



**МОРФОЛОГИЯ,  
ФИЗИОЛОГИЯ  
И АКУСТИКА  
МОРСКИХ  
МЛЕКОПИТАЮЩИХ**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»**

- Hermans J. I.* 1938. Charged Colloid Particles in an Ultrasonic Field.— *Phil. Mag.*, 25, 26.
- Rutgers A., Rigole A.* 1958. *Trans. Faraday Soc.*, 54.
- Weinmann A.* 1959. Phenomenological Theory of Ultrasonic Vibration Potentials in Liquids and Electrolytes.— *Proc. Phys. Soc.*, v. 73, part 3, No 471.
- Weinmann A.* 1960. Theory of Ultrasonic Vibration Potentials in Pure Liquids.— *Proc. Phys. Soc.*, 75, part 1, No 481.

## МАГНИТОФОН ДЛЯ ПОДВОДНОЙ ЗАПИСИ

*Е. В. Романенко, В. А. Чикалкин*

Одна из основных методических проблем, стоящих перед исследователями, изучающими такие биологические объекты, как рыбы, китообразные и ластоногие, заключается в получении информации о параметрах их жизнедеятельности вообще и о биоакустических параметрах в частности в условиях естественного обитания или близких к таковым. В литературе описаны телеметрические устройства (*Diercks a. oth.*, 1971; Янов, Романенко, 1971; Романенко, Янов, Аюпиан, настоящий сборник), позволяющие решать эту задачу. Но каждое из таких устройств обладает своими недостатками: использование кабельной связи для передачи информации сковывает движения животного, передача информации по радиоканалу сопряжена с известными сложностями ее кодирования и декодирования. Кроме того, радиус действия в этом случае весьма ограничен. В конечном же итоге для регистрации служит, как правило, магнитофон.

Поэтому возникает вопрос, нельзя ли обойтись без каналов передачи информации и регистрировать информацию, поступающую с датчиков, непосредственно на магнитофон, размещаемый на изучаемом объекте.

Существующие системы магнитофонов не приспособлены к такому применению: они не герметизированы, имеют, как правило, большие габариты и вес и в большинстве случаев недостаточно широкий диапазон рабочих частот.

В лаборатории биоакустики Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР разработаны два варианта трехканального магнитофона, закрепляемого непосредственно на животном и предназначенного для записи под водой полезной информации прямо с датчиков в полосе частот от 100 гц до 100 кгц. Запись производят одновременно на три стандартные проволочные звуконосителя с помощью трех стандартных записывающих головок.

Первый вариант магнитофона выполнен максимально облегченным и экономичным. Характерной его особенностью является то, что механизм протяжки звуконосителя в нем не герметизирован и свободно промывается водой. Кроме того, он не имеет электродвигателя, а протяжка осуществляется с помощью турбины, приводимой во вращение набегающим потоком воды. Это позволило создать конструкцию, вес которой в воздухе вместе с тремя датчиками полезной информации, усилителями записи и источниками питания усилителей не превышает 1 кг.

Емкость каждой из трех кассет, заряжаемых в магнитофон, составляет около 1500 м проволочного звуконосителя.

Время непрерывной записи при скорости записи 1,5—2 м/сек около 15 мин.

Недостатком этого варианта магнитофона является то, что он работает только в том случае, если животное движется. Поэтому он может быть применен лишь в решении тех задач, которые так или иначе связаны с движением животного.

Механизм работает следующим образом. Набегающий поток воды (при движении животного) вращает турбину. Турбина полуприкрыта крышкой для того, чтобы поток воды воздействовал только на лопасти, выступающие из-под крышки. Турбина вращает трехсекционную приемную кассету, которая наматывает на себя звуконосители, протаскивая их относительно рабочих зазоров головок записи. При этом три подающие кассеты слегка подтормаживаются поролоновыми наклейками на стойках, создавая необходимое натяжение звуконосителей.

В рабочем состоянии весь механизм прикрыт крышкой для предохранения от механических повреждений. Крышка перфорирована, так что вода свободно проникает в механизм. Ввиду того что звуконосители и головки записи изготовлены из некоррозирующих материалов, кратковременное пребывание их даже в морской воде не приводит к ухудшению качества записи.

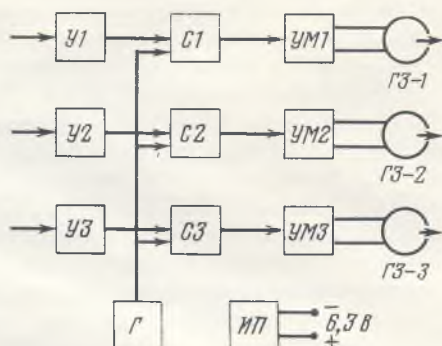
Термин «трехканальный магнитофон», примененный по отношению к описываемому магнитофону, не совсем удачен. Точнее, магнитофон следовало бы назвать «строеным», так как в одной компоновке смонтированы три магнитофона, имеющие единую систему протяжки звуконосителей.

На рис. 1 показана блок-схема усилителей записи.

Полезные сигналы с датчиков поступают на входы трех идентичных усилителей напряжения ( $У1$ ,  $У2$  и  $У3$ ), затем — на входы сумматоров ( $С1$ ,  $С2$  и  $С3$ ), на которые подается также один и тот же калибровочный синусоидальный сигнал с генератора ( $Г$ ). В сумматоре полезный и калибровочный сигналы линейно суммируются и далее усиливаются усилителями мощности ( $УМ1$ ,  $УМ2$ ,  $УМ3$ ), к выходам которых подключены записывающие головки ( $ГЗ1$ ,  $ГЗ2$  и  $ГЗ3$ ). Подмагничивание осуществляется постоянным током. Схемы питаются от стабилизированного источника ( $ИП$ ).



Рис. 1. Блок-схема усилителей записи



Назначение калибровочного сигнала состоит в том, чтобы синхронизировать записи полезных сигналов на трех независимых звуконосителях. Кроме того, калибровочный сигнал, частота которого постоянна и известна, позволяет достаточно точно определять скорость записи каждого участка фонограммы при известной скорости воспроизведения.

Дело в том, что скорость протяжки звуконосителей, определяемая скоростью набегающего потока воды, непостоянна и зависит от скорости плавания животного.

Уровень калибровочного сигнала составляет 2—3% от максимального уровня полезного сигнала.

На рис. 2 приведена принципиальная схема одного из усилителей записи. Первые 4 каскада схемы представляют собой усилители напряжения, каскады 5—7 усиливают сигнал по мощности.

Головки записи (ГЗ) включены непосредственно в эмиттерные цепи оконечных каскадов. В этом случае постоянные составляющие тока оконечных каскадов обеспечивают подмагничивание звуконосителей, а переменная составляющая обеспечивает запись полезного сигнала.

На рис. 3 приведена принципиальная схема  $RC$ -генератора калибровочного сигнала. Частота калибровочного сигнала 1230 гц.

Источником питания всех трех усилителей записи и генератора служат две последовательно соединенные батареи дисковых аккумуляторов типа 7Д-01.

Как уже указывалось ранее, этот вариант магнитофона разработан максимально упрощенным. Он неуправляем в процессе работы. Скорость записи непостоянна. Перечисленные недостатки отсутствуют у второго варианта магнитофона. Он отличается от первого, во-первых, наличием электродвигателя, что обеспечивает относительное постоянство скорости протяжки звуконосителей и

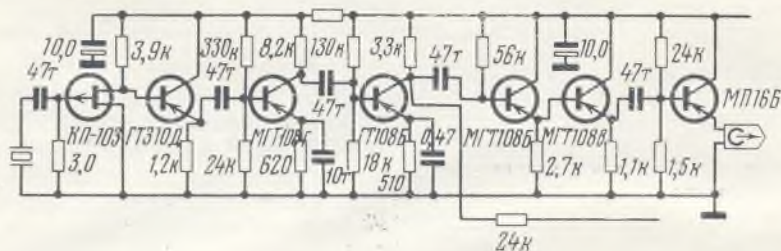
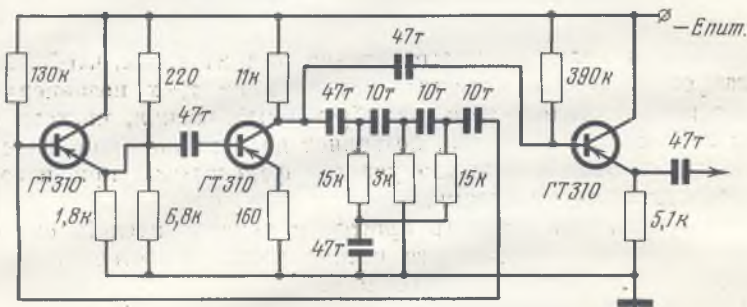


Рис. 2. Принципиальная схема одного из усилителей записи

Рис. 3. Принципиальная схема RC-генератора калибровочного сигнала



возможность работы с неподвижным животным, во-вторых, наличием системы дистанционного управления по радио работой магнитофона. Последнее обстоятельство позволяет вести запись не всей информации, а выборочно, по желанию экспериментатора в нужные моменты времени.

В промежутках между интервалами записи вся система находится в дежурном экономичном режиме и готова к включению по радиокоманде экспериментатора.

В конкретной конструкции магнитофона, которая была испытана и применялась в биоакустических исследованиях дельфинов, длительность дежурного режима составляла 4—5 часов, но легко могла быть доведена до суток.

Кинематическая схема второго варианта магнитофона ничем не отличается от первого варианта, только вместо турбины, приводимой во вращение набегающим потоком воды, применен электродвигатель типа ДПМ-25 с фрикционным редуктором, согласующим обороты двигателя и ведущей трехсекционной кассеты.

Применение электродвигателя позволило увеличить скорость протяжки звуконосителей до 3—4 м/сек и тем самым существенно улучшить качество записи.

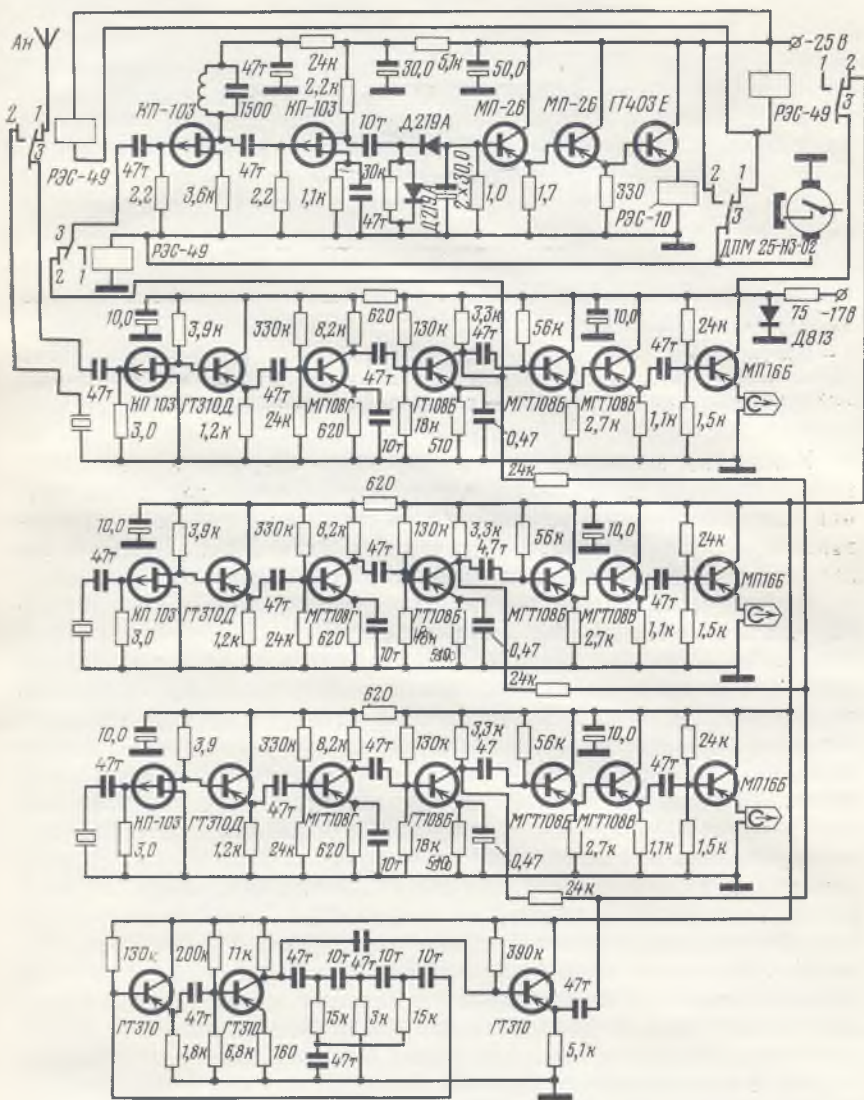


Рис. 4. Полная принципиальная схема электронной части второго варианта магнитофона



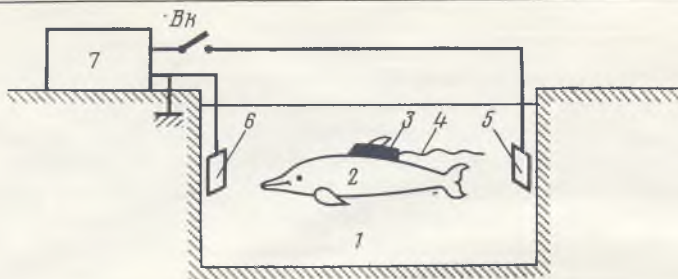


Рис. 5. Схема эксперимента

1 — водоём; 2 — дельфин; 3 — магнитофон; 4 — приёмная антенна дистанционного управления; 5 — излучающая антенна дистанционного управления; 6 — заземлённый полюс излучающей антенны; 7 — генератор командного радиосигнала

Усилители записи использованы такие же, как и в предыдущем варианте. Электронная часть магнитофона дополнена схемой дистанционного управления включением питания электродвигателя и усилителей записи, а также схемой реле времени, задающего время работы магнитофона после включения.

На рис. 4 приведена полная принципиальная схема электронной части второго варианта магнитофона.

В этом варианте магнитофона усилитель записи первого канала используют не только для усиления полезной биоакустической информации в периоды записи, но также для усиления сигналов радиокоманд в промежутках между записями (в дежурном режиме). С этой целью ко входу усилителя попеременно подключают приёмную антенну схемы дистанционного управления в дежурном режиме и датчик полезной информации (гидрофон при биоакустических измерениях) в период записи. Переключение антенны и гидрофона осуществляет электромеханическое реле. Выход каскада № 4 усилителя с помощью реле подключается попеременно либо ко входу схемы реле времени в дежурном режиме, либо к выходным каскадам и головке записи в рабочем режиме. Схема дистанционного управления магнитофоном включает в себя помимо усилителя записи первого канала (в дежурном режиме) ещё следующие узлы: резонансный усилительный каскад и реостатный каскад. Резонансный каскад усиливает избирательно радиокомандный сигнал с частотой 150 кГц. Реостатный каскад дополнительно усиливает командный сигнал и является источником сигнала для детектора, выход которого подключен ко входу составного эмиттерного повторителя. Детектор с эмиттерным повторителем составляют реле времени. В эмиттерную цепь эмиттерного повторителя включена обмотка электромеханического реле, через контакты которого подводится питание к электродвигателю ДПМ-25.

Схема эксперимента с применением дистанционного управления работой магнитофона показана на рис. 5.

В водоеме 1 плавает дельфин (или другое животное) 2, на котором укреплен магнитофон 3 со схемой дистанционного управления, ко входу которой подключена приемная антенна 4. В воде водоема расположены излучающая антенна 5 в виде металлической пластины, находящейся в электрическом контакте с водой, и заземленная пластина 6. Излучающая антенна подключена к генератору 7 через ключ *Вк*.

В нужный момент времени замыкают ключ *Вк* и на пластину 5 подают напряжение с частотой 150 кгц и амплитудой в несколько вольт. К этому моменту времени схема магнитофона включена в дежурный режим, при котором питающее напряжение подано на усилитель записи первого канала и электронное реле времени.

При включении радиокomандного сигнала в воде водоема создается радиотокковое поле, которое наводит в приемной антенне 4 электрическое напряжение той же частоты и вполне достаточной величины для срабатывания схемы включения магнитофона. Следует отметить, что таким способом может быть достигнута уверенная связь между излучающей и приемной антеннами, если они разнесены на расстояние в несколько десятков метров.

Принятый командный радиосигнал поступает на вход усилителя записи первого канала, усиливается им, поступает далее на вход резонансного каскада и включает реле времени. При этом замыкаются контакты № 2 и 3 реле *Рз* и питающее напряжение поступает непосредственно на электродвигатель. Включается протяжка звуконосителей. В этот момент приемная антенна отключается от входа усилителя записи первого канала, вместо нее подключается датчик полезной информации. Питающее напряжение подается на усилители записи второго и третьего каналов. Протяжка звуконосителей работает столько времени, сколько разряжается конденсатор на выходе детектора реле времени через входные цепи эмиттерного повторителя. Когда конденсатор разрядится, уменьшится ток через выходной транзистор ПП15 и реле *Рз* отключит двигатель от источника питания. Протяжка выключится. Схема перейдет в дежурный режим.

Чувствительность схемы дистанционного управления 300 мкв. Время рабочего режима 8 сек. Оно может быть регулируемо при наладке в широких пределах.

Воспроизведение записанных фонограмм осуществляют на усовершенствованном магнитофоне МН-61 с транспонированием в 2—2,5 раза в область низких частот. Усовершенствование состоит в том, что в магнитофоне МН-61 используют специально разработанный усилитель воспроизведения с низкочастотной и высокочастотной коррекциями, позволяющими с учетом транспонирования без искажений воспроизводить записанную информацию в полосе частот до 40—60 кгц, что соответствует реальной полосе частот 100—150 кгц.



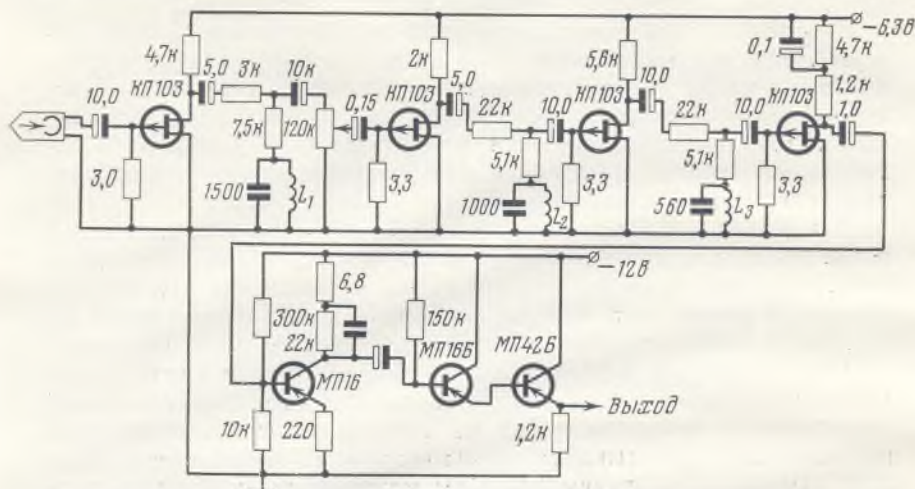


Рис. 6. Принципиальная схема усилителя воспроизведения

На рис. 6 приведена принципиальная схема усилителя воспроизведения.

Высокочастотную коррекцию осуществляют  $LC$  элементы в 1, 2 и 3-м каскадах схемы. Низкочастотную —  $RC$  элементы в коллекторных цепях 4-го и 5-го каскадов.

Реальная сквозная частотная характеристика запись — воспроизведение описанных экземпляров магнитофонов в диапазоне частот 100 гц — 100 кгц имеет неравномерность, не превышающую 3 дб.

Как уже говорилось выше, в магнитофоне применено подмагничивание звуконосителей постоянным током в целях упрощения схемы. Это несколько сужает динамический диапазон записи, который в данном случае составляет всего 35 дб. Однако наличие в единой компоновке трех магнитофонов позволяет при желании зарегистрировать сигналы в динамическом диапазоне примерно 100 дб. Для этого входы всех трех усилителей записи присоединяют к одному гидрофону, а коэффициенты усиления усилителей записи должны быть установлены такими, чтобы втрое перекрыть динамический диапазон одного канала записи. Тогда на одном звуконосителе будут записаны самые слабые сигналы (сильные сигналы будут искажены), на другом будут записаны средние по интенсивности сигналы, а на третьем — наиболее сильные (слабые и средние сигналы при этом будут записаны слабо).

Описанный магнитофон может быть применен для регистрации не только биоакустической информации. С еще большим успехом он может регистрировать биогидродинамическую (а также

физиологическую) информацию, которая не столь широкополосна, как биоакустическая, и, следовательно, не требует высокой скорости протяжки звуконосителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Романенко Е. В., Янов В. Г., Аюпиан А. И. 1974. Методика исследования эхолокационного аппарата дельфина с помощью радиотелеметрической системы. Наст. сборник.
- Янов В. Г., Романенко Е. В. 1972. Радиотелеметрическая система для измерения гидродинамических параметров дельфинов в условиях ограниченной акватории.— Бионика, 6.
- Diercks K. I., Trochta R. T., Greenlaw C. F., Evans W. E. 1971. Recording and Analysis of Dolphin Echolocation Signals.— JASA, 49, No 6, part 1.

### ОРГАНИЗАЦИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ У ЧЕРНОМОРСКОЙ АФАЛИНЫ

*В. И. Марков, В. А. Тарчевская, В. М. Островская*

Появление у животных способности к комбинаторике (т. е. способности формировать структурные единицы более высокого ранга на основе элементарных единиц некоторого кода) и переход к использованию для общения сигналов, построенных на ее основе, позволили резко расширить возможности коммуникативных систем и сделать их более гибкими.

Возникновение комбинаторики было подготовлено и в значительной степени обусловлено достижением животными в процессе филогенеза достаточно высокого уровня высшей нервной деятельности, развитием сложных форм индивидуального и группового поведения и усложнением социальной структуры сообществ, в комплексе определивших необходимость значительного увеличения объема циркулирующей внутри вида информации. Естественно, возможности коммуникативных систем должны были полностью удовлетворять этой необходимости, однако на известном этапе развития коммуникативные системы «закрытого» типа, использующие ограниченный набор простых сигналов, даже при развитой полисемии оказались не в состоянии обеспечить потребности видов.

Выходом из создавшейся ситуации «сигнального голода» первоначально могло стать использование сигнальных рядов, в которых семантика сигнала определялась их местом в последовательности и характером окружения. Сближение сигналов, устранение пауз между ними и появление дуальности могло привести к возникновению простого комбинирования; следующим шагом могло быть