

# "ЧЕРЕПАХА" *без патентуры*

Р. Р. ВАСИЛЬЕВ, А. М. ПЕТРОВСКИЙ

В №№ 7 и 11 нашего журнала за прошлый год были помещены отрывки из фантастической повести Г. Гуревича «Приключения машины». В ней рассказывается как несбыточная машина совершила сложнейшие путешествия по дну моря, избежала от цепких пуг водорослей, вступала в поединок с гигантским спрутом, обходила скалы, слышала, чтобы преодолеть горные барьеры, подбегала к вулканам, но забывала при этом непременно брать геологические породы. «Она прокладывала путь с такой уверенностью, как брото за рулем там сидит опытный водитель, много лет проработавший на подпольных трассах», писал автор.

Обычно машины никто не управлял. Люди — участники несбыточной экспедиции — находились в это время на поверхности земли: у экранов телевизоров, на которых развертывались захватывающие, порою драматические картины путешествия.

И всякая машина лишь послушно выполняла волю ее конструкторов. Удача подводной экспедиции была обусловлена в первую очередь тем, что инженер и ученые во все детали мысленно представляли себе подводный мир, чьи все сложности, которые могли встретиться на пути машины, и вложили в нее расширенную программу действий. Подчиняясь этой программе, машина отбирала наилучший для данного момента вариант и только благодаря этому сумела преодолеть все препятствия.

Возможны варианты, возникающие тогда человек, получая все больше и больше распространение. Помимо чисто механических работ, автоматы проводят расчеты, управляют процессами и спускают космические аппараты и так далее. В последние годы стало возможным заменять человека и там, где он в ходе работы должен решить сложное логическое задание, принимать то или иное решение в зависимости от обстановки.

Подобные автоматы — автоматы нового типа — имеют название самонастраивающихся и самонастраиваемых систем. Они предвзвешивают для выполнения определенных действий в заранее по известным условиям, в зависимости от сложившейся ситуации, в каждом случае наилучший ход решения поставленной задачи.

Эти автоматы обладают способностью памяти и анализом своих действий. Редкая ода и ту же или сходные задачи, автомат каждой раз анализирует успешность своих действий и в конце концов складывает и фиксирует наилучший вариант.

В последние время такие автоматы только начинают строиться. Свойства как известны еще не очень мало, и поэтому большой интерес представляют различные модели подобных автоматических систем. Эти модели позволяют находить оптимальные варианты работы автоматов в любой части области их применения, определять их эффективность и надежность.

Одним из первых, кто начал конструировать подобные модели автоматов нового типа, был английский ученый Грей-Валдер. Он построил несколько типов самонастраиваемых автоматов,

Г. Гуревич выдумал чудесную машину, как, впрочем, выдумывают своих «механических героев» все писатели-фантасты. Ведь именно в предвидении чего-то грандиозного — характерная особенность их творчества. В прошлом названным писателем-фантастом удалось увидеть своих героев. Около ста лет прошло, пока сбылись мечты Жюль Верна о подводной лодке, о воздушном корабле, о путешествиях к полюсам.

Но с прогрессом науки и техники все больше сокращается дистанция между фантастическим замыслом и его реальным воплощением. В наше время это расстояние стало еще короче — теперь оно измеряется десятками, иногда годами и даже месяцами. Всего полгода назад Г. Гуревич начал публиковать свою фантастическую повесть, а ему уже повсюду пришлось встретиться с родным братом своего героя.

Это «черепаха», сконструированная в одном из институтов Академии наук СССР.

В № 11 журнала за этот год мы рассказали вам о приключениях «черепахи» в гостях у редактора. В этом номере мы помещаем описание ее устройства. Все технические подробности изготовления «черепахи» описаны на вкладке «В помощь конному технику», которая дается в виде приложения к этому номеру.

называют их «черепахами», которые получили широкую известность.

Автомат типа черепахи предназначается для выполнения одной или нескольких вполне определенных функций в определенной служебной обстановке. Эти автоматы обладают также способностью «памяти», то есть могут запомнить свое поведение в зависимости от внешних воздействий. Поведение такого автомата в сложной обстановке внешне напоминает поведение простейшего животного. Поэтому подобные устройства часто присказывают название «черепаха», «мидия» и так далее.

В Институте автоматизации и телемеханики Академии наук СССР также была изготовлена модель подобного аппарата. Эта модель и описывается в настоящей статье.

Наша черепаха имеет источник света — в этом ее главное назначение. Для этого она оборудована призматическим и куполообразным «обсерваторией» ситуационно-обстановочного звука — как в настоящее время черепахи, услышав свет, она замедляет, и наоборот. Если на пути черепахи встретится препятствие — она его обходит: опустит под углом вперед и обратит вперед по новому направлению. Услышав при обходе препятствие звук, черепаха не останавливается на «заминуте», что звук и одновременно послышался одновременно. После нескольких таких столкновений с препятствием при одностороннем воздействии звука у черепахи вырабатывается рефлекс — она начинает маневр обхода препятствия только под воздействием звука (известно остановка). Заметит свет,

черепаха перестает маневрировать и устремляется прямо на источник света.

Такая черепаха может послужить прообразом многих автоматических устройств, например устройств, предназначенных для исследования трехмерных пространств — для океана, поверхности планет и т. д.

(Продолжение см. на вкладке «В помощь конному технику»)

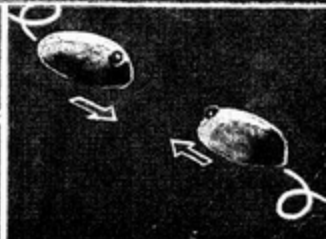
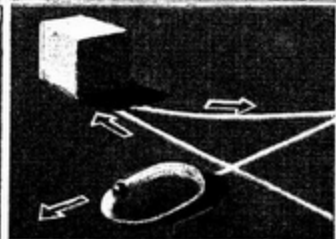
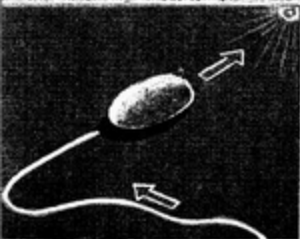
На цветной вкладке сверху изображена фантастическая картина: потопившей черепахи, приземлившейся на какой-либо планете, самостоятельно складывают ее поверхность, приспособившись к сложной и своеобразной обстановке.

Ввиду показаны три возможных движения уже сконструированной черепахи.

Вот она, разогнувшись на пол, имеет приближающийся ее источник света. Обнаруживая лампу своим единственным глазом-объективом, она немедленно устремляется к цели.

Если черепаха столкнется с препятствием, она остановится, затем, отбегав назад, сделает разворот и снова начнет свое призматическое движение.

На последнем рисунке черепаха, приближаясь установленному в каждой из трех источников света, непрерывно движется навстречу друг другу.





# АВТОМАТИЧЕСКАЯ «Черепаха»

Р. Васильев, А. Петровский

а сам находить его, так как в силу приведенных причин расход топлива все время будет изменяться. Такой автомат, измеряя непрерывно расход топлива, должен периодически менять скорость движения автомашины и поддерживать ее такой, чтобы расход топлива все время оставался минимально возможным в данных условиях. Автоматы этого типа называют самонастраивающимися. Одним из главных узлов самонастраивающегося автомата является система поиска решения.

Могут быть и более сложные приборы — автоматы, которые при решении поставленной задачи меняют не только режимы работы устройства, но и его схему. Такие автоматы называются самоорганизующимися.

Большая роль в технике будущего отводится самообучающимся автоматам. Эти автоматы, будучи включенными в устройство управления какой-либо машиной, действуют в первый момент в известной степени случайно. Так, например, автомат, играющий в шахматы, вначале отвечает на ходы своего партнера, исходя из заранее заложенной в него программы игры с противником среднего класса. Но в ходе игры этот автомат, если его достаточно усложнить, может успешно анализировать ходы противника и выявлять его «слабые места». Тогда программа игры автомата будет перестроена с тем, чтобы учитывать индивидуальные особенности партнера.

Помимо приведенных примеров использования автоматов новых типов, большое внимание в автоматике уделяется моделированию поведения живых организмов. Ведь, по существу, многие из функций автоматов — поиск решения, способность анализа действий с использованием памяти и др. — воспроизводит работу человека — оператора. В настоящее время намечаются два пути моделирования функций живых организмов — моделирование с помощью специальных программ для быстродействующих универсальных вычислительных машин и создание несложных автоматов, воспроизводящих отдельные черты поведения простейших живых организмов или же некоторые их функции.

Относительно несложным моделирующим автоматом является так называемая «электронная черепаха», один из первых вариантов которой был построен английским ученым Уолтером. В этой «черепахе» с помощью простейших средств моделируются условный рефлекс, который, вместе с другими функциями «черепахи», придает ее поведению внешнее сходство с поведением живого существа.

Наиболее интересна в «черепахе», которая была нами построена в Институте автоматки и телемеханики АН СССР, является моделирование обучаемости или условного рефлекса. С помощью соответствующих чувствительных «органов» — устройств, воспринимающего столкновение

Развитие автоматки и телемеханики вызывает повышение новых автоматических устройств, решающих задачи самого разнообразного характера. Наиболее известны широко применяемые автоматы, действие которых основано на выполнении одной и той же определенной программы, предусмотренной при конструировании автомата. Таковы, например, телефонный автомат «Время», различные торговые автоматы или, скажем, система последовательного включения агрегатов мощного радиопередатчика. У других более «молодых» и более совершенных автоматов принцип действия основан на использовании обратной связи. Автоматы этого класса осуществляют, например, регуляцию процесса, на который воздействуют разнообразные возмущающие причины, стремящиеся отклонить процесс от заданного хода. Примерами таких автоматов могут служить система автоматической регуляции усиления (АРУ) радиоприемника или система управления антенной радиолокационной станции, направляющая ее на цель.

Но на практике встречаются и другие задачи, решение которых таким автоматам не под силу. К числу их относятся, например, задачи, при решении которых приходится искать наилучший режим работы управляемой системы или машины. Допустим, необходимо найти режим работы двигателя, при котором автомашина проедет бы заданный путь с минимальным расходом топлива. Известно, что на число оборотов двигателя (на пройденный путь) влияют сорт топлива, температура, износ двигателя и другие причины. Автомат, предназначенный для решения этой задачи, должен не просто поддерживать заранее заданный режим,

с препятствием, и микрофона, реагирующего на свист выбранной частоты, а также блока памяти — воспроизводится следующая схема поведения черепахи: черепаха не реагирует на звук, если звук не сочетается с толчком; толчок при движении черепахи вперед вызывает включение программы обхода препятствия — черепаха отходит назад и в сторону и затем снова движется вперед. Таким образом, звук является для нее условным, а толчок безусловным раздражителем; при сочетании толчка и звука несколько раз подряд в блоке памяти фиксируется повторение этого факта и черепаха начинает реагировать на звук так же, как и на толчок, т. е. включается программа обхода препятствия. Если сочетание звука и толчка после выработки «рефлекса» больше не повторяется, черепаха через некоторое время вновь «набывает» о звуковом сигнале и перестает реагировать на звук. Эта программа, как нетрудно видеть, в общих чертах воспроизводит условный рефлекс животного или работу простейшего автомата, обладающего свойством обучаемости.

Кроме того, в «черепахе» заложена программа поиска источника света, причем этот поиск может происходить в сложной обстановке, при наличии препятствия движению черепахи. При столкновении черепахи с препятствием включается программа обхода препятствия, о которой говорилось выше. Поиск источника света осуществляется ее чувствительным к свету «органом» (фотоэлементом). «Черепаха» движется при поиске источника света либо прямолинейно, либо по кругу. Можно сделать также, что черепаха будет останавливаться по свисту.

Нетрудно ввести и другие дополнительные узлы, которые сделают поведение «черепахи» еще более интересным.

Так, при питании от аккумуляторов можно сделать автоматический переход в режим поиска источника питания (подзарядки). Источник питания может быть для этого снабжен, например, инфракрасным или модулированным световым маячком. Поиск источника света может сочетаться с поворотами на звуковой сигнал и т. д.

Интересно наблюдать совместное поведение нескольких таких «черепах». Так, односторонний поиск одного источника света приводит к столкновению «черепах». В этом случае «победителем» выйдет та из них, у которой программа обхода препятствия окажется лучше.

Нетрудно осуществить «игру в футбол», сочетая в каждой из черепах две программы — поиск мяча и поиск ворот. Поиск ворот включается после того, как «черепаха» найдет мяч и начнет его толкать перед собой и т. д.

#### ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ «ЧЕРЕПАХИ»

Схема сетевого варианта «черепахи» показана на рис. 1. Можно выделить ряд узлов, имеющих самостоятельное значение.

**Выпрямитель.** Для питания черепахи необходим постоянное напряжение 120 в (для реле времени, фотопротивления, программного механизма и усилителя звука) и 24 в (для большинства реле).

Постоянное напряжение 120 в получается непосредственно выпрямленным напряжением сети.

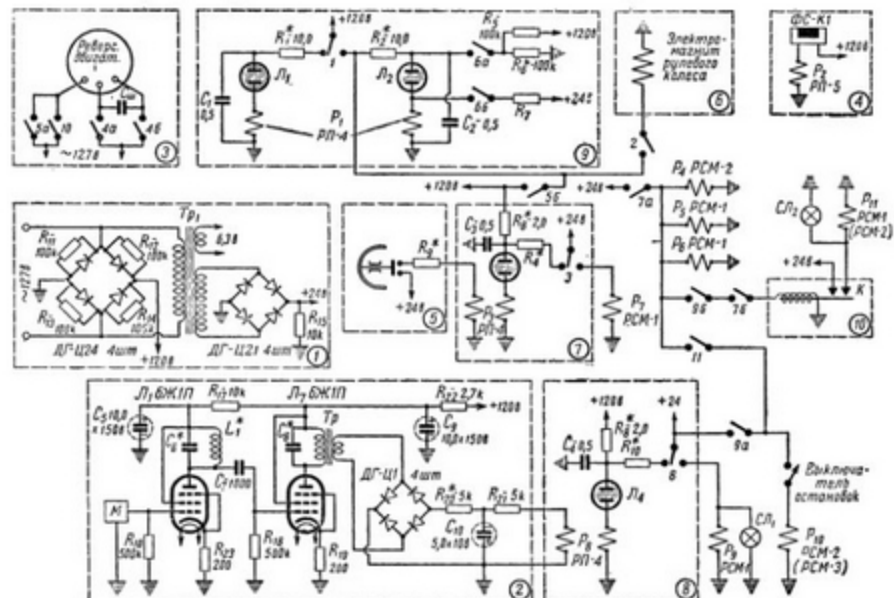


Рис. 1

Мощность выпрямителей, а следовательно, и конструктивные и монтажные данные силового трансформатора зависят от типа применяемых реле и поворотного механизма. В описываемой конструкции потребление тока не превышает 300 мА. Поэтому оказалось возможным использовать выпрямитель на полупроводниковых диодах ДГ-Ц21 и ДГ-Ц24. Сечение сердечника и монтажные данные трансформатора могут быть рассчитаны обычным способом: нагрузка выпрямителя — 24-вольтовая цепь. Кроме того, от трансформатора питается цепь накала лампы.

**Усилитель звукового канала и выходной выпрямитель.** Усилитель звукового канала и выходной выпрямитель необходимы для усиления колебаний НЧ и выпрямления их перед подачей их на реле. Для того чтобы черепашка не реагировала на шум мотора, щелчки при срабатывании поворотного механизма и пр., выпрямитель собран по резонансной схеме и настроен на частоту 3 кГц (частота свиста).

В усилителе желательно использовать малогабаритные детали и экономичные лампы. В описываемой конструкции были использованы лампы 6Ж1П. В качестве входных нагрузок в каждом из каскадов применены катушки с сердечниками от поляризованных реле типа РП-4. Настройка в резонанс производится соответствующим подбором емкости конденсаторов. Звуковые колебания на выходе выпрямителя с помощью четырех диодов ДГ-Ц (может быть использован любой тип диодов ДГ-Ц) подается на обмотку поляризованного реле  $P_4$ . Для предотвращения срабатывания реле от кратковременных сильных звуков на выходе выпрямителя включен RC-фильтр ( $R_{10}, C_{10}$ ). Микрофон — любой (кроме угольного). В описываемой конструкции применен микрофон МД-41, хотя вполне можно использовать пьезоэлектрический микрофон или даже обычную телефонную трубку.

**Холодовой электродвигатель с редуктором.** Холодовой двигатель — реверсивный, мощностью 1—2 лп. В описываемой конструкции применен конденсаторный электродвигатель, питаемый непосредственно от сети 127 в. Реверсирование осуществляется переключением одного из проводов сети с помощью контактов 4а и 4б. Привод осуществляется на одно из ведущих колес через редуктор. Коэффициент замедления редуктора должен быть таким, чтобы черепашка двигалась со скоростью 10—15 см/сек.

**Светочувствительный элемент.** В качестве светочувствительного элемента наиболее целесообразно использовать фотосопротивление типа ФС-К1 (или аналогичного типа). При таком светочувствительном элементе можно обойтись без усилителя фототока, если реле достаточно чувствительное. В данной конструкции применено реле РП-5 № 1722076 с последовательным соединением обмоток. Для уменьшения угла срабатывания перед фотосопротивлением желательно поместить простейший объектив (например, увеличительное стекло) с небольшим (3—5 см) фокусным расстоянием.

**Буфер.** Буфер необходим для того, чтобы черепашка могла обходить препятствия. Желательно установить передний и задний буфера, охватывающие черепашку по всему периметру. В описываемой конструкции имеются только передний буфер, охватывающий приблизительно переднюю половину периметра. При нажатии на буфер в любом направлении замыкается один из трех контактов, соединенных параллельно и установленных: один — в середине буфера, а два — по краям его. При замыкании любого из контактов на реле  $P_4$  подается напряжение. Если черепашка наталкивается на препятствия во время движения назад, то она просто останавливается.

**Поворотный механизм.** Переднее колесо у черепашки — рулевое. Поворот его на угол 30° осуществляется с помощью специального механизма. В описываемой конструкции для поворота рулевого колеса использовано специальное поворотное реле — соленоид с сердечником

при включении тока втягивался соленоидом, а при выключении тока возвращался в исходное положение с помощью пружины. Ось сердечника связана с осью рулевого колеса. Следует отметить, что поворотный механизм потребляет значительную мощность (в описываемой конструкции — около 250 мА при напряжении 120 в). Поэтому при аккумуляторном варианте питания поворот рулевого колеса целесообразно осуществлять через редуктор с помощью специального моторчика. Этим достигается экономия в питании, так как энергия будет тратиться только в момент поворота колеса.

**Реле времени и устройство обхода препятствия.** При кратковременном столкновении с препятствием черепашка должна двигаться назад в течение двух-трех секунд. Для этой цели используется реле времени (поляризованное реле  $P_2$  типа РП-4). При замыкании контактов буфера ток, проходящий через левую обмотку реле  $P_2$ , вызывает переборс якоря реле в правое положение. При этом срабатывает реле  $P_3$ , включающее группу реле, меняющих направление движения черепашки. Одновременно начинает заряжаться конденсатор  $C_1$  через сопротивление  $R_4$ . Когда напряжение на конденсаторе достигает потенциала зажигания неоновой лампы  $L_1$ , лампа вспыхивает и ток, проходящий через правую обмотку реле  $P_2$ , перебрасывает якорь реле в левое положение. При этом реле  $P_2$  обесточивается, а конденсатор  $C_1$  разряжается до напряжения 4—24 в. Реле времени может быть выполнено по любой схеме. В описываемой конструкции в качестве неоновых ламп применены холодные тиратроны типа МТХ-90.

**Реле времени звукового канала.** Реле времени звукового канала необходимо для того, чтобы после подачи звука включился на 2—3 сек. соответствующее реле.

**Программный механизм.** При поиске источника света черепашка должна поворачиваться в какую-либо сторону. Поворот этот задается с помощью специального устройства, выполненного на реле  $P_1$  типа РП-4. Работа устройства выполняется работу реле времени. Якорь реле периодически (через 8—10 сек.) перебрасывается с одного положения в другое. Во время когда якорь находится в правом положении, подается напряжение на реле поворота (если глаза не освещены и контакт 2 не разомкнут). Для того чтобы черепашка не двигалась по одной и той же траектории, если она встретила на этом пути препятствие, якорь реле  $P_1$  после удара всегда перебрасывается в левое положение. Это осуществляется с помощью контакта 6б реле  $P_1$ . При замыкании этого контакта напряжение подается на правую обмотку реле  $P_1$ , что вызывает переборс якоря. Для того чтобы последующий поворот черепашки не отличался по длительности от предыдущих, с помощью контакта 6а конденсатор  $C_2$  разряжается до напряжения, задаваемого делителем  $R_5-R_6$ , и равного потенциалу погасания неоновой лампы  $L_2$ .

**Система «памяти».** Черепашка фиксирует одновременное появление удара и звука с помощью устройства памяти, выполненного на биметаллической пластине (тепловое реле РТ). В обмотку теплового реле через контакты 7а, 7б и 9б подается ток (на 2—3 сек. после совпадения удара и звука). Если это происходит достаточно часто, то после 5—10 таких совпадений пластина нагревается и изгибается настолько, что замыкаются контакты К, вызывающие срабатывание реле  $P_{11}$ , которое производит соответствующие переключения в схеме.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ.

При включении питающего кабеля в сеть черепашка начинает двигаться по траектории, задаваемой программным устройством. Если во время движения по кругу черепашка прямо перед собой увидит свет, то срабатывает реле  $P_4$  и разомкнет контакт 2, через который питается рулевое устройство. Черепашка начнет двигаться прямо на источник света. Если в этот момент она натолк-

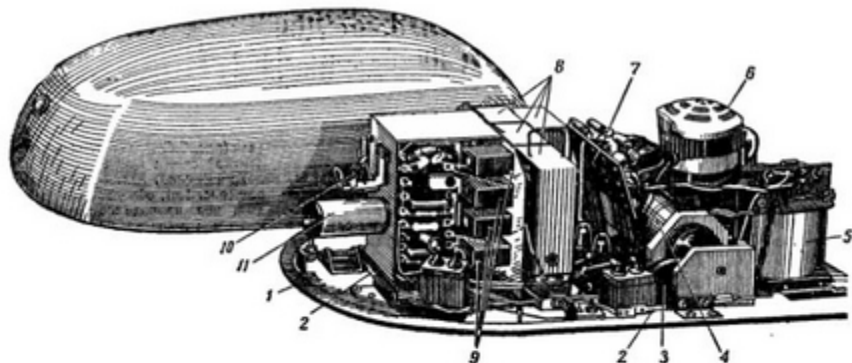


Рис. 2. 1—буфер; 2—контакты буфера; 3—ведущее колесо; 4—электродвигатель с редуктором; 5—силовой трансформатор; 6—микрофон МД-41; 7—панель с ДГ-Ц21 и ДГ-Ц24; 8—реле типа РП; 9—реле типа РСМ; 10—лампа для индикаторной лампочки; 11—объектив и фотосопротивление ФСК-1

нется на препятствие, то она обходного маневра не сделает, а начнет двигаться вперед и назад. Если контакт 56 соединит непосредственно с обмоткой рулевого механизма (а не через контакт 2), то «черепахи» обойдет препятствие, если она даже и «видит» свет.

При столкновении с препятствием напряжение подается через реле времени на 2—3 сек. на реле  $P_2$  и через контакт 7а ток поступает в обмотки реле  $P_4$ ,  $P_4$  и  $P_4$ . Если при этом окажется замкнутым и контакт 96, то ток подается в обмотку теплового реле. При срабатывании реле  $P_4$  происходит реверсирование двигателя (соответствующим переключением контактов 4а и 4б). Замыкание контакта 5б вызывает поворот рулевого колеса. Контакт 5а блокирует контакт 10, который размыкается, если одновременно с ударом подан звуковой сигнал. Назначение контактов 6а и 6б было пояснено выше. Через 2—3 сек. реле  $P_4$ ,  $P_2$  и  $P_4$  обесточиваются и «черепахи» начинают двигаться вперед.

При подаче звукового сигнала через реле времени на реле  $P_2$  на 2—3 сек. подается напряжение. При этом контакт 9а замыкается и напряжение подается на реле  $P_{10}$  (если выключатель останков замкнут). При размыкании контакта 10 происходит остановка двигателя («черепахи» «зубается» звука).

При подаче звукового сигнала сразу после удара «черепахи» не останавливаются (из-за блокирования контакта 10 контактом 5б); в обмотку теплового реле через контакты 7а, 7б и 9б подается напряжение. Пластина реле от нагрева слегка изгибается. После нескольких повторений сочетания удара и звука пластина изгибается достаточно сильно, контакты реле К замыкаются и срабатывает реле  $P_{11}$  (условный рефлекс выработан). Из-за тепловой инерции реле РТ контакты К остаются замкнутыми в течение 15—20 сек. (эта выдержка достигается регулировкой зазора теплового реле). Теперь при подаче звукового сигнала напряжение +24 в подается не только на  $P_2$  и  $P_{10}$ , но и на  $P_4$ ,  $P_4$  и  $P_4$ . «Черепахи» после сдвига начинают двигаться так же, как после столкновения с препятствием. Через некоторое время, если не подкреплять условный рефлекс, «черепахи» его «забывает» и поведение ее становится прежним.

Если выключатель останков разомкнут, то «черепахи» на звук внешне не реагирует, но «условный» рефлекс может быть выработан тем же способом.

Для облегчения управления «черепахой» использованы две осветительные лампочки (могут быть взяты телефонные коммутаторные лампочки). Лампочка СЛ<sub>2</sub> загорается, когда «черепахи» уже «услышит» звук (если выключатель

останков разомкнут, то без этой лампочки нельзя определить, «слышит» ли черепаха). Лампочка СЛ<sub>1</sub> загорается, когда условный рефлекс выработан, и гаснет, когда «черепахи» его «забывает».

#### КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ «ЧЕРЕПАХИ» И НАЛАДКА

Все детали «черепахи» укреплены на овальном шасси, наибольшие размеры которого 200х400 мм. Ходовая часть — трехколесная; переднее колесо — рулевое, одно из задних — ведущее. Шасси накрывается кожухом с вырезами для буфера и объектива «глаза». Кроме того, в месте установки микрофона в кожу сделана перфорация.

При размещении деталей на шасси следует учесть, что утяжеление передней части потребует более мощного поворотного механизма, а излишнее облегчение ее затруднит поворот «черепахи» из-за слабого сцепления переднего колеса с полом. Оптимальное расположение колес и центра тяжести «черепахи» устанавливается экспериментальным путем. В описываемой конструкции задние колеса находятся от края на расстоянии  $\frac{1}{3}$  общей длины «черепахи». Наиболее тяжелые детали (силовой трансформатор, электродвигатель, микрофон и усилитель) размещены за осью колес. В передней и средней частях находятся все реле, силовые выключатели (ДГ-Ц), поворотный механизм, фотосопротивление с объективом. Силовой шнур выполнен в виде «хвоста» и соединяется с «черепахой» посредством вилки. Шасси «черепахи» желательнее с собой не соединять по соображениям техники безопасности (особенно, если «черепахи» будет демонстрироваться в сыром помещении).

При наладкивании необходимо прежде всего отработать отдельные узлы, а затем уже проверить взаимодействие их. С помощью сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$  устанавливается время прямого хода и время разворота. Сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  подбираются так, чтобы амплитуда напряжения, снимаемого с этого делителя, была равна потенциалу лунки на неоновой лампе Л<sub>2</sub>. Величина этих сопротивлений порядка десятков ком. Сопротивление  $R_3$  выбирается таким, чтобы реле  $P_1$  срабатывало от 24 в; аналогично подбираются  $R_4$  и  $P_2$ . Выдержки реле времени подбираются соответственно сопротивлениям  $R_4$  и  $R_2$ .