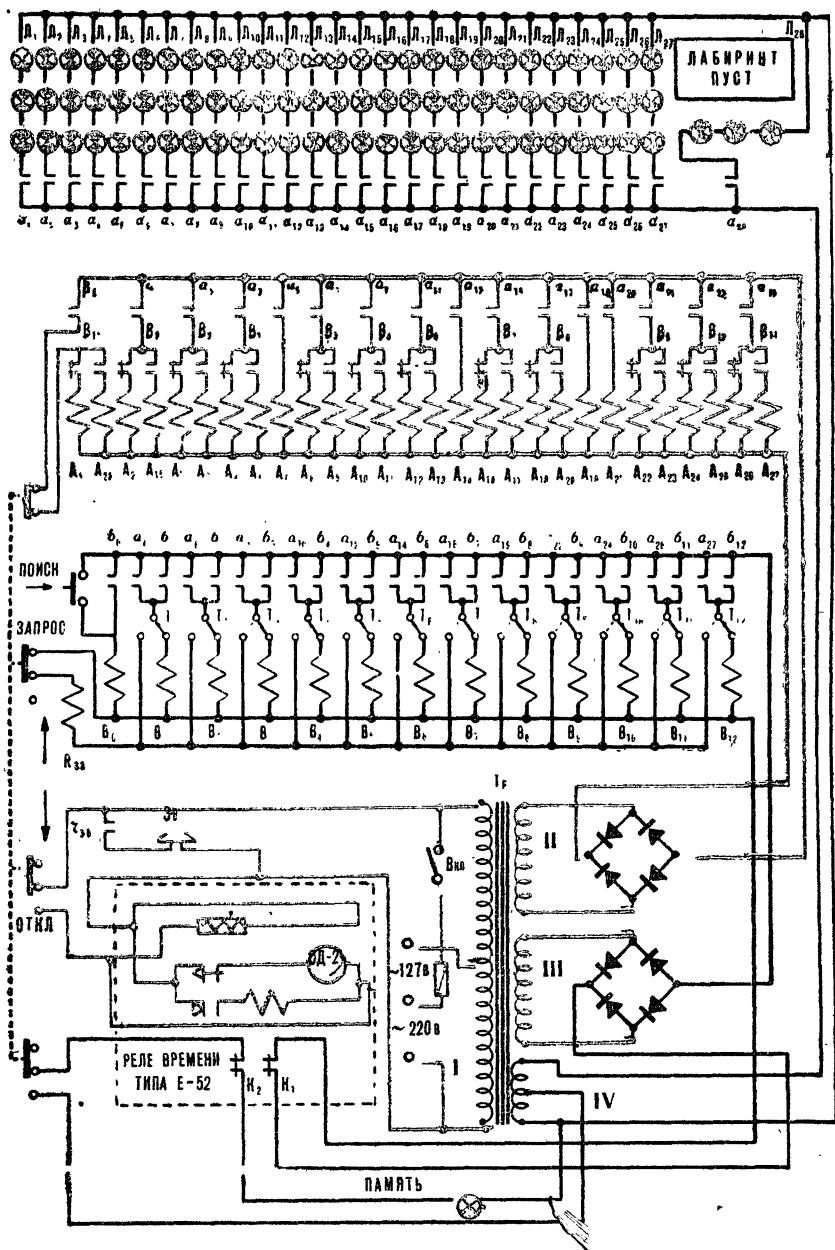


Рис. 63. Схема модели «Лабиринт».

4. Реле  $A_3$  срабатывает, и замыкаются его контакты  $\alpha_3$  и  $\alpha_3$ ; контакт  $\alpha_3$  включает лампы  $L_3$  подсвета третьей секции лабиринта; контакт  $\alpha_3$  включает реле программы  $A_4$ .

5. Реле  $A_4$  срабатывает, замыкаются его контакты  $\alpha_4$  и  $\alpha_4$ ; контакт  $\alpha_4$  включает лампы  $L_4$  подсвета четвертой секции лабиринта, содержащей тупик  $T_1$ . Далее контакт  $\alpha_4$  включает одну из двух цепей:

а) если «сало» было помещено в тупике четвертой секции лабиринта, то переключатель  $T_1$  находится в левом положении, поэтому контакт  $\alpha_4$  включает цепь питания катушки реле  $P_{зв}$ ; это реле срабатывает, и его контакт  $\Upsilon_{зв}$  включает звонок, возвещающий о том, что «сало» найдено; лампы подсвета секций 1, 2, 3, 4 указывают дорогу к заданной точке — тупику  $T_1$ ; дальнейший поиск прекращается;

б) если задана какая-либо другая точка лабиринта, то переключатель  $T_1$  находится в правом положении; в этом случае контакт  $\alpha_4$  включает реле памяти  $B_1$ , и поиск продолжается.

6. Срабатывает реле памяти  $B_1$  (модель «запоминает», что в тупике  $T_1$  «сала» нет), включается его контакт самопитания  $b_1$ ; контакт  $\beta_1$  этого реле переключается, размыкая цепь катушки реле  $A_4$  и включая катушку реле программы  $A_5$ .

7. Реле программы  $A_4$  отключается; его контакт  $\alpha_4$  выключает лампы подсвета четвертой секции лабиринта; контакт  $\alpha_4$  размыкается (но ток через катушку реле  $B_1$  продолжает проходить через замкнутый контакт самопитания  $b_1$ ).

8. Срабатывает реле  $A_5$ , и замыкаются его контакты  $\alpha_5$  и  $\alpha_5$ . Контакт  $\alpha_5$  включает лампы  $L_5$  подсвета пятой секции лабиринта; контакт  $\alpha_5$  включает реле программы  $A_6$ .

9. Реле  $A_6$  срабатывает, и замыкаются его контакты  $\alpha_6$  и  $\alpha_6$ . Контакт  $\alpha_6$  включает лампы  $L_6$  подсвета шестой секции лабиринта, содержащей тупик  $T_2$ . Далее контакт  $\alpha_6$  включает одну из двух цепей:

а) если «сало» было помещено в тупике шестой секции лабиринта, то переключатель  $T_2$  находится в левом положении, поэтому контакт включает цепь питания катушки реле  $P_{зв}$ ; это реле срабатывает, и его контакт  $\Upsilon_{зв}$  включает звонок, возвещающий о том, что «сало» найдено; лампы подсвета секций 1, 2, 3, 5 и 6 указывают дорогу к заданной точке — тупику  $T_2$ ; дальнейший поиск прекращается;

б) если задана какая-либо из последующих точек лабиринта, то переключатель  $T_2$  находится в правом положении; в этом случае контакт  $\alpha_6$  включает реле памяти  $B_2$ , модель «запоминает», что «сала» в тупике  $T_2$  нет, и поиск продолжается.

Далее продолжение поиска осуществляется описанным выше способом, причем программное устройство включает и отключает последовательно лампы подсвета все новых секций лабиринта до тех пор, пока «сало» не будет найдено в одном из тупиков.

Если «сало» не было помещено ни в один из тупиков, то все переключатели  $T_1$  находятся в правом положении. В этом случае в результате поисков «сало» не будет найдено и все 12 реле памяти  $B_1 — B_{12}$  сработают. Когда сработает последнее реле памяти  $B_{12}$ , его контакт  $\beta_{12}$  отключает реле программы  $A_1$  и включает реле  $A_{28}$ .

Отключение обмотки реле  $A_1$  ведет к последовательному отключению катушек реле  $A_{15}, A_{17}, A_{20}, A_{21}, A_{23}, A_{25}$  и  $A_{27}$ , так как каждое из этих реле подключается к источнику тока через контакт  $\alpha_i$  предыдущего реле. Отключение указанных реле программы вызывает размыкание их контактов  $\alpha_1, \alpha_{15}, \alpha_{17}, \alpha_{20}, \alpha_{21}, \alpha_{23}, \alpha_{25}, \alpha_{27}$ . Лампы подсвета соответствующих секций лабиринта гаснут.

Одновременно с этим срабатывает реле программы  $A_{28}$ , и его контакт  $\alpha_{23}$  включает лампы  $L_{28}$  табло «Лабиринт пуст».

Нажатием тумблера «Запрос» после того, как «сало» найдено, или после включения табло «Лабиринт пуст», мы переводим четыре подвижных контакта этого тумблера в нижнее положение. При этом происходит следующее:

1. Размыкается цепь питания катушки реле программы  $A_1$  или  $A_{28}$  (в зависимости от того, какая из них была включена). В первом случае последовательно, одно за другим отключаются и остальные реле программы, оставшиеся включенными после поиска, размыкаются их контакты  $\alpha_i$  и подсвет дороги к «салу» гаснет. Во втором случае размыкается контакт  $\alpha_{28}$ , и гаснет подсвет табло «Лабиринт пуст».

2. Размыкается цепь питания катушки реле  $P_{3B}$ , и его контакт  $r_{3B}$  отключает звонок.

3. Включается реле времени; если далее на протяжении отрезка времени, определяемого выдержкой этого реле, тумблер «Запрос» не будет переведен в верхнее положение, оно сработает, и его контакт  $K_1$  разомкнет цепь питания всех реле памяти  $B_i$  — модель «забывает» хранившуюся в запоминающем устройстве информацию.

4. Замыкается цепь сигнальной лампы «Память», которая подключена к источнику тока через контакт  $K_2$  реле времени. Лампа светится лишь до тех пор, пока не сработает реле времени: при срабатывании этого реле контакт  $K_2$  размыкается и лампа «Память» гаснет.

Для повторного запроса тумблер «Запрос» переводится

в верхнее положение. Если это было сделано до истечения времени действия «памяти» (то есть до того, как сработало реле времени), то:

1) включается реле программы  $A_1$ , а за ним все остальные реле  $A_i$ , оставшиеся включенными после поиска; их контакты включают подсвет дороги к «салу» (при пустом лабиринте срабатывает только реле  $A_{28}$ , и его контактный  $\alpha_{28}$  включает табло «Лабиринт пуст»);

2) включается катушка реле  $P_{зв}$ , и его контакт  $r_{ш}$  включает звонок (при пустом лабиринте, разумеется, этого не происходит);

3) реле времени отключается;

4) отключается сигнальная лампочка «Память».

Если же запрос (перевод тумблера в верхнее положение) сделан уже после того, как сработало реле времени, и, следовательно, все реле памяти  $B_i$  отключены, то ни одно из реле программы  $A_i$  не сработает (разомкнут контакт  $\beta_0$ ); не будет включаться и звонок. Поиск должен быть осуществлен сначала, для чего следует нажать кнопку «Поиск».

Основными элементами в схеме модели являются электромагнитные реле. В данной модели могут быть использованы реле любого типа, нужно лишь, чтобы они имели требуемые по схеме контактные группы. Однако желательно применение малогабаритных реле с целью уменьшения размеров и веса модели. Кроме того, следует учесть, что потребляемая катушками реле мощность определяет данные блока питания — трансформатора и выпрямителя.

В предлагаемой конструкции были применены: в схеме программы — реле типа «РСМ-1» (реле  $A_i$ ), в схеме «памяти» — реле типа «РКН» (реле  $B_i$ ). Использование двух разных типов реле, рассчитанных на разные рабочие напряжения, потребовало некоторого усложнения блока питания модели: отдельные выпрямители понадобились для питания катушек реле программы (24 в) и реле «памяти» (12 в).

Трансформатор блока питания собран из пластин типа Ш-32, толщина набора 35 мм. Сетевая обмотка содержит 1290 витков провода ПЭ-0,5 с отводом от 745-го витка (для напряжений сети 127 и 220 в). Обмотка II (выпрямителя схемы программы) имеет 150 витков провода ПЭ-0,5; обмотка III (выпрямителя схемы «памяти») — 60 витков провода ПЭ-0,5; обмотка IV (накал ламп подсвета в лабиринте) — 62 витка провода ПЭ-1,2 с отводом от 20-го витка (3,5 в для питания цепи сигнальной лампочки «Память»). Выпрямление тока осуществляется селеновыми столбиками «АВС-60-38-Ж».

«Лабиринт» представляет собой панель из текстолита

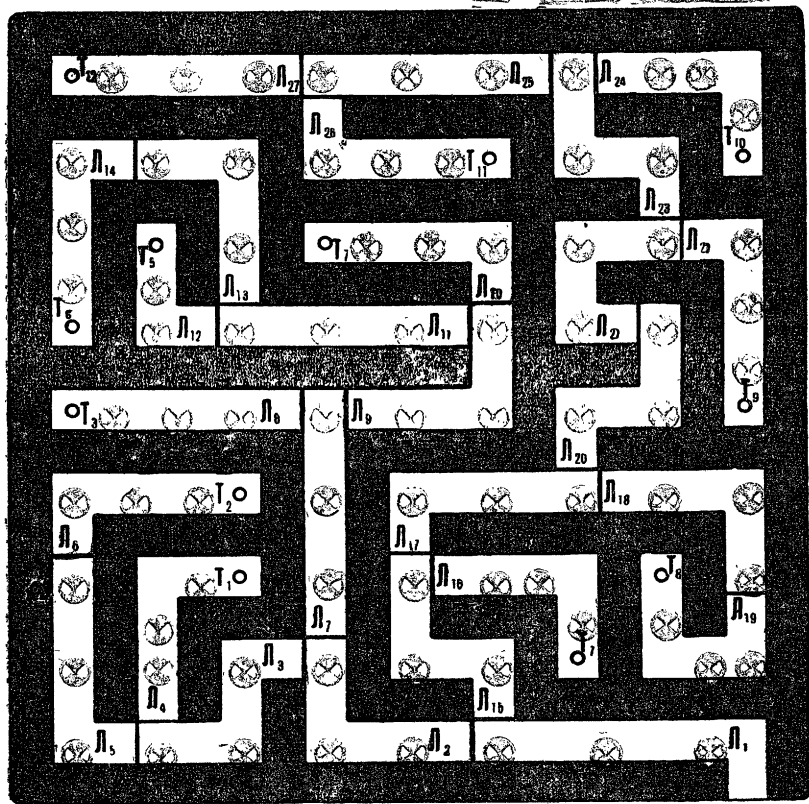


Рис. 64. Схема размещения групп ламп, подсвета в секциях «Лабиринта».

(можно применить и фанеру) размером  $250 \times 250$  мм. К панели прикреплены перегородки, изготовленные из деревянных брусков. В проходах между ними просверлены отверстия, в которых располагаются лампы подсвета в соответствии с рисунком 64. Секции «Лабиринта» отделены одна от другой

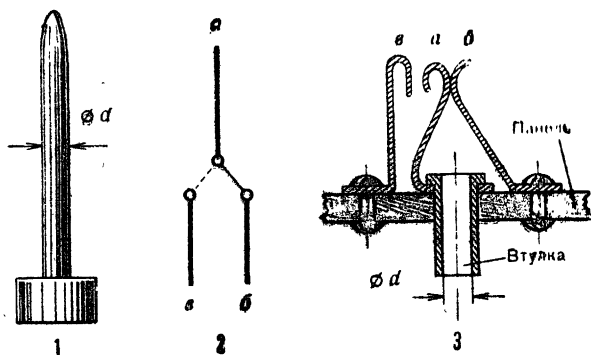


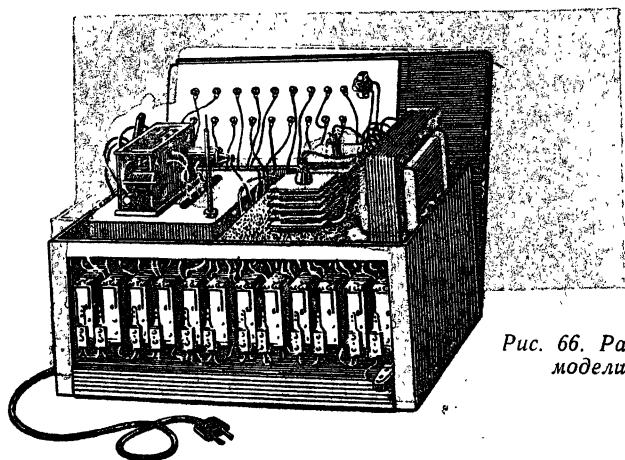
Рис. 65. Устройство переключателей Т:  
1 — штеккер, 2 — схема контактов переключателя,  
3 — расположение контактов на панели: а, б, в — контакты.

перегородками. В каждой секции размещается группа, состоящая из трех ламп 3,5 в, 0,28 а, включенных последовательно (в секции 12 места для третьей лампы не хватает, она укреплена позади лабиринта). Таким образом, для питания каждой группы ламп подсвета требуется напряжение 10,5 в, обеспечиваемое обмоткой IV трансформатора питания.

В каждом тупике лабиринта расположены втулка и пружинные контакты переключателя Т<sub>1</sub>. Конструкция контактов ясна из рисунка 65. Их можно изготовить из фосфористой бронзы. Сверху лабиринт прикрыт калькой и органическим стеклом. На кальке черной тушью наведены перегородки лабиринта, а в оргстекле над отверстиями втулок высверлены гнезда, так что при помещении штеккера в какое-либо гнездо он проходит через втулку и производит переключение соответствующих этому гнезду контактов.

Для ограничения времени действия «памяти» в модели применено стандартное реле времени типа «Е-52». Применение его позволяет регулировать выдержку времени в пределах от 1 до 60 секунд. При отсутствии такого реле времени можно применить любое другое реле как заводского изготовления, так и самодельное.

Конструктивно программное и запоминающее устройства вместе с реле времени и блоком питания размещены на металлическом шасси размером 290×150×190 мм (рис. 66). Все электромагнитные реле укреплены в подвале шасси; сверху находятся трансформатор, выпрямители, реле време-



*Рис. 66. Размещение узлов модели на шасси.*

ни и звонок. Взаимное расположение узлов модели на шасси не играет существенной роли, важно лишь предусмотреть возможность свободного доступа к любому элементу схемы.

Узлы модели, расположенные на шасси, связаны с лабиринтом и пультом управления, находящимися на передней стенке футляра, при помощи многожильного гибкого кабеля.

Собранная модель не нуждается в наладивании. Если все монтажные соединения выполнены правильно, она сразу же начинает работать.

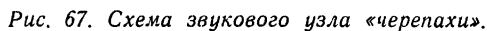
При отсутствии достаточного количества электромагнитных реле (их в описанной конструкции нужно 42) можно ограничиться меньшим их количеством, уменьшив число секций и тупиков в лабиринте и изменив в соответствии с этим форму и расположение перегородок. Можно и, наоборот, усложнить лабиринт (если электромагнитные реле имеются в избытке). Для этого нужно добавить новые перегородки и тупики, одновременно увеличив число реле — ячеек программы и «памяти».

### **КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ «ЧЕРЕПАХА»**

Эта кибернетическая игрушка питается от трех батареек для карманного фонаря; такого комплекта хватает на три часа непрерывной работы. «Черепашка» выполняет следующие операции: при включении питания работает ведущий двигатель, и она идет прямо вперед; если при своем движении «черепашка» ударяется о препятствие, она отступает назад, и

«Черепашка» может вырабатывать условный рефлекс. Для этого при ее столкновении с препятствием надо подать свисток; тогда механизм модели как бы запоминает, что препятствие встречается на пути после предупредительного свистка, и при следующем свистке «черепашка» уже не останавливается, а сворачивает от воображаемого препятствия.

Наиболее сложным является узел звука, который состоит из двух частей: собственно звукового реле и электронного реле времени, определяющего время остановки «черепахи». Звуковое реле (рис. 67) собрано на четырех транзисторах типа П14 и работает следующим образом: сигналы с микрофона поступают на первый каскад усилителя напряжения





звуковой частоты. Он собран по обычной схеме с заземленным эмиттером.

Усиленные сигналы поступают на следующий каскад, выполненный на транзисторе  $T_2$ . В коллекторную цепь этого каскада включен резонансный контур, составленный из индуктивности и конденсатора  $C_3$ . Этот контур настроен на частоту 800 гц, благодаря чему усиление каскада будет наибольшим на частотах 600 — 1000 гц. Это необходимо для того, чтобы «черепаха» не реагировала на собственные шумы, частота которых лежит в пределах 50 — 200 гц.

Последний каскад усиления по напряжению собран на транзисторе  $T_3$ . В коллектор этого транзистора включен выходной трансформатор, первичная обмотка которого также настраивается на частоту 800 гц при помощи конденсатора  $C_5$ . Переменное напряжение, снимаемое со вторичной обмотки трансформатора, выпрямляется мостиковым выпрямителем, собранным на полупроводниковых диодах.

Выпрямленное напряжение в отрицательной полярности

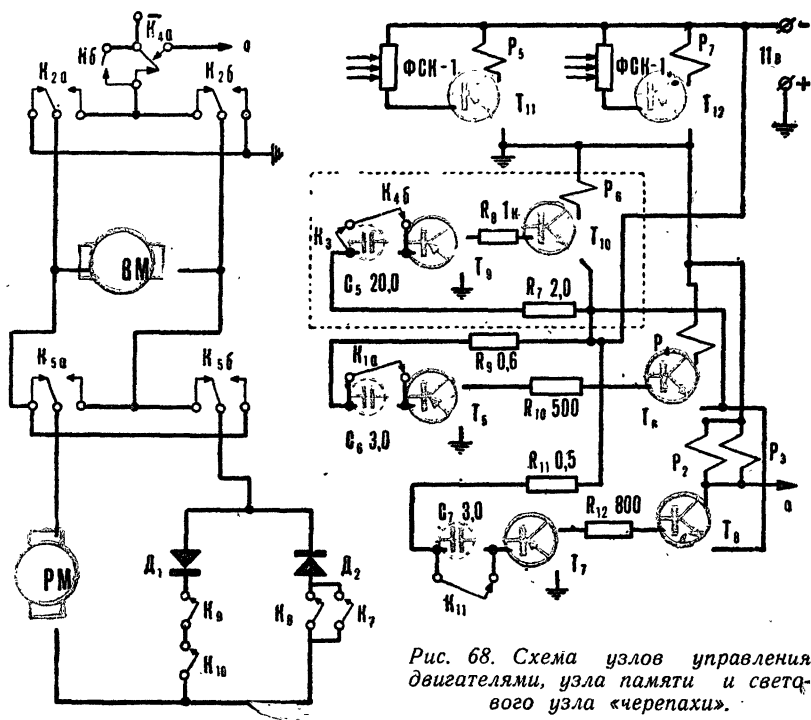


Рис. 68. Схема узлов управления двигателями, узла памяти и светового узла «черепахи».

поступает на базу транзистора  $T_4$ , в коллекторную цепь которого включено исполнительное реле. При возрастании отрицательного потенциала на базе этого транзистора коллекторный ток его резко увеличивается, и реле срабатывает. Контакты  $K_1$  приводят в действие транзисторное реле времени, собранное на транзисторах  $T_5$  и  $T_6$  (рис. 68). Реле времени представляет собой двухкаскадный усилитель постоянного тока на транзисторах прямой и обратной проводимости с большим коэффициентом усиления.

База первого каскада соединена с минусом источника питания через  $R$  — С-цепочку. Когда конденсатор  $C_6$  разряжен, на базе транзистора  $T_5$  отсутствует напряжение смещения и ток коллектора мал. Кратковременное замыкание накоротко конденсатора  $C_6$  контактами  $K_{1a}$  при срабатывании реле  $P_1$  вызывает увеличение коллекторного тока первого каскада. Это увеличение, в свою очередь, вызывает срабатывание реле, включенного в коллектор второго транзистора. Контакты реле  $P_4$  будут оставаться замкнутыми до тех пор, пока конденсатор не разрядится через сопротивление  $R_9$  и участок база-эмиттер первого каскада. Время выдержки зависит от величины конденсатора  $C_6$ , сопротивления  $R_9$  и коэффициента усиления примененных транзисторов.

Реле  $P_4$  имеет две пары контактов: одна пара нормально закрытых, а другая — открытых. Нормально закрытые контакты  $K_{4a}$  включают цепь питания моторов, а нормально открытые контакты  $K_{4b}$  работают в логической схеме совпадений «И», совместно с контактами  $K_3$  включая «память» «черепахи». Таким образом, при свистке «черепаха» останавливается на несколько секунд.

При столкновении с препятствием срабатывают контакты  $K_{11}$ , связанные с буферами. Они закорачивают конденсатор  $C_7$  и тем самым включают реле времени, выполненное на транзисторах  $T_7$  и  $T_8$ . Работа этой схемы аналогична вышеописанной и пояснений не требует. В коллектор транзистора  $T_8$  включены два электромеханических реле:  $P_2$  и  $P_3$ . Реле  $P_2$  реверсирует ведущий и поворотный двигатели — «черепаха» движется назад и поворачивает в сторону. Поворот происходит следующим образом: при ходе вперед ток через поворотный мотор не идет, так как диод  $D_1$  включен в запирающем направлении. При срабатывании реле  $P_2$  полярность питающего двигателя напряжения меняется и диод  $D_1$  проводит ток. Поворотный мотор начинает вращаться и перемещает кулачок, связанный с его осью. Кулачок через систему рычагов поворачивает переднее колесо. В конце хода кулачка установлен упорный контакт  $K_9$ , который выключает пита-

ние двигателя. Рулевой механизм имеет три таких упорных контакта, два из которых ( $K_9$  и  $K_{10}$ ) поставлены в крайних положениях кулачка и один в среднем ( $K_8$ ), когда «черепаха» идет прямо. Как только реле  $P_2$  отпустит якорь, полярность питающего двигателя напряжения вновь изменится, и ток пойдет по цепи: диод  $D_2$  — замкнутый контакт  $K_8$  — поворотный мотор ПМ, до тех пор, пока кулачок не разомкнет контакт  $K_8$ . Реле  $P_3$  работает в логической схеме совпадений «И» для включения электронной «памяти».

«Память» «черепахи» представляет собой электронное реле времени, работа которого рассчитана на 40—60 секунд. Срабатывает оно только тогда, когда столкновение с преградой и звук (свист) происходят одновременно, то есть когда контакты  $K_3$  и  $K_{46}$  оба замкнуты и закорачивают конденсатор  $C_5$ . Реле  $P_6$  контактами  $K_6$  блокирует цепь питания двигателей. Теперь при подаче свистка «черепаха» не будет останавливаться, а пойдет назад, так как реле  $P_2$  и  $P_3$  срабатывают через контакты  $K_{4a}$ , а питание моторов заблокировано.

На свет «черепаха» реагирует благодаря фотосопротивлениям, которые подключены к усилителям постоянного тока на транзисторах  $T_{11}$  и  $T_{12}$ . При освещении фотосопротивления ярким светом отрицательный потенциал на базе того или другого транзистора увеличивается, что приводит к срабатыванию реле  $P_5$  или  $P_7$ . Контакты реле  $P_7$  включены параллельно контактам  $K_8$ , то есть к упорным контактам рулевого механизма, и при их замыкании «черепаха» начинает двигаться влево. При срабатывании реле  $P_5$  меняется полярность питания рулевого мотора, диод  $D_1$  проводит ток в прямом направлении, и «черепаха» движется вправо.

«Черепаха» смонтирована на шасси эллиптической формы размерами  $240 \times 180 \times 3$  мм. Размещение моторов, батарей питания, двигателей и электронных блоков показано на рисунках 69, 70, 71.

В качестве привода использованы малогабаритные двигатели постоянного тока типа «ДИП-1», которые потребляют небольшую мощность и развивают усилие, достаточное для движения игрушки и поворота ее. Ведущий мотор передает

вращение на колесо через червячный редуктор с замедлением 1 : 30, червячная шестерня имеет непосредственное сцепление с колесом. Необходимо отметить, что механические работы должны быть выполнены очень тщательно: пе-



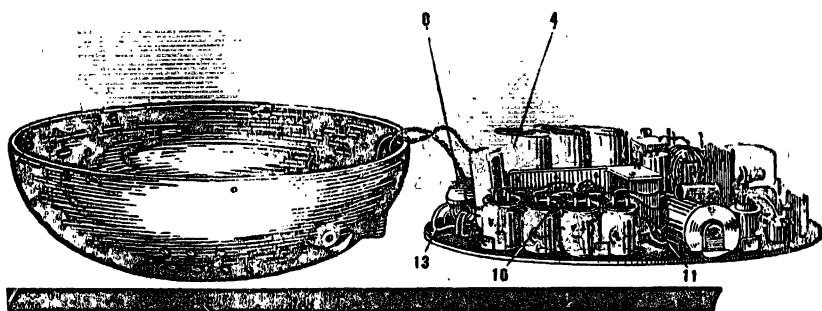


Рис. 69. «Черепaha» со снятым «панцирем» (вид слева).

редачи от двигателей должны легко вращаться и не иметь люфтов, колеса желательно укрепить в миниатюрных подшипниках и т. д.

Транзисторы  $T_6$ ,  $T_8$ ,  $T_{10}$  — обратной проводимости, типа П8 или П101, остальные — типа П13 или П14. Транзисторы подбираются с малым начальным током коллектора и усилением не менее 20. Сопротивления и конденсаторы — малогабаритные. Реле  $P_7$  и  $P_3$  — миниатюрные, типа РЭС-9, реле  $P_2$ ,  $P_5$  и  $P_6$  — также типа РЭС-9, а реле  $P_1$  — типа РЭС-10.

Все реле подвергаются переделке: ослабляются пружины, приближаются контакты для того, чтобы уменьшить ток срабатывания и понизить напряжение питания. После переделки ток срабатывания уменьшается в 2,5 раза. Эту операцию также нужно производить с достаточной тщательностью и аккуратностью. Для устранения помех от двигателей звуковой

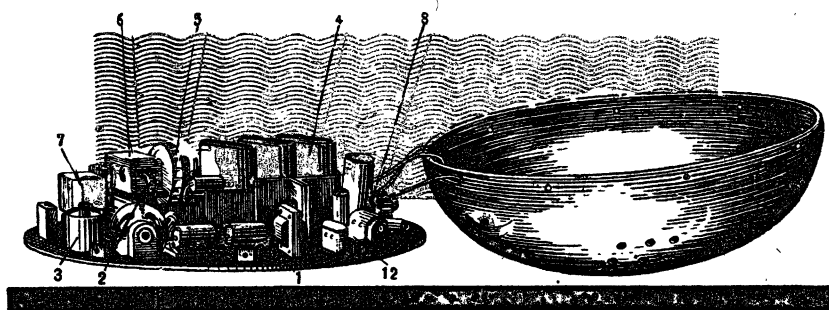


Рис. 70. «Черепaha» со снятым «панцирем» (вид справа).

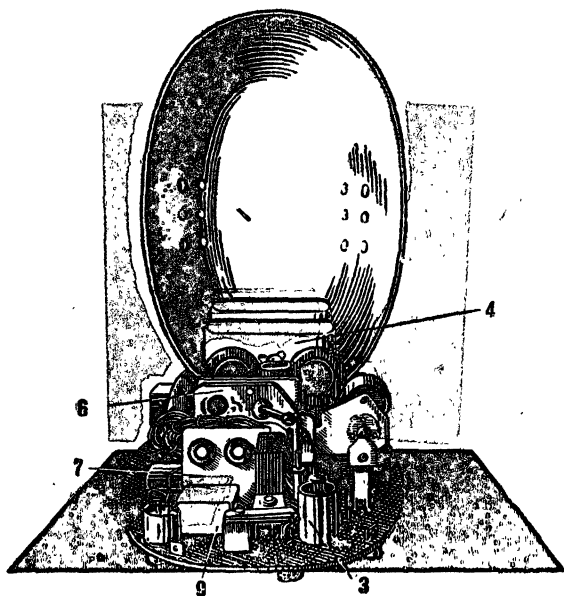


Рис. 71. «Черепаша» со снятым «панцирем» (вид сзади).

узел питается от трех последовательно включённых аккумуляторов типа «Д-0,06». Эти аккумуляторы помещаются в самодельную кассету с выводами для подзарядки.

Электролитические конденсаторы должны быть подобраны с небольшим током утечки. Микрофон — капсюль типа «ДЭМШ». Трансформатор имеет сердечник сечением  $1 \text{ см}^2$ . Данные его обмоток: первичная — 500 витков ПЭ-0,1; вторичная — 150 витков ПЭ-0,18.

#### Н а л а ж и в а н и е

«Черепашки» начина-

ют с настройки звукового узла. Подключают питание и на вход подают сигнал от звукового генератора с частотой 900 гц и амплитудой 5 мв. Подбором емкостей конденсаторов  $C_3$  и  $C_5$  добиваются срабатывания реле на этой частоте. Если срабатывание происходит при сигнале большем, чем 15 мв, следует применить транзисторы с большим коэффициентом усиления.

Затем приступают к налаживанию реле времени на транзисторах  $T_5$  и  $T_6$ . Для этого замыкают конденсатор  $C_6$  накоротко, а в цепь коллектора последовательно с реле



Рис. 72. Общий вид «черепашки».

включают миллиамперметр. При замыкании  $C_2$  ток коллектора возрастает до 20 - 25 *ма* и затем плавно уменьшается до 1—3 *ма*. Если значение тока при полном разряде конденсатора будет более 5 *ма*, то следует сменить транзистор  $T_1$  на другой, с меньшим начальным током коллектора, или выбрать электролитический конденсатор с малой утечкой. Время остановки «черепахи» регулируется сопротивлением  $R_2$  и составляет 4—5 секунд. Остальные реле времени регулируются точно так же. Фотореле в регулировке не нуждаются, необходимо лишь использовать транзисторы с достаточно большим коэффициентом усиления.

Общий вид «черепахи» приведен на рисунке 72.

### ЭЛЕКТРОННАЯ «СОБАЧКА» С АКУСТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

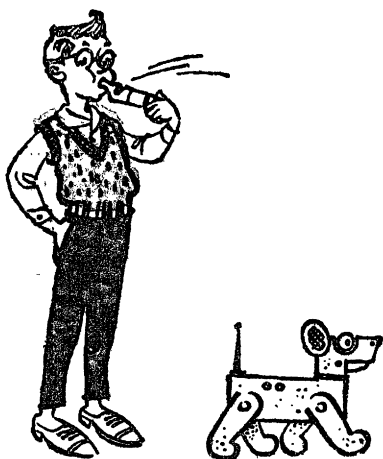
Мы назвали эту кибернетическую игрушку «собачкой», так как она выполняет команды, поданные голосом или свистком. Если подать один звуковой сигнал, например свисток, то она начинает движение вперед. При следующем свистке она движется назад. Еще свисток — и «собачка» сворачивает направо, опять свисток — идет налево. При пятом свистке она снова останавливается.

Своим поведением эта модель напоминает дрессированное животное, выполняющее команды человека. Она может направиться в любую сторону, куда ей скомандуют. Например, для того чтобы «собачка» пошла влево, нужно подать четыре свистка или громко и четко произнести четыре слова («Прошу тебя повернуть налево»). Теперь, чтобы повернуть «собачку» направо, нужен еще один сигнал (свисток или команда «Направо»).

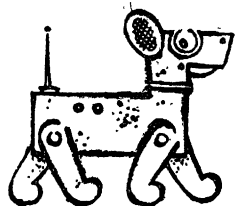
Для питания схемы используется цепь переменного тока (сеть).

Схема электронной «собачки» показана на рисунке 73.

Основной частью схемы является звуковое реле. Оно собрано на двух пентодах сверхминиатюрной серии ти-



на 6Ж1Б. Сигналы с микрофона поступают на первый каскад, выполненный на лампе  $L_1$ . Отрицательное смещение, необходимое для нормальной работы электронной лампы, получено не за счет падения напряжения на катодном сопротивлении, а за счет протекания сеточного тока через сопротивления утечки сетки большой величины (8 Мом).



Собственные шумы модели (вибрация двигателей, шум редуктора) лежат в пределах 50—200 гц. Чтобы эти помехи не проникали на выход усилителя и не вызывали ложного срабатывания реле, в анодную цепь лампы каскада параллельно нагрузочному сопротивлению подключен конденсатор  $C_1$  величиной 2000 пф, который создает подъем в области средних частот (200—1500 гц) и завал низких и высоких частот звукового диапазона. Таким образом, паразитные шумы значительно ослабляются, а управляющие звуки (человеческий голос, свистки), частота которых лежит в пределах 200—1000 гц, усиливаются и поступают на следующий каскад.

Конечный каскад выполнен на пентоде в триодном включении: все сетки, кроме управляющей, соединены с анодом. В анодную цепь лампы включен трансформатор  $Tr_1$ . Конденсатор  $C_2$  вместе с первичной обмоткой трансформатора образует колебательный контур, настроенный на частоту 800 гц. Для частот 600 — 1100 гц этот контур представляет большое сопротивление, а коэффициент усиления каскада зависит от величины сопротивления, включенного в анодную цепь лампы. Частоты 600—1100 гц усиливаются во втором каскаде значительно сильнее, чем остальные. Это необходимо для устранения помех, которые не удалось полностью подавить в первом каскаде.

Частотная характеристика нашего усилителя, показывающая, во сколько раз отличается усиление на частоте 1000 гц от усиления других частот, показана на графике (рис. 74). По горизонтали откладывается значение частоты, а по вертикали — усиление. Из графика видно, что усиление на частоте 1000 гц значительно больше усиления на частотах 100—200 гц. Следовательно, каскады усиления звукового реле очень хорошо будут усиливать свистки (частота 800—1000 гц), немного слабее — человеческий голос (200—500 гц) и совсем слабо — шумы двигателя, шестерен и колес (50—200 гц).

Сигналы, снимаемые со вторичной обмотки трансформатора, выпрямляются полупроводниковым диодом и подаются

на обмотку высокочувствительного реле  $P_1$  (использовано поляризованное реле). Параллельно обмотке реле включен электролитический конденсатор  $C_3$ , который сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Величина этого конденсатора подбирается таким образом, чтобы обеспечить одно срабатывание реле на каждое слово команды, произнесенное четко и раздельно (или на каждый свисток).

Контакты реле  $P_1$  включают шаговый искатель  $ШИ$ , который, в свою очередь, приводит в действие исполнительное реле.

В положении 1 шагового искателя включено реле  $P_3$ , цепь питания ведущего двигателя выключена, «собачка» стоит на месте.

При одном звуковом сигнале  $ШИ$  переключается в поло-

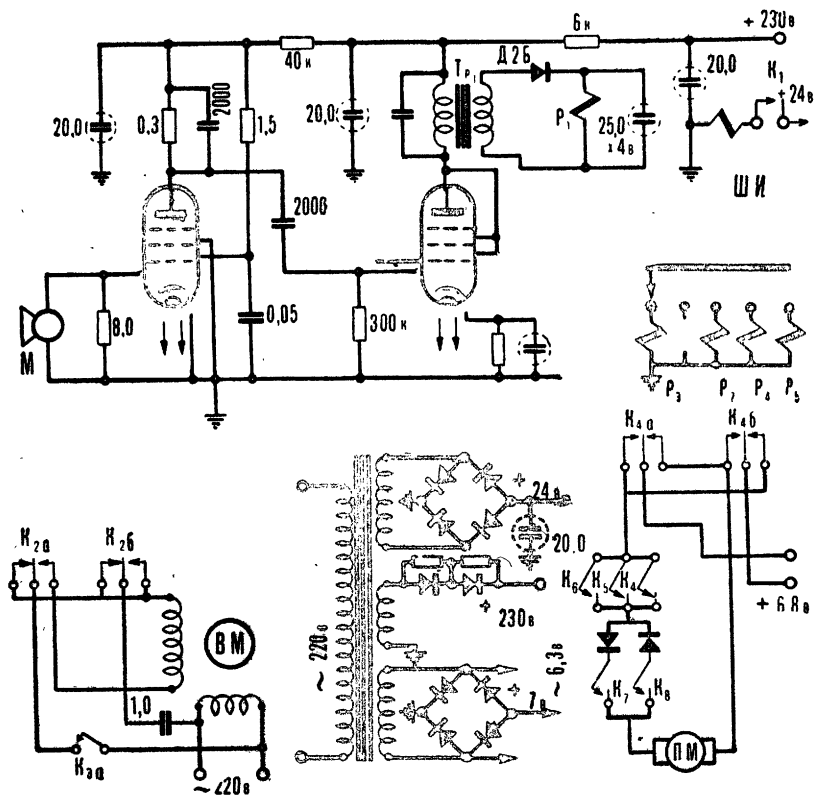


Рис. 73. Схема узлов электронной «собачки».



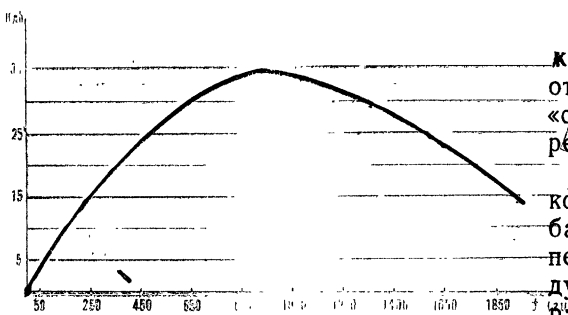


Рис. 74. Частотная характеристика усилителя.

жение. 2. реле  $P_3$  отпускает контакты, «собачка» идет вперед.

При втором звуковом сигнале срабатывает реле  $P_2$ , переключающее ведущий мотор на обратный ход. В положении 4 ШИ включается мотор рулевого механизма контактами  $K_4$  реле  $P_4$ , «собачка» продолжает двигаться вперед и одновременно поворачивает вправо. В последнем положении 5 срабатывает реле  $P_5$ , изменяющее направление поворота «собачки».

Контакты  $K_6$  связаны с колесом механически и останавливают рулевой механизм в среднем положении, когда «собачка» идет прямо.

Для удобства настройки и возможности наглядного объяснения действия модели электронная схема «собачки» собрана из отдельных блоков: звукового реле, релейного узла и выпрямительного блока.

Расположение узлов, двигателей, редуктора на шасси модели показано на рисунке 75. Все детали — малогабаритные. Реле  $P_2$ ,  $P_4$  и  $P_6$  — типа «РСМ»,  $P_5$ ,  $P_3$  — «РЭС-9».  $P_1$  — поларизованное, типа «РП-4».

В качестве привода используется реверсивный мотор переменного тока типа «ЭДП-1». Такие двигатели применяются в приемнике «Фестиваль» для автоматической настройки.

Для привода рулевого колеса использован рулевой механизм от модели «РУМ».

«Трансформатор  $Tr_1$  — от слухового аппарата «Кристалл». Трансформатор  $Tr_2$  — самодельный, намотан на сердечнике Ш-12, толщина набора 4 см. Первичная обмотка содержит 1100 витков провода ПЭЛ-0,14; обмотка 2

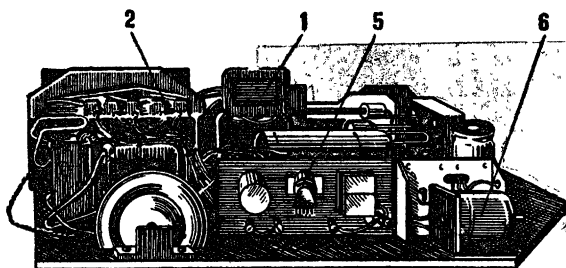


Рис. 75. Внешний вид электронной «собачки».

состоит из 1300 витков провода ПЭЛ-01; обмотка 3 — 120 витков провода ПЭЛ-0,6 и обмотка 4 — 30 витков провода ПЭЛ-06.

Полупроводниковые диоды  $D_1 - D_4$  и  $D_7 - D_8$  типа Д7А, диоды  $D_5 - D_6$  типа Д7Д, диоды  $D_9$  и  $D_{10} - Д7Ж$ .

Налаживание схемы производится в следующем порядке. После проверки монтажной схемы модели проверяют работу ее электромеханической части. Включив «собачку» в сеть, вручную поворачивают шаговое реле и проверяют последовательность выполнения команд. При этом регулируют ходовой и рулевой узлы модели. Рекомендуется в выпрямителе питания рулевого моторчика поставить электролитический конденсатор возможно большей емкости, чтобы предохранить от сильного обгорания щетки коллектора.

Затем приступают к настройке звукового узла. Подключают анодное напряжение и на вход усилителя подают сигнал от звукового генератора. На выход трансформатора подключают вольтметр переменного тока. Подбором конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  добиваются получения частотной характеристики, показанной на рисунке 74. Можно настроить усилитель и без приборов. Для этого подключают микрофон и, подавая сигналы при помощи свистка, подбором конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  добиваются срабатывания реле  $P_1$ . Емкость конденсатора  $C_3$  подбирают следующим образом: подключают выносной микрофон и произносят несколько слов. При каждом произнесенном отдельно от других слове реле  $P_1$  должно срабатывать один раз. Если реле срабатывает несколько раз, то емкость конденсатора увеличивают; если же якорь реле слишком долго притянут при произнесении слова, то емкость уменьшают.

При налаживании усилителя может происходить самовозбуждение: реле срабатывает без подачи сигнала. Для устранения самовозбуждения нужно поменять концы первичной или вторичной обмоток трансформатора.

Заметим, что механическая часть «собачки» должна быть выполнена достаточно тщательно и аккуратно, чтобы обеспе-

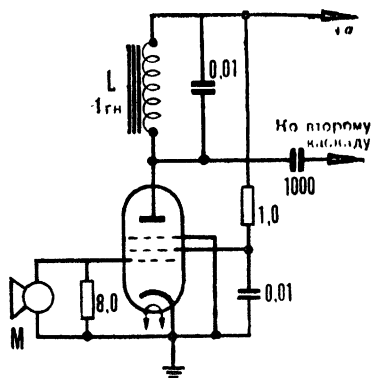


Рис. 76. Вариант схемы первого каскада усиления.

чить бесшумность работы. Если по каким-либо причинам это не удастся сделать, то можно собрать первый каскад по схеме, приведенной на рисунке 76. При этой схеме «собачка» будет реагировать только на свистки. В анодную цепь первой лампы включается колебательный контур, настроенный на частоту 900 гц.

## РОБОТ

Слово «робот» придумал известный чешский писатель Карел Чапек. В одном из своих произведений — фантастической драме «РУР»\* — этот писатель назвал так автоматические машины, которые восстали против создавших их людей и уничтожили их. Теперь роботами называют модели и автоматы, внешне похожие на человека и выполняющие некоторые свойственные ему действия. В конструкциях таких «электрических людей» используются электронные лампы и транзисторы, фотоэлементы, релейные схемы и другие элементы электроники и автоматики.

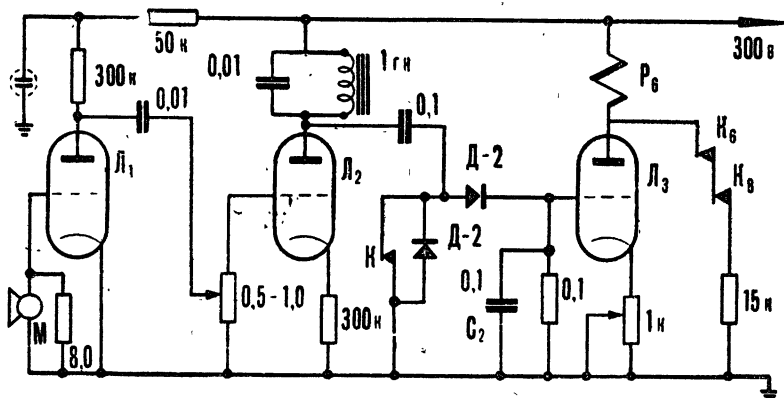
Широко известны роботы, построенные еще в двадцатых и тридцатых годах нашего столетия американским инженером Венсли, англичанами Ричардсоном и Греем, австрийцем Губером и другими. В 1957 году юные техники Московской области демонстрировали на выставке построенный ими робот, управляемый по радио. Постройкой разнообразных роботов занимаются и другие коллективы юных любителей техники.

Мы расскажем об устройстве сравнительно простого робота, который отличается небольшими размерами (рост его около 100 см, вес — около 30 кг) и в то же время выполняет весьма обширную программу действий. Наш робот может ходить, вынося поочередно правую и левую ноги, обходит препятствия, на которые он натывается при своем движении вперед. Когда в левый или правый глаз (фотоэлемент) робота попадает свет, то он поворачивается в соответствующую сторону; если ярко освещены оба его глаза, то он останавливается, так как «не знает», куда повернуть. При свистке или резком звуке робот говорит: «Кто шумит? Прошу здесь не шуметь!» Если к его руке поднести горящую спичку, он жалуется: «Больно, горячо! Вы обожгли мне руку!» Кроме того, наш робот может выработать условный рефлекс: если одновременно со свистом поднести горящую спичку к его руке, то он «запомнит», что ощущение «боли» исходит при свисте, и на следующий свист он реагирует уже как на боль.

---

\* Карел Чапек, «РУР», т. 3, М., Гослитиздат, 1958.

# ЗВУКОВОЕ РЕЛЕ

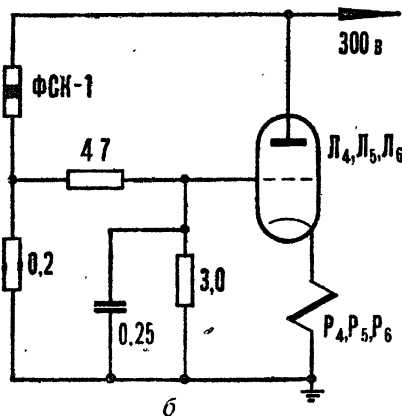


а

Рис. 77. Звуковое реле.

времени, рассчитанное на выдержку времени 30—40 секунд. При замыкании сетки лампы  $L_7$  на землю реле  $P_9$  срабатывает, и его контакты остаются замкнутыми до тех пор, пока конденсатор  $C_1$  не разрядится через сопротивление  $R_1$ . Контакты  $K_{7д}$  и  $K_{6в}$  — схема совпадений. Сетка лампы  $L_7$  будет замкнута на землю только тогда, когда работают два реле: звуковое  $P_6$  и световое  $P_7$ .

## ФОТОРЕЛЕ



б

Рис. 77. Фотореле.

Кинематическая схема работа показана на рисунке 79. Движение рук и ног осуществляется четырьмя двигателями постоянного тока. Два из них —  $MP_1$  и  $MP_2$  — осуществляют перемещение рук, и два —  $BM_1$  и  $BM_2$  — ног. Передача от двигателей — через червячные пары. Руки робота перемещаются при помощи червячных секторов. В конце хода этих секторов установлены концевые выключатели, которые переключают

реле, управляющие работой двигателей.

Ход (передвижение) робота осуществляется следующим образом. При включении питания работают двигатели  $ВМ_1$  (двигающий левую ногу вперед),  $МР_1$  (перемещающий левую руку вперед) и  $МР_2$  (двигающий правую руку назад). Сектор  $С_1$  доходит до концевого выключателя  $КВ_3$  и включает реле  $P_1$  и  $P_2$ , которые управляют работой двигателей. Включается мотор правой ноги  $ВМ_2$ , мотор левой ноги  $ВМ_1$  отключается, правая рука начинает двигаться вперед, а левая — назад. Сектор  $С_1$  возвращается к конечному выключателю  $КВ_4$ , который вклю-

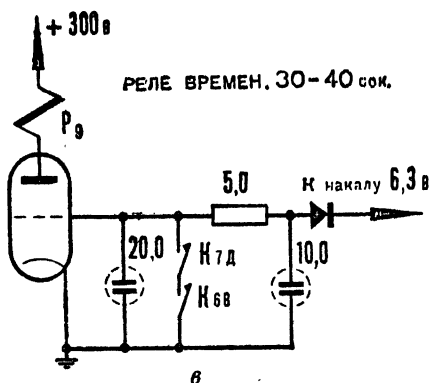


Рис. 77. Электронная «память».

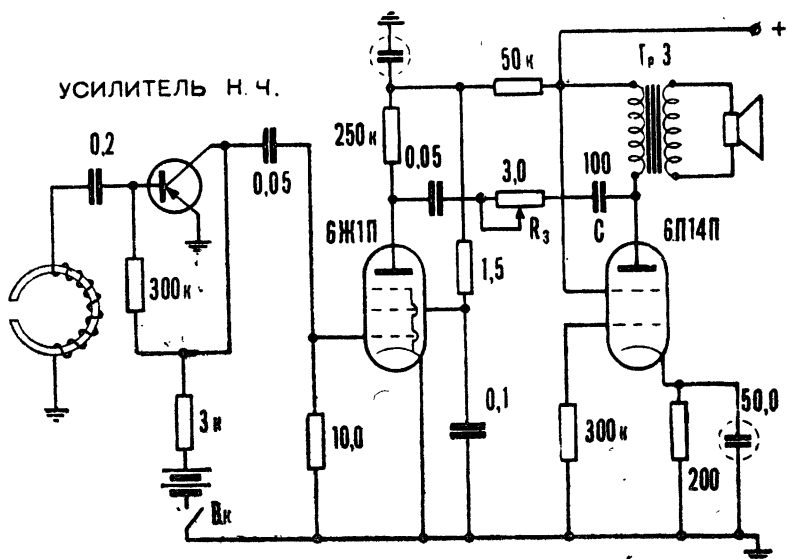
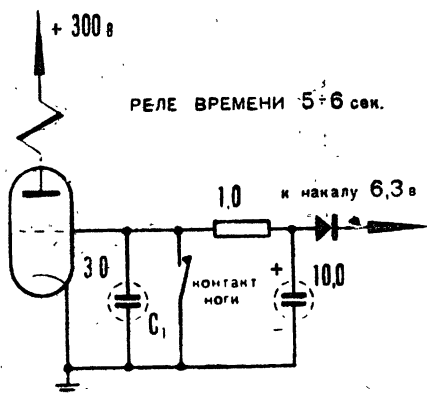
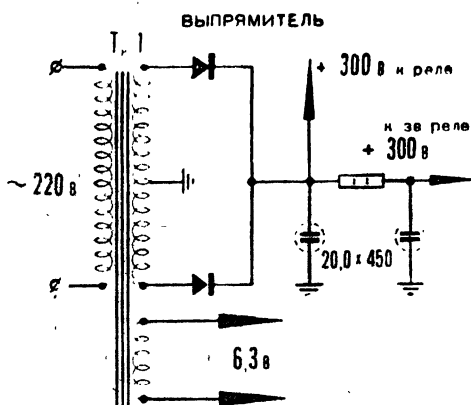


Рис. 77. Усилитель низкой частоты для воспроизведения магнитной записи.



д

Рис. 77. Реле времени.



е

Рис. 77. Блок питания анодных и накальных цепей ламп.

чает реле  $P_1$  и  $P_2$ , и весь цикл повторяется сначала. Таким образом, робот идет, вынося поочередно правую и левую ноги и руки. На ногах робота установлены контакты, которые замыкаются при столкновении с препятствием и включают реле времени  $P_3$  (рис. 77, д). Контакты этого реле выключают моторы рук и переключают двигатели ног на обратный ход. Эти контакты подгибаются так, чтобы вращение одного из моторов ног прекращалось раньше вращения другого, с тем чтобы робот после отхода от препятствия поворачивал в сторону. Концевые выключатели  $KB_1$  и  $KB_2$  и диоды  $D_1$  и  $D_2$  служат для ограничения движения рук.

Каркас робота сделан из алюминиевых полосок. Вся электронная схема размещена в голове робота, за исключе-

нием силовых трансформаторов и реле. Эти последние элементы расположены в «туловище». Здесь же укреплены динамический громкоговоритель, магнитная кольцовка, селеновый столбик выпрямителя питания и двигателя.

Реле  $P_1$  и  $P_2$  — типа «РЭС-9», остальные реле — типа «РС-13». Радиолампы — сверхминиатюрной серии типа 6С16.

Двигатели постоянного тока типа «МУ-50». Мотор лентопротяжного механизма — патефонный, типа «ДАП». Магнитная головка — от магнитофона «Мелодия». В качестве электромагнитов прижимного ролика и перевода магнитной головки на вторую дорожку используются электромагнитные реле типа «РП-100».

Питание робота осуществляется от двух выпрямителей, трансформаторы которых подключаются к сети 220 в с помощью одного шнура (рис. 77, е, ж). Первый выпрямитель имеет анодные и накальные цепи ламп. Трансформатор  $Tp_1$  имеет следующие данные. Сердечник собран из пластин Ш-25, толщина набора 35 мм; сетевая обмотка, рассчитанная на 220 в, содержит 1100 витков провода ПЭЛ-0,18; обмотка выпрямителя для питания анодных цепей —  $2 \times 1500$  витков провода ПЭЛ-0,1; обмотка накала ламп —

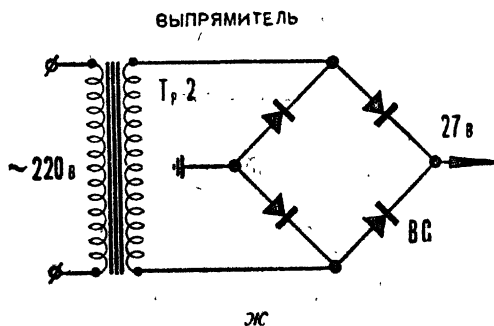


Рис. 77. Блок питания двигателей.

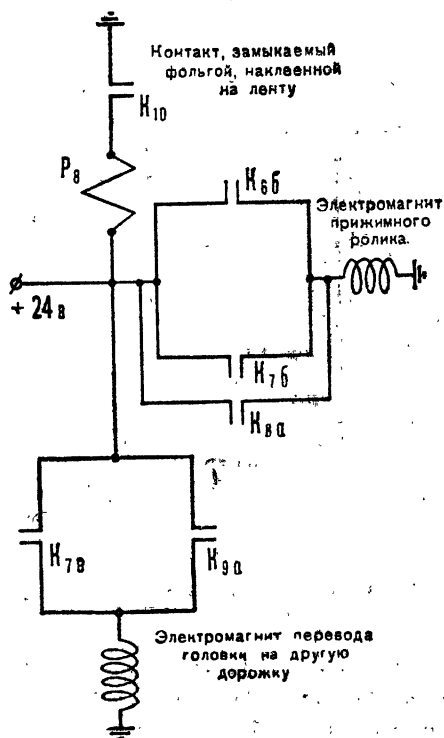


Рис. 78. Блок воспроизведения записи.

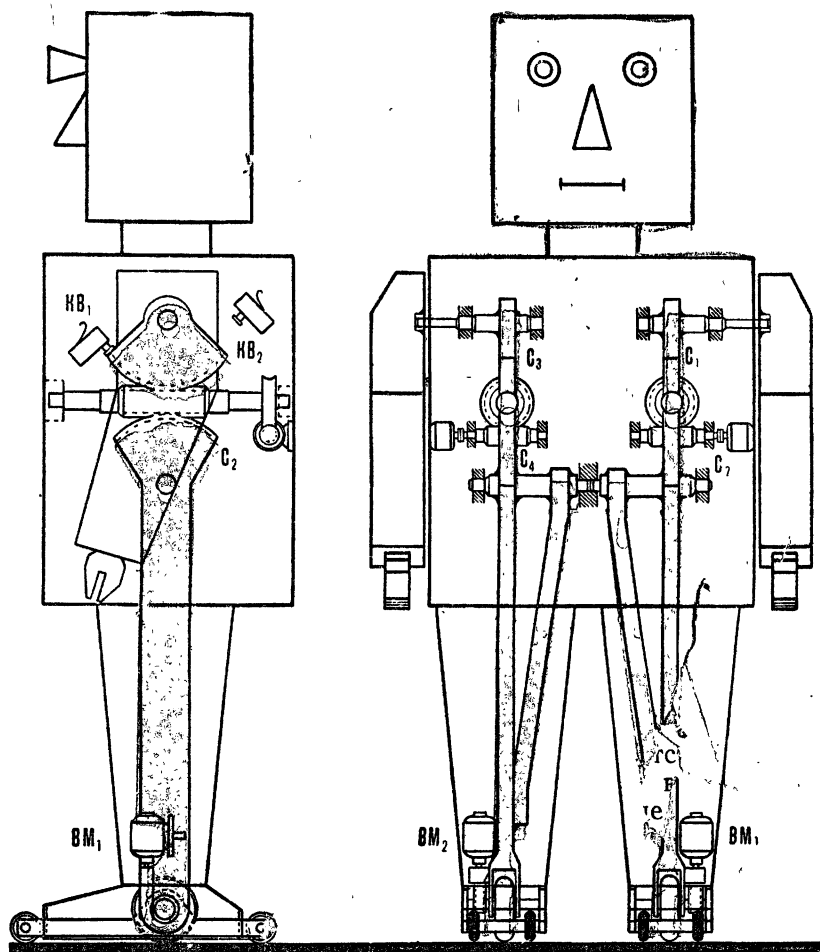


Рис. 79. Кинематическая схема робота.

32-витка провода ПЭЛ-1,5. В качестве вентиляй используются германиевые диоды Д7Ж. Трансформатор  $Tr_2$  и 2-й выпрямитель предназначены для питания двигателей. Данные трансформатора  $Tr_2$ : железо Ш-40, пакет 60 мм; сетевая обмотка (220 в) — 660 витков ПЭЛ-0,35; вторичная обмотка — 80 витков ПЭЛ-1,65. В выпрямителе использован селеновый мост «АВС-60-38-Ж».

Н а л а ж и в а н и е. Электромеханическую часть робота настраивают отдельно от электронной части. После проверки



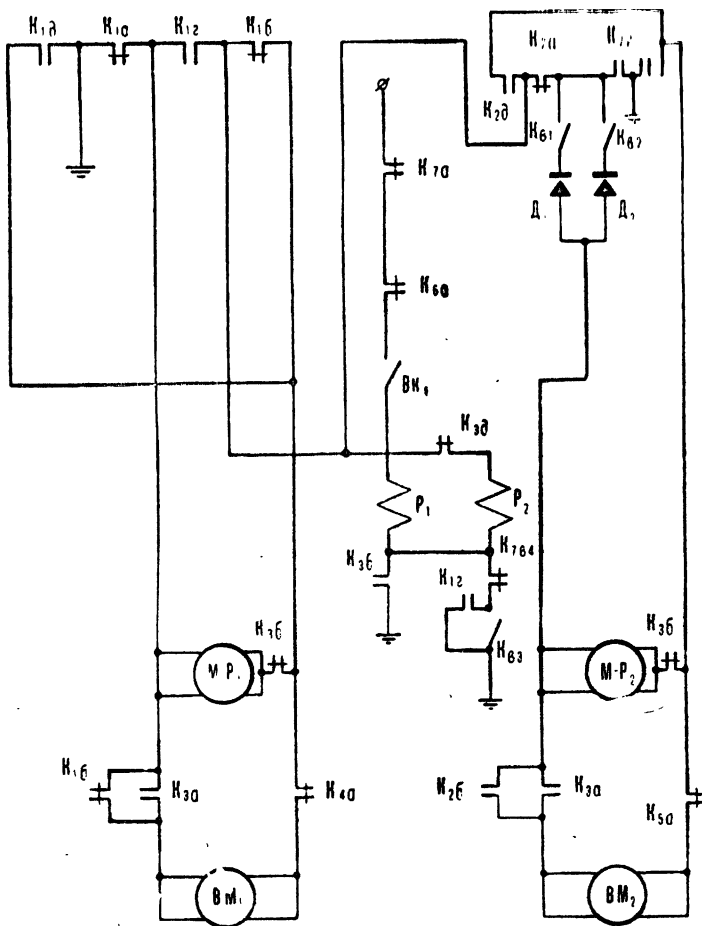


Рис. 80. Схема включения двигателей.

работы червячных передач секторы  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$  переводятся вручную в положение, показанное на рисунке 79. После этого подают напряжение  $+24$  в на двигатели и наблюдают взаимное перемещение червячных секторов. Двигатель  $МР_2$  должен вращаться несколько быстрее, чем  $МР_1$ . Это достигается включением дополнительного сопротивления в цепь мотора  $МР_1$ . Если схема собрана правильно, то на этом регулировка механической части заканчивается.

Затем подключают электронную часть схемы и настраи-

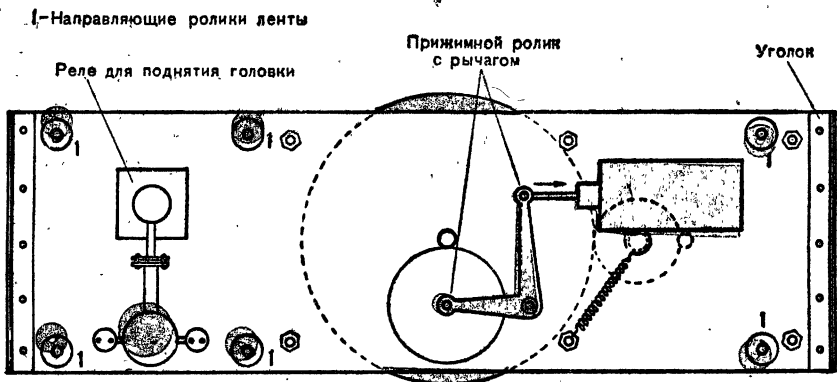
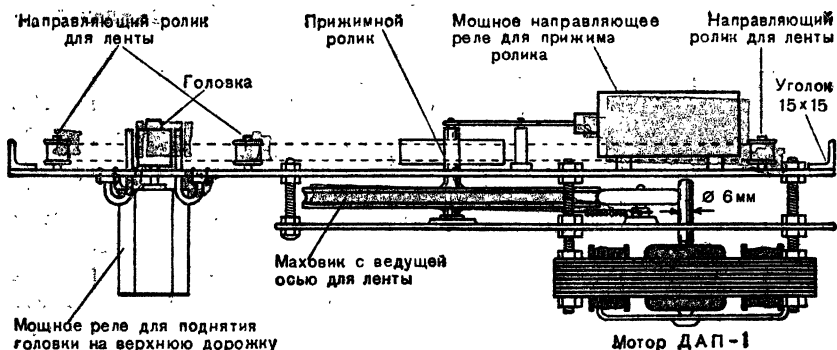


Рис. 81. Кинематическая схема магнитной кольцовки.

вают звуковое реле. Потенциометром  $R_4$  добиваются срабатывания реле при свистке средней силы, а подбором емкости конденсатора  $C_2$  устанавливают время задержки в пределах 0,4—0,6 секунды.

Время обратного хода робота регулируют сопротивлением  $R_1$ .

В заключение настраивают усилитель низкой частоты. Для этого подключают на вход его какую-либо магнитную запись и, вращая ручку потенциометра  $P_3$ , добиваются естественного звучания записи.

Мы рассказали здесь о разнообразных самодельных кибернетических моделях и приборах — от самых примитивных «отгадывающих» автоматов до таких сложных, как электронные «черепахи» и робот. Наши юные читатели — любители техники могут выбрать для постройки любую из этих конструкций в соответствии со своими знаниями, вкусом и материальными возможностями. Мы надеемся, что наши читатели в своей работе не ограничатся простым копированием описанных устройств, а будут экспериментировать, искать пути к их дальнейшему улучшению и усовершенствованию, сами займутся конструированием новых «умных» машин и моделей.

Не огорчайтесь, друзья, если на первых порах вы встретитесь с трудностями, если у вас будут неудачи в работе. Не бросайте из-за них начатого дела, умейте доводить его до конца. А в случае успеха не останавливайтесь на достигнутом, продолжайте улучшать созданные вами модели, глубже овладейте теорией, совершенствуйте свои знания и умение, смелее изобретайте и конструируйте!

Желаем вам больших успехов в этом интересном и важном деле!

Авторы

## Электромагнитные реле

### 1. РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

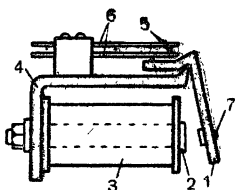


Рис. П-1

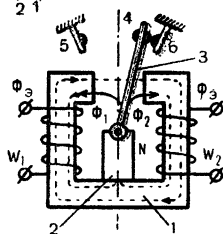


Рис. П-2

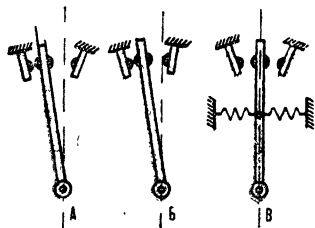


Рис. П-3

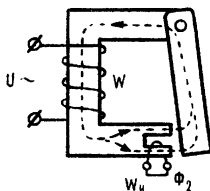


Рис. П-4

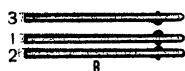
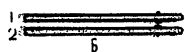
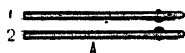


Рис. П-5

По принципу действия реле постоянного тока подразделяются на нейтральные (по отношению к направлению тока в рабочих обмотках) и поляризованные (определенным образом реагирующие на полярность тока в обмотках).

Нейтральные реле постоянного тока. Якорь реле 1 (рис. П-1) притягивается к сердечнику электромагнита 2 под действием магнитного поля, создаваемого обмоткой 3 (или несколькими обмотками), по которой протекает электрический ток. Поворачиваясь на призме ярма 4, якорь замыкает контакты 5. При отсутствии тока в обмотке якорь отходит от сердечника под действием контактных пружин. Латунный штифт 7 предотвращает при этом «залипание» якоря.

Поляризованные реле. Особенностью поляризованного реле является зависимость направления перемещения якоря от направления (полярности) тока в обмотках. Конструктивная схема поляризованного реле приведена на рисунке П-2. Магнитная цепь реле состоит из электромагнита, постоянного магнита и якоря. Практически магнитные потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  различны,  $\Phi_1 \neq \Phi_2$ , и якорь 3 занимает одно из крайних положений. ( $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  — магнитные потоки от постоянного магнита 2.) В зависимости от направления тока в обмотках  $W_1$  и  $W_2$  создаваемый им в ярме 1 магнитный поток  $\Phi_3$  складывается с потоком  $\Phi_1$  или  $\Phi_2$  и приводит соответственно к переходу якоря влево (замкнуты контакты 4—5) или вправо (замкнуты контакты 4—6). Путем регулировки контактов относительно нейтральной линии (рис. П-3) могут быть получены поляризован-

ные реле с двумя (рис. П-3, А) или с одним (рис. П-3, Б) устойчивым состоянием (на рис. П-3, Б — настройка «с притяжением»). При необходимости иметь третье устойчивое состояние якоря его снабжают установочными пружинами (рис. П-3, В).

## 2. РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

У реле переменного тока полюсной наконечник расщеплен на две части, одна из которых охвачена короткозамкнутым витком  $W_k$  (рис. П-4). Благодаря этому магнитный поток  $\Phi_2$  отстает от потока  $\Phi_1$  на угол  $60^\circ$ , что устраняет вибрацию подвижных частей реле. Магнитопровод реле переменного тока изготавливается из набора пластин трансформаторной стали (для уменьшения магнитных потерь).

## 3. КОНТАКТЫ РЕЛЕ

На рисунке П-5 изображены наиболее часто используемые контактные группы реле.

Нормально открытые (н. о.) контакты, замыкающиеся при включении реле (рис. П-5, А). Нормально замкнутые (н. з.) контакты, размыкающиеся при включении реле (рис. П-5, Б).

Переключающие контакты, имеющие н. з. пару и н. о. пару. При включении реле контакты н. з. размыкаются, а контакты н. о. замыкаются (рис. П-5, В).

Выпускаемые промышленностью реле снабжены указанными контактными группами в различных комбинациях. Однако конструкция реле такова, что контактные группы его можно переставлять, добавлять (до 16—18 контактных пружин) в соответствии с количеством и назначением переключаемых цепей. Поляризованное реле снабжается только одним переключающим контактом.

## 4. НЕКОТОРЫЕ ТИПЫ РЕЛЕ ДЛЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СИГНАЛИЗАЦИИ

«РПН» — реле постоянного тока с плоским сердечником, нормальное, для напряжений 24, 48 и 60 в, содержит до 15 контактных пружин, размеры  $26 \times 38 \times 108$  мм<sup>3</sup>.

«РКМ» — реле постоянного тока, малогабаритное, с круглым сердечником, для напряжений 24, 48 и 60 в, содержит до 15 контактных пружин, размеры  $22 \times 38 \times 75$  мм<sup>3</sup>.

«РСМ» — реле постоянного тока, малогабаритное, с круглым сердечником, для напряжения 24 в, содержит 4 контактные пружины, размеры  $26 \times 18 \times 32$  мм<sup>3</sup>.

«РС-13» — реле постоянного тока, малогабаритное, с круглым сердечником, для напряжения 24 в, содержит до 18 контактных пружин, размеры  $66 \times 25 \times 56$  мм<sup>3</sup>.

«РСЧ-52» — модернизированное реле «РС-13», отличающееся большей виброустойчивостью и более широкими пределами рабочих температур.

«РЭС-6» — реле постоянного тока, малогабаритное, для напряжения 24 в, с двумя переключающими контактами.

«РЭС-9» — реле постоянного тока, малогабаритное, с двумя переключающими контактами, для напряжения 24 в.

«РЭС-10» — реле постоянного тока, миниатюрное, с одним переключающим контактом, для напряжения 24 в, размеры  $10,6 \times 16 \times 19$  мм<sup>3</sup>.

«МКУ-48» — реле постоянного или переменного тока, унифицирован-

ное, для напряжений 12, 24, 48, 60, 110, 220 и 380 в, содержит до 8 контактных пружин, размеры  $113 \times 54,5 \times 129$  мм<sup>3</sup>.

«РП» — реле поляризованное постоянного тока, для малых напряжений, с 3 контактами, размеры  $41 \times 27,5 \times 97$  мм<sup>3</sup>.

## 5. НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

Тип реле	Потреб- ляем. мощн., вт.	Сопро- тивле- ние, ом	Ток, ма			Время, сек.	
			номин.	сраб.	от- пуск.	сраб.	отпуск.
„РПН“	0,64	0,05— 25 000	—1,8	—22	—	0,007— 0,07	0,006— 0,05
„РКН“	0,4	100— 18 000	—1,3	—34	—	0,007— 0,08	0,008— 0,01
„РКМ“	2,4	250— 6300	—4	*—80	—	0,006— 0,04	0,005— 0,075
„РСМ“	0,8	750	32	26	—	0,003— 0,01	0,002— 0,004
„РС-13“	2,5	80—8000	15— 300	0,5—220	2,5— 15	0,003— 0,03	0,003— 0,05
„РЭС-6“	—	300	—	15—50	3—10	—	—
„МКУ- 48“ (пост.)	0,53—5,6	85—20000	—	4,5—210	—	0,03	—
„МКУ- 48“ (перем.)	—	7—12 000	—	11—360	—	—	—
„РП-4“	0,01— 0,16	4,5—8500	—	0,045— 13,3	—	0,002— 0,004	—
„РП-5“	0,006— 1,6	3—10 500	—	0,029—20	—	0,005— 0,0135	—

Подробное описание электромагнитных реле, выпускаемых отечественной промышленностью, можно найти в книге М. И. Витенберга «Расчет электромагнитных реле». М., Госэнергоиздат, 1961.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Шаговые распределители (искатели)

Шаговые распределители (искатели) применяются для автоматизации подключения электроаппаратуры к нескольким различным линиям. Искатель может подключать аппаратуру к определенной заданной линии или поочередно ко всем линиям, соединенным с его контактными полюс.

Искатели бывают прямого и обратного действия. В искателях прямого действия переключение подвижных контактов (щеток) с одной неподвижной контактной пластины на другую происходит при прохождении тока по электромагниту; у искателей обратного действия щетки делают шаг только при отпускании электромагнита под действием специальной возвратной пружины. Положение одного из лучей щетки на нулевом контакте (ламели) является исходным; при подаче в обмотку электромагнита  $n$  импульсов тока щетки сделают  $n$  шагов и будут на  $n$ -м контакте (ламели). Щетки шаговых искателей могут вращаться со скоростью 30—50 шагов в секунду.

В таблице приведены некоторые типы шаговых искателей, выпускаемых отечественной промышленностью.

Тип	Номинальное напряжение, в	Сопротивление обмотки, ом	Число щеток ротора	Число выходов (ламелей)	Примечание
„ШИ-11“	24, 48, 60	25, 50, 60	4	11	Прямого действия
„ШИ-17“	48, 60	50, 60	4	17	Обратного действия
„ШИ-25/4“	24, 48	25, 60, 200	4	25	
„ШИ-25/8“	24, 48	11, 40, 60, 200	8	25	
„ШИ-50/4“	6, 24, 48	25, 40, 60, 200	4	50	

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМ

(Черный цвет — старые, зеленый — новые \*)

		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			Предохранитель
		Провод электрической цепи			Гальванический или аккумуляторный элемент
		Заземление			Гальваническая или аккумуляторная батарея
		Экранированный провод (экран заземлен)			Кнопка с самовозвратом, с нормально открытым контактом
		Соединение четырех проводов			Кнопка с самовозвратом, с нормально закрытым контактом
		Пересекающиеся несоединенные провода			Лампа накаливания осветительная
		Зажим			Лампа накаливания сигнальная



- Соколовский Ю. И., Кибернетика настоящего и будущего. Харьковск. книжн. изд-во, 1959.
- Теплов Л. П., Очерки о кибернетике. М., изд-во «Московский рабочий», 1959.
- Тукачинский М. С., Машины-математики. М., Физматгиз, 1958.
- Пирс Дж., Электроны, волны и сообщения. М., Физматгиз, 1961.

#### Описания простых моделей «умных» машин

- «Автоматические устройства». Сост. Разумовский В. Г. М., Учпедгиз, 1962.
- Богомолов О. Д., Следящие системы. М., изд-во «Знание», 1960.
- Борисов Е., Играющий автомат. Журн. «Юный техник», 1961, № 4.
- Васильев Р., Петровский А., Автоматическая «черепаха». Журн. «Радио», 1958, № 3.
- Волынский Е., Кибернетическая «черепаха». Журн. «Школа и производство», 1960, № 11.
- Иванов Р., Кибернетический «кот». Журн. «Радио», 1962, № 1.
- Комский Д. М., Столяров Ю. С., Автоматика и кибернетика в физико-техническом кружке. «Просвещение», 1964.
- Пеннер Д. И. (ред.), Методическое пособие для школьного конструкторского кружка. Изд-во Свердловского пединститута, 1962.
- Пеннер Д. И. (ред.), Методическое пособие для школьного конструкторского кружка, выпуск 2-й. Изд-во Свердловского пединститута, 1963.
- Севастьянов П., Простой светофор-автомат. Журн. «Радио», 1960, № 4.
- Стрелков П. Г., Пионер-электротехник. М., Детгиз, 1960.
- Шминке Г., Модели-автоматы. М., изд-во «Молодая гвардия», 1959.

#### Учебная и справочная литература

- Клементьев С. Д., Телеавтоматика, тт. 1 и 2. Учпедгиз, 1955—1958.
- Костыков Ю. и Ермолаев Л., Первая книга радиолюбителя. Изд. 2-е. М., Воениздат, 1961.
- Романовский В. Н. и Божко В. К., Справочник электрика. М., Учпедгиз, 1962.
- Сметанин Б., Юный радиоконструктор, изд. 2-е. М., изд-во «Молодая гвардия», 1956.
- «Справочник начинающего радиолюбителя». Под ред. Р. М. Малинина. М., Госэнергоиздат, 1961.
- «Справочник радиолюбителя». Под ред. В. В. Мельникова. Свердл. книжн. изд-во, 1960.
- Хайкин С. Э., Словарь радиолюбителя. М., Госэнергоиздат, 1960.
- «Хрестоматия радиолюбителя». Сост. Писаржевский И. И. и Бурлянд В. А. М., Госэнергоиздат, 1957.

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава первая. «Думающие» машины и кибернетика	
Чтобы облегчить и ускорить счет... . . . .	7
Машины-модели и машины-счетчики . . . . .	11
На все руки мастера . . . . .	20
О кибернетике, управлении и... игрушках . . . . .	25
К изобилию или к новым бедствиям? . . . . .	30
Глава вторая. Автоматы показывают фокусы	
Угадывание чисел . . . . .	34
Простые «отгадывающие» автоматы . . . . .	36
Автомат «отгадывает» задуманную букву . . . . .	44
Глава третья. Шифраторы и дешифраторы	
Релейно-контактный двоично-десятичный дешифратор . . . . .	50
Модель диодного десятично-двоичного шифратора . . . . .	51
«Электромеханическая память» — шифратор на шаговом распределителе . . . . .	54
«Память» на триггерных реле . . . . .	55
Глава четвертая. Модели вычислительных устройств	
Простейшие моделирующие вычислительные устройства . . . . .	59
Прибор для автоматического вычисления площадей (контактный интегратор) . . . . .	61
Релейно-контактная суммирующая цифровая машина . . . . .	69
Глава пятая. Играющие автоматы	
Игра Баше . . . . .	80
Простой автомат для игры Баше (на электромагнитных реле) . . . . .	82
Более сложный автомат для игры Баше . . . . .	84
Еще один релейный автомат для игры Баше . . . . .	88
Кибернетический партнер для игры Баше на шаговом распределителе . . . . .	90
Автомат, играющий в «двухпешку» . . . . .	92
Глава шестая. Кибернетический замок	99
Глава седьмая. В помощь ученику и учителю	
Обучающие машины . . . . .	105
Модель информационной машины . . . . .	107
Автомат-экзаменатор (педагогический гестер) . . . . .	112
Упрощенный педагогический тестер . . . . .	118
Глава восьмая. Кибернетический «зверинец»	
Кибернетическая модель «Лабиринт» . . . . .	121
Кибернетическая «черепаха» . . . . .	130
Электронная «собачка» с акустическим управлением . . . . .	137
Робот . . . . .	142
Заключение . . . . .	151
Приложения . . . . .	152