

Глава 3. Т Е Л Е М Е Т Р И Ч Е С К А Я С И С Т Е М А
"Л О С Ь - 3" И О П Т И М А Л Ь Н Ы Е М Е Т О Д Ы
Р А Б О Т Ы С Н Е Й

3.1. Общие требования к аппаратуре для передачи информации о состоянии животного

Системы радиопрослеживания дают только информацию о местоположении животного, о его перемещениях. По данным непрерывного прослеживания можно судить о суточном ритме активности зверя, но лишь в самых общих чертах.

За рубежом радиометки зачастую снабжают "датчиками активности", изменяющими период повторения импульсов в зависимости от механических колебаний корпуса передатчика. Мы изготовили несколько таких радиометок, а также испытали образец американского производства. Имея возможность визуально наблюдать животное, мы иногда обнаруживали, что передатчик на лежащем животном начинал давать сигнал, соответствующий двигательной активности (из-за колебаний ошейника в такт дыханию), а во время пастбы - состоянию покоя. Вероятно, ненадежная работа аналогичного датчика могла быть причиной получения данных о чрезвычайно неритмичном поведении серны (Perin et.al., 1989).

Более надежным представляется метод определения поведения оснащенных простыми радиометками животных, основанный на регистрации изменения амплитуды радиосигнала (Соколов, Сухов, 1986). Метод наиболее надежен при микрокомпьютерной обработке принятых данных (Nams, 1989). Мы определяли перемещение передатчика еще одним способом. Из-за интерференции радиоволн пеленг не всегда точно совпадает с направлением на радиометку, однако в случае неподвижности передатчика и приемника этот сдвиг постоянен, а в случае даже весьма небольших сдвигов

меченого животного (на 1-2 метра) появляются колебания пеленга, которые приблизительно равны 1 угл.град., вполне могут быть обнаружены и свидетельствуют о движениях животного.

Все эти способы обладают существенным недостатком. Мы наблюдали, как лоси, косули, олени длительное время стоят неподвижно в случае опасности. Считать это состояние "неактивным" вряд ли целесообразно. Наиболее точную и подробную информацию о состоянии животного в каждый момент времени могут дать только телеметрические системы, передающие физиологические параметры.

Зарубежные фирмы-производители радиометок практически не уделяют внимания выпуску такой телеметрической аппаратуры. Вероятно, это связано с тем, что исследователи недооценивают возможности, предоставляемые телеметрией, несмотря на то, что передача физиологической информации впервые осуществлена раньше, чем радиопрослеживание (Fuller, Gordon, 1948). Все работы, судя по литературным данным, выполнены на "самодельной" аппаратуре (Соколов и др., 1979, Cederlund et.al., 1979, Безносиков, 1972, Brown, Taylor, 1984), и разнообразие схем передающей и приемной аппаратуры свидетельствует об отсутствии общих подходов к решению этой технической задачи (Davis et.al., 1984, Schwartz et.al., 1984). Подробно разработаны отдельные вопросы, касающиеся датчиков (Kimmich, 1980, Geddes et.al., 1969), способов записи сигналов (Kreeger et.al., 1989), способов кодирования (Jacobsen, Stuart, 1978, Francz, Dudemaine, 1975, Morhardt, 1972). Зарубежные системы для физиологической телеметрии не рассчитаны на определение местоположения животного. В случае изучения копытных такая потеря информации, как правило, недопустима.

В СССР производились серийно медицинские телеметрические

системы, однако дальность их действия не превышает 200 м ("Спорт"), что существенно ограничивало возможности эксперимента и позволяло работать только в загонах (Богомолова, Курочкин, 1984).

При разработке к телеметрической системе "Лось-3" предъявлялись следующие требования:

1. Аппаратура должна быть совместима по сетке частот и мощности с системой "Лось-2". Должна обеспечиваться возможность пеленгации передатчиков "Лось-3" приемниками "Лось-2".
2. Аппаратура должна удовлетворять всем требованиям, перечисленным в п. 2.1.

3.2. Способы кодирования биологической информации

Очевидно, что при разработке биотелеметрических систем выбор рабочих частот, типов излучающих антенн и источников питания определяются почти теми же начальными условиями, что и при разработке систем прослеживания, и поэтому решения практически совпадают. Дополнительными условиями являются вид, количество телеметрической информации, подлежащей передаче. Соответственно, новой задачей оказывается выбор способа кодирования, обеспечивающего необходимую скорость передачи при наименьших энергетических затратах. Основная трудность здесь заключается в том, что для передачи телеметрической информации требуется, как правило, существенно большая мощность передатчика, чем для прослеживания. Так как емкость источника питания ограничена, разработчик встречается здесь с еще большими трудностями, чем при проектировании системы прослеживания. Способ кодирования должен существенно зависеть от того, какая именно информация будет передаваться по радиотелеметрическому каналу.

Для передачи данных о температуре тела достаточно сделать

период повторения импульсов радиометки пропорциональным температуре датчика. Путем простой замены блока 1 (рис. 12) управляемым мультивибратором оказалось возможным приспособить передатчик "Лось-2" для целей температурной телеметрии. Наибольший период 1-1,5 с, длительность самого импульса - 35-50 мс для обеспечения совместимости с системой "Лось-2".

Сложнее задача передачи данных о частоте сердечных сокращений (ЧСС). Наиболее экономичный способ, при котором каждому сердечному сокращению соответствует один импульс передатчика, как оказалось, имеет существенные недостатки, рассмотренные Джекобсеном и Стюартом (Jacobsen, Stuart, 1978). Предварительная обработка информации при этом способе кодирования производится уже на передающей стороне, что требует некоторых энергозатрат и "хороших" датчиков, свободных от помех от движений животного. Наш опыт показывает, что в случаях обрыва проводов, соединяющих датчики с передатчиками, потери передатчика (и, очевидно, гибели животного) радиоизлучение, если не принять специальных мер (подача сигнала тревоги), прекращается, и уже невозможно найти животное или передатчик. Практически, животные всегда обрывали провода раньше, чем бывали израсходованы батареи - максимум через несколько суток после установки передатчика. По этим причинам при разработке системы "Лось-3" в качестве основного был выбран режим непрерывной передачи радиосигнала.

При передаче электрокардиограммы (ЭКГ), электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электромиограммы (ЭМГ) вообще нельзя обойтись импульсным режимом передачи. Приходится выбирать между однократной и двойной угловой модуляцией (УМ). Имеющие лучшую помехозащищенность и энергетически более выгодные способы передачи с помощью шумоподобных сигналов требуют слишком

сложных и дорогостоящих кодирующих устройств на передающей стороне, кроме того, в СССР запрещено использовать шумоподобные сигналы в аппаратуре широкого применения ввиду затрудненности контроля. Если не предполагается работа на предельных дальностях, то, как показали эксперименты, наилучшую точность обеспечивают системы с двойной угловой (частотной) модуляцией (ЧМ). Однако, если смириться с некоторой потерей точности, не всегда проявляющейся реально, то заметно большую дальность могут обеспечить системы с однократной УМ.

Особого внимания заслуживает проблема записи фетальной ЭКГ (Jenkins, 1986, Abouleish, Johnson, 1986) и интерпретации получаемых результатов (Martin, Gingerich, 1976, Wiswell, 1986). Амплитуда полезного сигнала настолько мала, что практически невозможно получить запись, свободную от помех, и по которой можно было бы не только определить ЧСС, но и воспроизвести форму кривой ЭКГ плода.

Как показала практика применения телеметрических систем, источниками самых значительных и неустранимых помех являются несовершенные датчики телеметрических сигналов, а также провода, соединяющие датчики с входами передатчиков. Бессмысленно применение двойной ЧМ для передачи ЭКГ бегущего лося, т.к. помехи от смещения электродов сводят на нет все ее преимущества. Исходя из этих соображений, в передатчиках для ЭКГ, ЭМГ и ЭЭГ в системе "Лось-3" применена именно однократная частотная модуляция.

Эта система рассчитана на одновременное использование до 8 одноканальных передатчиков, укрепляемых на животных. Могут применяться те же приемники, что и в системе "Лось-2". Кроме того, необходимы дешифраторы по числу задействованных одновременно каналов. Рабочие частоты - те же, что и у системы

"Лось-2". Обеспечена возможность пеленгации передатчиков "Лось-3" и одновременной работы на остальных каналах радиометок типа "Лось-2". Мощность, в соответствии с выданным нам разрешением на использование радиочастот, не должна превышать 30 мВт, но в большинстве случаев используются меньшие мощности. Отклонение частоты от номинала не более $30 \cdot 10^{-6}$, полоса, занимаемая в эфире, не более 2 кГц, обычно до 1 кГц.

3.3. Передатчики "Лось-3"

Принципиальная схема передатчика для передачи ЭКГ приведена на рис. 14. Блок 1 - усилитель биопотенциалов, имеющий коэффициент усиления 20-100. Остальное усиление достигается параметрическим путем. Блок 2 - задающий генератор, особенность которого - в использовании сдвигающего последовательного LC-контра вместо обычно применяемой емкости. Контур в коллекторной цепи настроен на 5 гармонику основной частоты кварцевого резонатора. В отличие от задающего генератора "Лось-2", в котором кварцевый резонатор возбуждался непосредственно на 5 механической гармонике, здесь резонатор работает на основной частоте, и требуемая гармоника выделяется коллекторным контуром. Блок 3 - выходной усилитель - такой же, как в передатчике "Лось-2".

Монтаж, размеры блоков, их заливка полностью аналогичны описанным для "Лося-2". В основном использовался вариант сборки в корпусе, рассчитанном на батарею ЗРЦ-53, как наиболее универсальный: на новорожденного лосенка можно было установить легкий передатчик (массой 60 г), а для установки на взрослого лося этот же передатчик подсоединяли к контейнеру с батареей ТХЛ-10 или ЗРЦ-85. Особый вариант сборки применялся для изготовления радиомикрофона. Для обеспечения многоканальной записи мы устанавливали на животное столько передатчиков, сколько каналов

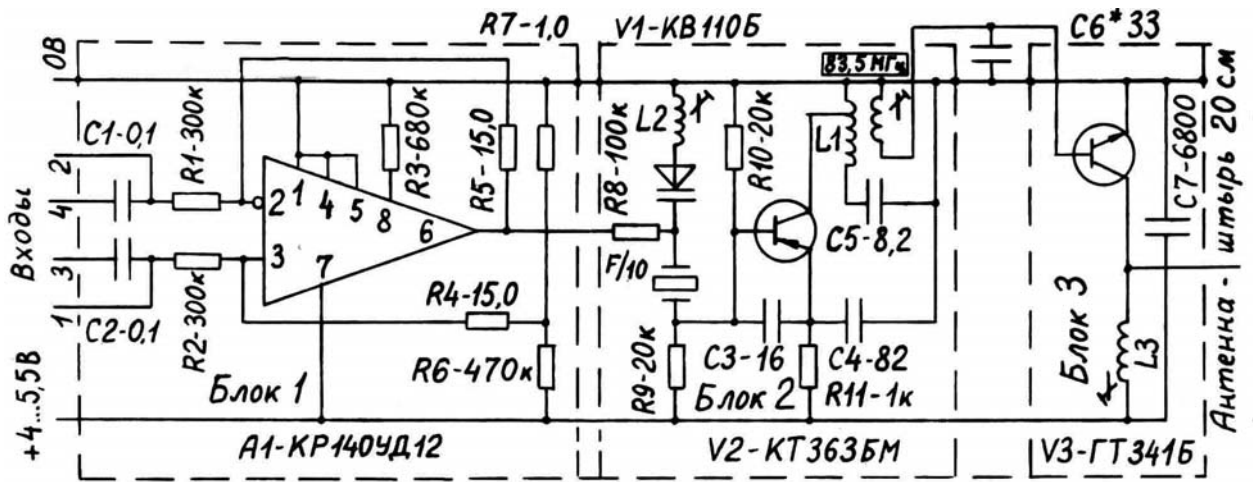


Рис. 14. Принципиальная схема передатчика "Лось-3".

Конструкция катушек и марки провода те же, что для передатчика "Лось-2" (см. рис. 6). Числа витков: L1 - 11 1/4 и 3 1/4, L2 - 50 внавал, L3 - 4 3/4

было необходимо, что оказалось возможным благодаря малым размерам и весу каждого одноканального передатчика. В отличие от радиометок, соединение между собой разных блоков передающей части системы внешними проводами не приводит к существенному снижению надежности, т.к. за 40 суток - максимальный срок действия системы - вода не успевает повредить батареи.

Передатчики укреплялись на лосях с помощью специальной шлеи, состоящей из верхней и нижней площадок из толстой капроновой ткани, соединенных между собой 4 ремнями с пряжками. Верхняя площадка находилась на холке, нижняя - между передними ногами. Два ремня проходили по груди и были дополнительно соединены короткой стяжкой из ремня, два других проходили по бокам за передними ногами. Передатчики (один или два) устанавливались на верхней площадке, провода были почти по всей длине пришиты к ремням и таким образом защищены от обрыва.

Для записи ЧСС плодов в утробе лосихи шлея дополнялась опоясывающим ремнем, соединенным тремя стяжками с площадками. Провода к электродам на брюхе проходили по верхней стяжке и затем вниз по опоясывающему ремню (рис.15).

Небольшие размеры передатчиков позволили применить их также и в других исследованиях, на животных меньших размеров.

Шлея для пятнистых оленей имела ту же конструкцию, только использовались эластичные ремни. На кабанах можно использовать крепление от передатчиков "Лось-2" (см. выше) без переделок.

Испробован вариант крепления трех передатчиков с небольшими батареями ЗРЦ-55 при помощи пластинки из оргстекла на рогах самца косули, проведена запись ЭЭГ по 3 каналам.

Датчики частоты дыхания были изготовлены как на основе термисторов, так и на основе вольфрамовых нитей от лампочек карманного фонаря. Эти датчики реагируют на разность температур



Рис. 15. Лосиха во время одновременной записи ее ЭКГ и ЭКГ плода

вдыхаемого и выдыхаемого воздуха изменением сопротивления. Остеклованный термистор оказался слишком инерционным. Опробован датчик на основе однокристалльного тензопреобразователя - измерителя давления (разработка МИФИ), реагирующий непосредственно на скорость потока воздуха в носовых ходах. На рис. 16 показан способ установки датчика на лося при помощи недоуздка. Передатчик мог располагаться либо на основной шлее и подключаться проводами, либо непосредственно на недоуздке. В последнем случае питание передатчика осуществлялось от легких источников ЗРЦ53 или ЗРЦ55.

Наилучшего качества записи ЭКГ при одноканальной регистрации удалось добиться при расположении электродов, приблизительно соответствующем третьему сагиттальному отведению (Роцевский, 1978): один электрод располагался на холке вблизи средней точки линии, соединяющей каудальные углы лопаток, второй - между передними ногами. Это отведение позволяет получить высокую амплитуду R-зубцов ЭКГ и устойчиво к помехам, возникающим при движении животного. Использование описанной системы отведения позволило осуществлять надежную длительную регистрацию ЭКГ на расстоянии до 2-4 км даже у идущего, а иногда - и у бегущего животного.

В качестве кардиографических электродов применялись обычные "английские" булавки, к которым припаивались отрезки провода или мягкого антенного канатика. После стерилизации в спирте булавки вкалывали в кожу животного и застегивали. У лосей признаков инфекции, как правило, не наблюдается в течение нескольких недель, у некоторых пятнистых оленей (в вольере) через неделю наблюдалось нагноение.

Несколько менее надежные, но зато быстро устанавливаемые и поправляемые электроды сделаны из гардинных прищепок,



Рис. 16. Лосиха с датчиком дыхания. Фото Ю.А. Курочкина

которыми захватывали складку кожи, смазанную электродной пастой. В некоторых случаях применялись резиновые ремни с металлическими площадками, прижимаемыми к коже. Шерсть не выстригали, контакт за счет электродной пасты обеспечивал удовлетворительное качество записи.

Имплантируемые передатчики ЭКГ обладают лучшей помехозащищенностью и защищенностью от внешних воздействий, а снижение радиуса действия может быть скомпенсировано ретранслятором (Cupal et.al., 1974, Renecker, Hudson, 1985, 1986). В связи с необходимостью быстрой установки телеметрических передатчиков мы не использовали имплантируемой аппаратуры.

3.4. Приемная часть системы

Поскольку для передачи телеметрической информации используются те же частоты, что и для радиопрослеживания, не надо было разрабатывать новые приемники. Принятая величина девиации 200-500 Гц позволила достичь хорошего отношения сигнал/шум за счет демодуляции сигнала промежуточной частоты 1-2 кГц в ЧМ детекторе с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ), в дальнейшем для краткости называемым "дешифратором". При таком построении приемной части удавалось вести запись ЭКГ при сигналах, почти незаметных на слух из-за шума. Приемники прямого преобразования "Лось-2" дают на выходе промежуточную частоту, равную 1-2 кГц, непосредственно подаваемую на дешифратор. Приемник Р-323 (с конвертером), работающий в режиме биений, также пригоден для работы в системе "Лось-3". По такой же схеме можно использовать и приемник Р-313М2 (к нему не нужен конвертер), так как при некотором навыке можно настроиться на телеметрический сигнал по тону, но только при небольшом числе занятых каналов.

Принципиальная схема одного канала дешифратора приведена

на рис. 17. Блок 1 - генератор, управляемый напряжением (ГУН). Его отличие от обычно применяемых схем состоит в использовании инвертора-повторителя на микросхеме А1, управляемого триггером Шмитта на микросхеме А3 вместо компаратора. При таком схемном решении интегратор на микросхеме А2 поочередно накапливает равные по модулю втекающий и вытекающий токи, причем только на линейном участке своей характеристики. В результате удается достичь хорошей линейности зависимости генерируемой частоты от входного напряжения. Смесителем служит инвертор-повторитель на микросхеме А5 (блок 2), схема которого идентична примененной в ГУН. На А4 и А6 собраны усилители-ограничители, обеспечивающие необходимые уровни сигналов на смесителе и выходе дешифратора соответственно. Коэффициент усиления А6 подбирается таким, чтобы амплитуда полезного сигнала была около 1,5-2 В. В этом случае сильные помехи будут ограничены и не вызовут поломки пера самописца.

Однако не всегда имеет смысл демодулировать сигнал промежуточной частоты. Он вполне пригоден для записи на обычный бытовой магнитофон. В этом еще одно преимущество предлагаемой схемы построения телеметрической системы. Полоса частот применяемого магнитофона может быть ограничена 1,5-2 кГц, что позволяет использовать низкие скорости ленты. На стереомагнитофон можно записывать одновременно либо 2 телеметрических канала, либо 1 канал и комментарий. Опробовался специальный кассетный магнитофон с 4-дорожечной головкой от реверсивного стереомагнитофона и имеющий по 4 усилителя записи и воспроизведения. Он может записывать одновременно 3 канала и комментарий.

Таким образом, на вход дешифратора может быть подан либо сигнал промежуточной частоты 1-2 кГц с выхода приемника, либо этот же сигнал, воспроизводимый с магнитной ленты. В

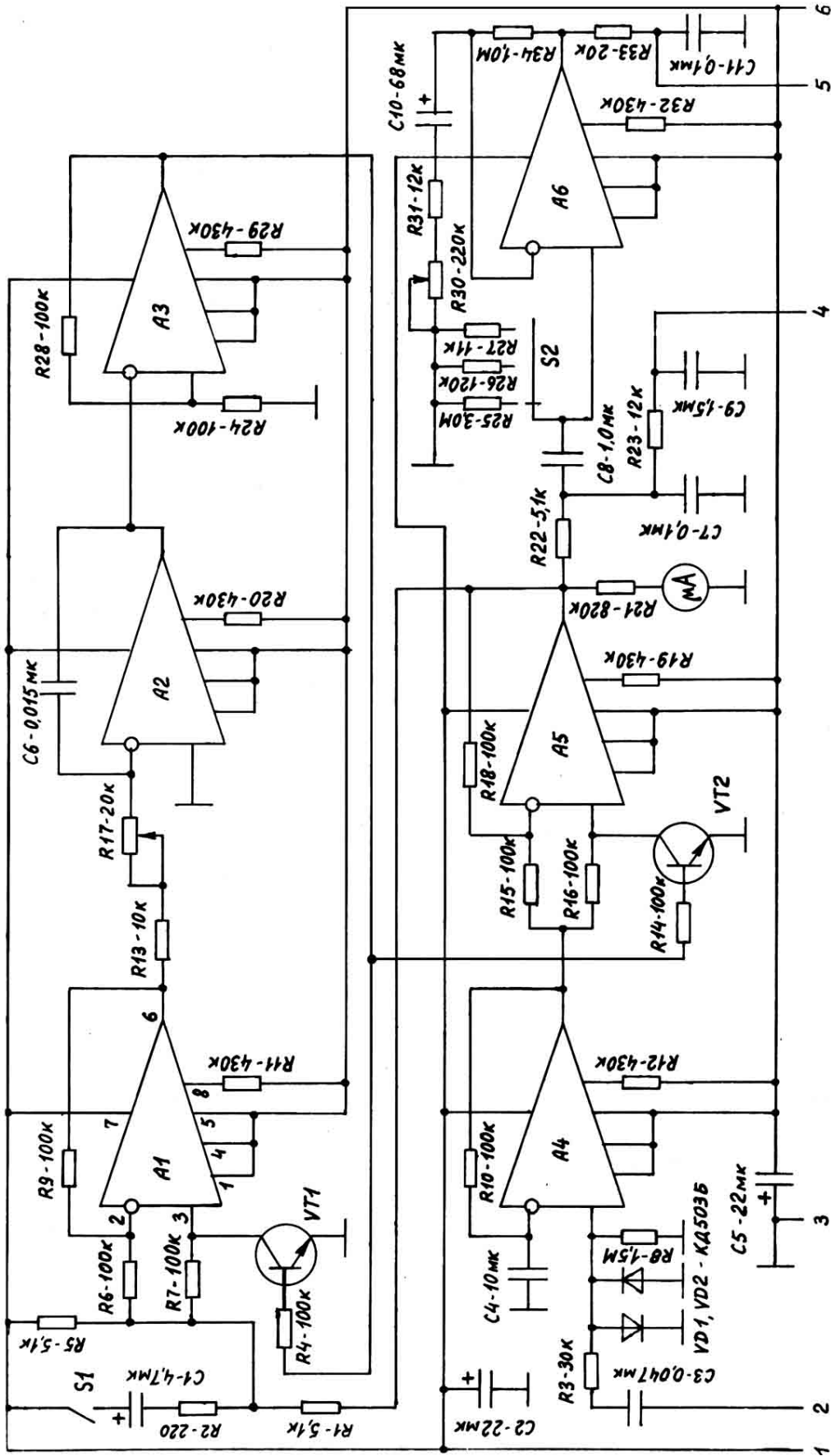


Рис. 17. Принципиальная схема одного канала дешифратора.

Назначение выводов: 1 - питание +4,5 В, 2 - вход, 3 - общий, 4 - выход ЧД, 5 - выход ЭКТ (либо ЭЭГ, ЭМГ), 6 - питание -4,5 В

последнем случае появляется возможность многократного воспроизведения одного и того же особо важного участка записи при различных характеристиках (полосах захвата и удержания) схемы ФАПЧ, а также при различных полосах пропускания усилителя А6. В некоторых случаях вместо А6 и в составе петли ФАПЧ использовались активные полосовые фильтры.

На рис. 18 в качестве примеров показаны блок-схемы двух вариантов комплектов аппаратуры "Лось-3", применявшихся нами для записи физиологической информации при одновременном визуальном наблюдении из укрытия, либо при одновременной записи звуков, производимых животными. Предварительная запись на магнитофон позволяет вести работу в условиях, исключающих возможность непосредственной регистрации с помощью самописца.

Первый вариант используется в тех случаях, когда животное не выходит за пределы зоны уверенного радиоприема. Его преимущества: возможность многосуточной непрерывной записи, возможность записи в отсутствие наблюдателя. На схеме показан только один канал физиологической информации, практически же их число ограничивается только числом передатчиков, которое способно нести одно животное. Этот вариант наиболее удобен для решения задачи определения суточного ритма активности диких животных в естественных условиях.

Второй вариант используется, если нет необходимости в непрерывной записи. Наблюдатель включает запись и ведет комментарий только в интересующие его моменты, например, во время взаимодействия между изучаемыми животными. Наблюдатель с пеленгатором и магнитным регистратором может следовать за перемещающимся животным, все время находясь в зоне уверенного радиоприема. Это особенно важно на сильнопересеченной местности, где стационарные антенны могут обеспечить устойчивый прием

.

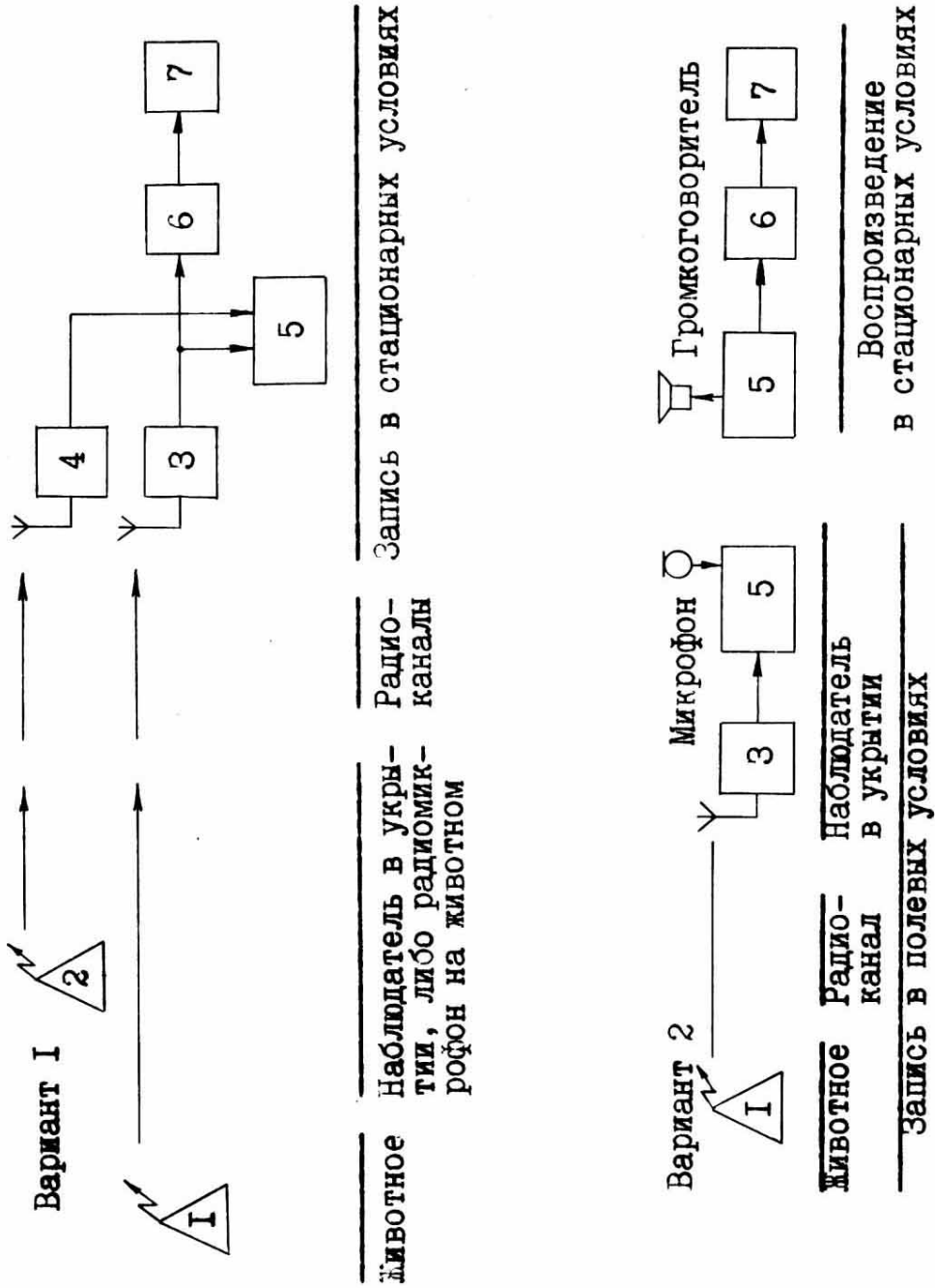


Рис. 18. Оптимальные варианты применения системы "Лось-3".

1 - передатчик, 2 - рация (на передаче) или радиомикрофон, 3 - приемник, 4 - рация (на приеме) или приемник, 5 - магнитофон, 6 - дешифратор, 7 - самописец

только на расстояниях до 1,5-2 км (тогда как на ровной местности сигналы хорошо принимаются с расстояний до 8-10 км).

Необходимо отметить, что дальность уверенного приема сигналов радиомикрофона, при которой отсутствует зашумление, вследствие значительной ширины полосы сигнала, ограничена 0,5-1 км даже при наилучших условиях распространения радиоволн. Даже при небольшом зашумлении бывает практически невозможно идентифицировать воспроизведенные звуки, хотя при хорошем сигнале звуковой канал дает прекрасную информацию о поведении животного.

3.5. Представление и обработка телеметрической информации.

Микрокомпьютер находит все большее применение в обработке данных телеметрической информации (Cooper, Charles-Dominicue, 1985), однако его потенциальные возможности (Фурно и др., 1983) раскрыты далеко не полностью. Специфические требования к микро-ЭВМ для полевых работ потребовали самостоятельной сборки предельно простого микрокомпьютера "РАДИО-86РК" (далее - РК) на основе опубликованной схемы (Горшков и др., 1986), но с возможностью автономного питания от аккумулятора и с периферийными интерфейсами для подключения к телеметрической аппаратуре. Эту же микро-ЭВМ использовали для последующей обработки полученных материалов.

Значительная часть информации, получаемой по телеметрическим каналам, обычно является избыточной, поэтому необходимо применение различных методик ее сжатия, т.е. выделения наиболее важной. Кроме того, записи редко бывают чистыми, без помех, поэтому при обработке необходимо отделять полезный сигнал от помехи. Выделение ЧСС из записи ЭКГ - пример обычного приема сжатия информации.

Преимущество бумажной ленты - наглядность представления

информации - используется для отделения полезного сигнала от помех в тех случаях, когда фильтрация затруднена. Например, многие из записей бывают местами зашумлены, забиты импульсными помехами, недостаточно стабильна изолиния на записи ЭКГ. Визуально на бумажной ленте зубцы кардиограммы могут быть хорошо различимы, но написать программу для ЭВМ, способную выделять эти зубцы на фоне сильных помех - задача достаточно сложная. Поэтому был выбран другой путь для дальнейшей обработки материала в условиях стационара - полуавтоматическая обработка.

Сначала информация с магнитной ленты переписывается на бумажную с подбором характеристик дешифратора по минимуму воспроизводимых помех. Затем производится вручную подготовка кривой к вводу в ЭВМ: в особо зашумленных местах напротив видимых полезных сигналов ставятся отметки, совпадающие по временной шкале с этими сигналами. В сомнительных случаях отметка также ставится в канале комментария. Отметки ставятся остро заточенным карандашом (желательно "ретушь") по угольнику для наилучшего совпадения их по времени с R-зубцами ЭКГ. Разумеется, на "чистых" участках никакой доработки не нужно.

Затем подготовленная таким образом лента пропускается через специально разработанное для этой цели фотосчитывающее устройство, изготовленное на базе самописца Н-338-4.

Используется только лентопротяжный механизм самописца, перья на оси гальванометров не устанавливаются. Над лентой на специальной раме укреплены 3 фотосчитывающие головки, конструкция которых представлена на рис. 19. Оптическая система формирует читающий штрих шириной около 0,3 мм и длиной 1-1,5 мм.

Штрих можно вручную по ходу работы смещать перпендикулярно ходу бумаги (в другой модификации - по отрезку окружности с

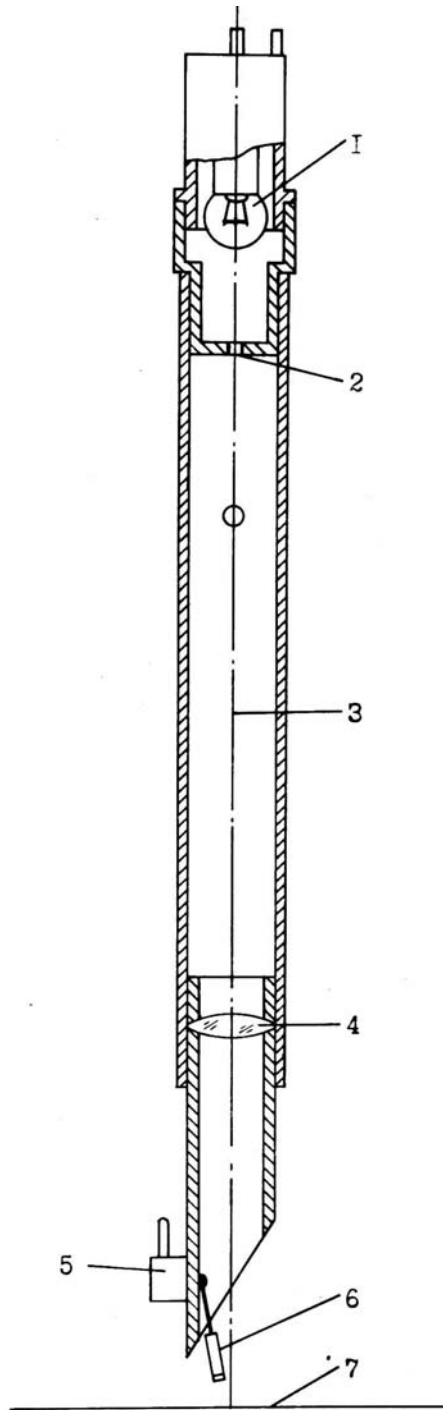


Рис. 19. Конструкция фотосчитывающей головки.

1 - лампа МН-2,5-0,75, 2 - диафрагма, 3 - оптическая ось системы, 4 - линза (объектив), 5 - разъем (к схеме контроллера, рис. 20), 6 - фоторезистор СФ2-1, 7 - плоскость диаграммной ленты

центром на оси гальванометра для исключения ошибок, связанных с криволинейностью координат записи). Отраженный от ленты свет попадает на фоторезистор, включенный в схему, показанную на рис. 20. Схема содержит компаратор (A1), напряжение на выходе которого имеет высокий уровень в момент прохождения читающим штрихом темных участков, и низкий - во время прохождения светлых. На микросхеме A2 собран формирователь, вырабатывающий сигнал управления микро-ЭВМ. Для управления микро-ЭВМ типа РК использовался в качестве дополнительного формирователя счетный триггер A3. Применение фоторезистора позволило за счет зависимости его инерционности от уровня освещенности достичь хорошей помехоустойчивости схемы по отношению к паразитным засветкам, в том числе лампами дневного света.

Ввод данных в машину с помощью фотосчитывающего устройства обычно ведется на той же скорости, с которой производилась запись, но при некотором навыке можно вводить и с большей скоростью, для чего в машинной программе предусматривается запрос соответствующих коэффициентов.

Лента заправляется в прибор так, чтобы начальная временная метка совпала с читающим штрихом вспомогательного канала, читающие штрихи основных головок направляют так, чтобы при движении ленты они проходили только по R-зубцам ЭКГ. После начала движения ленты необходимо внимательно следить за процессом считывания и вести читающие штрихи, обходя помехи, по нужным зубцам и меткам. Если запись имеет более двух каналов, считывание повторяют, осуществляя синхронизацию либо по временным меткам, либо по одному из считанных ранее каналов.

Очевидно, что в машину будет введена таким способом лишь часть информации, содержащейся в ЭКГ, а именно - длительности последовательных R-R интервалов. Для характеристики эмоцио-

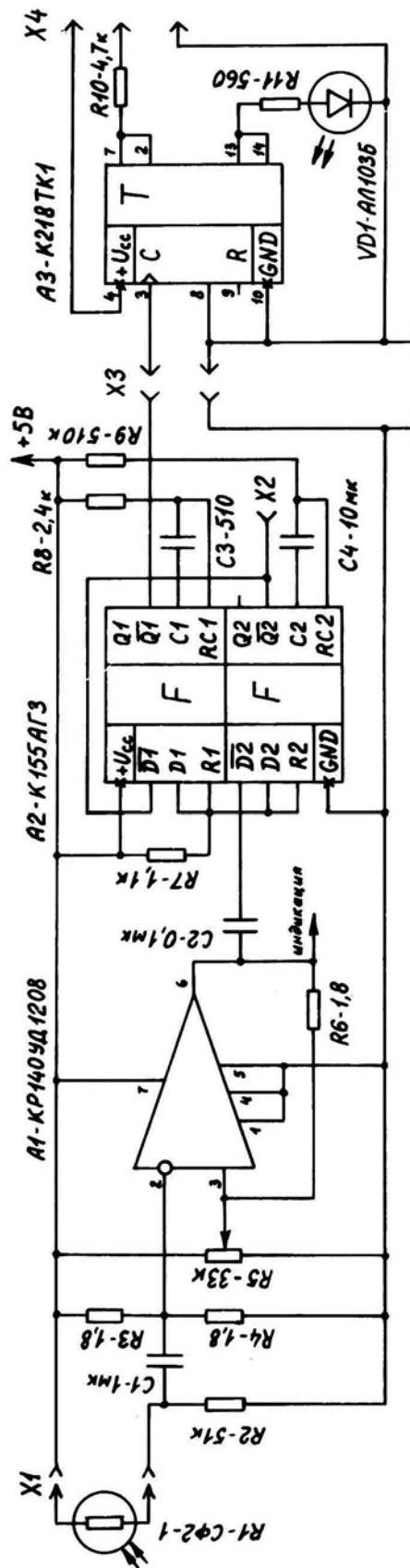


Рис. 20. Принципиальная схема одного канала контроллера фотосчитывающего устройства

нального состояния бывают полезны и данные о форме кривой ЭКГ, но их проще бывает учесть при ручном вводе.

Полученные массивы данных после исключения сомнительных точек могут быть пересланы в память более мощных ЭВМ для дальнейшей обработки.

Удобнее всего хранить результаты прослеживания на машинных носителях, однако в связи с низкой надежностью ЭВМ приходилось обязательно немедленно дублировать данные распечаткой. Кроме того, записи на магнитных лентах и дискетах в условиях экспедиции легко могут быть повреждены, достаточно, например, положить рядом с кассетой выключенный передатчик, снабженный магнитом.

Некоторые из машинных программ, использованных в данной работе, приведены в приложении. Эти программы, написанные на языке Бейсик и в машинных кодах, требуют весьма небольшого объема оперативной памяти и могут работать на простейших машинах на базе микропроцессора типа 8080 (КР580ВМ80А). Адаптация к конкретной машине обычно сводится к изменению способов или адресов обращений к портам, обслуживающим периферийные устройства. Значительная часть графиков, приведенных в данной работе, построена при помощи программы ФС.

После ввода данных в машину с фотосчитывающего устройства производят вспомогательную операцию "смены меток" и "редактирование", т.е. исправление ошибок ввода. Затем данные выводят на двухкоординатный самописец (плоттер). По оси ординат перо устанавливается в точку, соответствующую обратной величине к длительности введенного интервала (например, R-R), после чего оно сдвигается по оси абсцисс на расстояние, пропорциональное длительности этого интервала. Затем перо сдвигается по оси ординат в точку, соответствующую обратной величине к длитель-

ности следующего интервала, и т.д. В результате получается график, по оси ординат которого откладывается мгновенное значение частоты (например, ЧСС или ЧД), а по оси абсцисс - время, причем шкала времени получается равномерной. Воспроизводятся также метки времени (перо опускается до оси абсцисс). Именно так построены графики на рис. 2 и им подобные. Кроме того, программа позволяет вычислять индексы вариационной пульсометрии (Баевский и др., 1984).

Для облегчения обработки большого количества протоколов суточной активности автором составлена простая машинная программа. Информация вводилась вручную в микро-ЭВМ в формализованном виде - в виде условных номеров состояния:

- 0 Отсутствие данных о состоянии
- 1 ОР, бег, игра, и другие состояния с повышенным возбуждением
- 2 Перемещения без пастьбы
- 3 Пастьба
- 4 Кормление молоком (для лосят - сосание)
- 5 Жвачка стоя
- 6 Прочие действия стоя, спокойное стояние
- 7 ОР лежа
- 8 Жвачка лежа
- 9 Бодрствование лежа без жвачки
- 10 Сон

Длительности интервалов округлялись до 1 минуты. Наиболее наглядно информация представлялась в виде графиков, обозначения по оси ординат которых соответствовали условному номеру состояния, по оси абсцисс - времени суток. В дальнейшем эти графики для краткости будут называться "актограммами" (Соколов,

Кузнецов, 1978) Представленные в гл. 8 актограммы (рис. 60-64 и им подобные) построены микро-ЭВМ автоматически, при помощи плоттера.

Машинная программа также позволяла вычислять суммы периодов различных видов активности за сутки, особо выделять какие-то определенные виды активности, например, для построения графиков (рис. 68).

В тех случаях, когда мы оценивали активность животного по динамике его ЭКГ, записанной по телеметрическому каналу без комментария, количество различаемых состояний животного было меньше: нельзя было различить, например, состояния 2 и 4, 5 и 6, 9 и 10.

Объединяя состояния 1,2,3,4,6,7 как "активные", и 5,8,9,10, как "неактивные", и при анализе игнорируя смену "активных" и "неактивных" состояний, если интервал составлял менее 15 минут, мы получали "обобщенный" ритм активности.

Обработка большого количества данных о прослеживании также представляет некоторые трудности, особенно при ручной пеленгации. В любом случае данные пеленгации, выраженные в угловых координатах, необходимо переводить в декартовы для дальнейшей обработки. Можно это сделать графическим способом, отметив на карте местоположение антенн и проводя линии, соответствующие пеленгам. Этот способ пригоден для оперативного определения координат, например, перед поиском зверя для непосредственных наблюдений. Но обработка больших массивов данных таким способом заняла бы слишком много времени. Значительно ускорить обработку может пересчет координат на программируемом микрокалькуляторе. Разработанная для микрокалькулятора МК-56 программа приведена в приложении. Практически без изменений эта программа использовалась на микро-ЭВМ ДЗ-28, она была лишь дополнена блоками

вывода данных и результатов на печать и печати графиков суточных перемещений.

Таким образом, мной (при участии сотрудников группы экологической телеметрии животных ИЭМЭЖ) была впервые в СССР разработана и изготовлена биотелеметрическая аппаратура, отвечающая всем необходимым требованиям работы с дикими и домашними животными, разработаны методики ее применения, сбора и обработки телеметрической информации.

С помощью систем "Лось-2" и "Лось-3" удалось получить уникальную экологическую и физиологическую информацию о косулях (Соколов и др., 1986, Соколов и др., 1986а, Данилкин, Минаев, 1988), бобрах (Кудряшов и др., 1990), пятнистых и благородных оленях, кабанах (неопубликованный материал), и наиболее подробную - о поведении лосей в условиях domestikации.