

Федеральное агентство по образованию РФ  
Государственное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
Псковский государственный педагогический университет  
имени С.М. Кирова

**В.В. БОРИСОВ**

**Методика изучения  
насиживания и инкубации у птиц  
при помощи инструментальных методов**

(учебно-методическое пособие  
для аспирантов и студентов)

Псков - 2006

**ББК 28.693.35**

**Б 825**

Печатается по решению кафедры зоологии и редакционно-издательского совета ПГПУ им. С.М. Кирова.

**Б 825**

**Борисов В.В.** Методика изучения насиживания и инкубации у птиц при помощи инструментальных методов. Учебно-методическое пособие для аспирантов и студентов. Псков, 2006. – 52 стр.

Работа издана в авторской редакции.

- © Борисов В.В., 2006
- © Псковский государственный педагогический университет им. С.М. Кирова, 2006  
(ПГПУ им. С.М.Кирова), 2006

## От автора

Предлагаемая методика изучения гнездовой жизни птиц при помощи инструментальных методов основана на многолетнем опыте работы кафедры зоологии Псковского педагогического университета по изучению гнездовой жизни птиц на охраняемых природных территориях Псковской области.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов и аспирантов биологов, занимающихся углубленным изучением различных аспектов экологии гнездовой жизни птиц, и содержит подробное описание используемых приборов, их применение в полевых условиях. Может использоваться в лекционном курсе «Зоология позвоночных», факультативном курсе «Экология птиц» и полевых практиках по зоологии позвоночных.

Кроме этого рассматривается биологическое значение таких важных факторов инкубации, как температура, перемещения и повороты яиц, а также плотность насиживания в гнездах птиц.

Более 30 лет назад было издано прекрасное методическое пособие «Методика изучения насиживания и инкубации у птиц», написанное, мои учителем и основателем школы изучения раннего онтогенеза птиц А.М. Болотниковым. Эта небольшая брошюра и сейчас является одним из немногих методических руководств, где наиболее полно и с разных сторон рассматривается методика изучения гнездовой жизни птиц.

Однако за эти годы успехи современной электроники позволили существенно расширить и дополнить методы инструментального изучения насиживания и инкубации у птиц. Многие особенности гнездовой жизни нельзя изучить без использования различных регистрирующих приборов. А, например, применение современных средств наблюдения (микро видеокамер) дает широкие возможности для исследования экологии раннего онтогенеза практически всех видов птиц.

А.М. Болотников считал, что одним из наиболее перспективных и важных вопросов для дальнейшего изучения раннего онтогенеза птиц, является разработка методов инструментальных исследований с использованием автоматических установок, регистрирующих параметры насиживания и инкубации в гнездах птиц. Это позволит разработать режимы искусственной инкубации яиц диких птиц в целях воспроизводства охотничье-промысловых, редких и исчезающих видов (Болотников и др.,1985).

# **1. Методика изучения температуры в гнездах птиц при помощи инструментальных методов**

## **1.1. Роль температуры как фактора инкубации яиц в гнездах птиц**

Температура является одним из наиболее мощных экологических факторов. Диапазон ее влияния на биологические объекты обширен и охватывает все стороны жизнедеятельности от индивидуума до популяции и биоценоза в целом.

Для птиц температурный фактор играет ведущую роль при эмбриональном развитии зародышей внутри яйца. Инкубация яиц в естественных условиях протекает под воздействием многих факторов - как контролируемых (регулируемых) наседкой (внутригнездовая температура, перемещения яиц, плотность насиживания), так и не зависящих от нее (влажность, температура биотопа, освещенность и др.).

К настоящему времени достаточно хорошо изучены многие закономерности температурного режима в гнездах птиц. Рассмотрим несколько основных моментов, характерных для внутригнездовой температуры в период инкубации яиц.

Как отмечает А.М. Болотников (1972), важнейшей особенностью инкубации яиц птиц является только им присущий, не имеющий аналогии среди позвоночных, температурный режим. Его специфичность проявляется в резко выраженных температурных колебаниях и узости температурных границ.

Колебания температуры, под воздействием которых протекает эмбриогенез зародышей птиц, наблюдали многие исследователи. Так, например, успешная инкубация яиц 77 кладок 16-ти видов воробьиных, куриных и ржанкообразных птиц, проведенная при температуре 37,3-38,0° С и 10-12 ежедневных охлаждениях до 30,0С° на поверхности яиц дала 86% выводимости птенцов

(Болотников и др.,1973). Результаты исследований температуры инкубации яиц у птиц, относящихся к различным таксонам и биологическим группам, указывают, что естественная инкубация с успехом может осуществляться в границах 37,0-38,0°С при колебаниях от 30,0 до 42,0° С (Болотников и др.,1985). Отмечается, что на температуру в гнезде и температуру яиц оказывают влияние как экологические факторы (тип гнезда с его микроклиматом, величина перепада температуры гнезда и биотопа), так и продолжительность контактного обогрева, возраст эмбриона и т.д. (Болотников, 1970).

Н. А. Литвинов (1989), изучая температуру насиживания у 13 видов 7 отрядов птиц, показал, что температура в разных частях гнезда имеет колеблющийся режим. Так, например, у индейки колебания в ЗК (зоне контакта наседки с кладкой) составляли от 16,7 до 39,8°С, у домашней курицы - от 36,5 до 39,2°С, у чибиса - от 27,0 до 41,8°С, у кроншнепа - 37,3-39,3°С. Для пустельги эти значения лежат в пределах 28,9-42,8°С (Литвинов и др.,1979), у береговой ласточки - 34,5-41,0°С (Болотников и др.,1969). В гнездах озерной чайки колебания температуры в ЗК составляли от 25,4 до 40,0°С (Калинин, 1975), у сизой чайки - от 30,5 до 41,5°С (Борисов, 1989).

Таким образом, наиболее общей закономерностью температурного режима естественной инкубации является его нестабильность.

Продолжительное воздействие колеблющихся температур на всем протяжении инкубации яиц не может не играть существенной роли в онтогенезе птиц. И. А. Шилов (1968) рассматривает колебания температуры в гнезде как необходимое условие эмбриогенеза. Подтверждением этому заключению служат многочисленные исследования, проведенные по инкубации яиц сельскохозяйственных птиц, где было убедительно показано формирование комплекса морфофизиологических изменений у эмбриона, возникающих под действием переменных температур, и, в особенности, охлаждений, повышающих резистентность, выражающуюся, в конечном счете, в повышении выводимости птенцов (Болотников, 1964; Быховец, 1966). Отсюда, можно с

полным основанием утверждать, что колебание температуры инкубации, а не ее стабильность, оказывает значительное влияние на формирование фенотипических признаков и свойств в онтогенезе птиц, повышая и расширяя их адаптивные возможности.

Как отмечает А. М. Болотников (1970), при естественной инкубации, несмотря на общий признак - резко выраженное колебание температуры в гнезде, можно выделить два типа температурных режимов. Иллюстрацией первого типа является температурный режим, создаваемый при насиживании сойкой, дроздом-рябинником, зяблком и другими открыто гнездящимися птицами, у которых в насиживании принимает участие один из родителей. Характерной чертой его является повышение внутригнездовой температуры от момента начала инкубации к ее завершению. Повышение внутригнездовой температуры в процессе инкубации обуславливается, в основном, двумя причинами.

Во-первых, здесь играет роль нарастание плотности насиживания (времени пребывания птицы в гнезде). Это явление характерно для птиц, начинающих прерывистое насиживание в период яйцекладки. Так, например, у пустельги в период откладки 1-го яйца плотность насиживания составляла 20,8%, в день снесения 2-го яйца - 54,2%, 3-го - 62,5%, а после завершения кладки в период собственно насиживания она составила 90,8-95,9%. Соответственно с накоплением яиц поднималась и температура в гнезде (Литвинов, 1979). Такая же закономерность характерна и для сизой чайки (Борисов, 1989), чибиса, большого кроншнепа, веретенника (Литвинов, 1989).

Во-вторых, на уровень внутрирайцевой температуры оказывает влияние теплопродукция самих эмбрионов, которая особенно сильно нарастает во второй половине инкубационного периода (Болотников, 1970).

В период насиживания птица осуществляет контактный обогрев кладки, при котором создается тепловой поток от наседки к кладке и гнезду. По этой причине в гнездах птиц четко выражен температурный градиент. Его величина зависит от температуры

окружающей среды, теплоизоляционных свойств гнезда, а также тепловых характеристик яиц. Темпероградиент выражается в падении температуры между верхней и нижней поверхностями яиц. Так, например, у сизой чайки он составлял  $1,3^{\circ}\text{C}/\text{см}$  (Борисов, 1989). По данным А. Я. Кондратьева (1982) у белой куропатки термоградиент в гнезде был равен  $4,7^{\circ}\text{C}/\text{см}$ . У водоплавающих -  $2,0-3,9^{\circ}\text{C}/\text{см}$  (Андреев, 1986). Таким образом, наибольшие относительные потери тепла в процессе инкубации несут ржанкообразные, наименьшие – водоплавающие и околородные.

Как было указано выше, инкубация яиц в естественных условиях протекает под воздействием многих факторов, регулируемых и нерегулируемых наседкой. В этой связи, большое значение приобретает поведение насиживающей птицы. Температурный режим гнезда во многом зависит от особенностей циркадных ритмов птиц. Так, установлено, что в дневные и ночные часы температура в гнезде имеет разное значение. Это объясняется разной суточной активностью наседки. Например, у птиц дневной активности температура зоны контакта имеет в дневное время наибольший размах колебаний, а ночью она стабильнее и на  $1-2^{\circ}\text{C}$  выше. Это явление объясняется повышенной частотой ухода птиц с гнезда в светлое время суток. У ночных птиц (ушастая сова) показатели температуры имеют обратное значение (Болотников, 1985).

Имеется также ряд работ, показывающих, что поведение насиживающей птицы определяется температурой поверхности скорлупы яйца (Дольник, 1962; Davis, 1984; Drent et. al. 1985).

Вероятно, в коже брюшка птиц имеются терморцепторы, контролирующие температуру скорлупы. Косвенным подтверждением этого предположения могут служить исследования скорости нагревания кладки после прихода птицы на гнездо. Так, например, получены данные о резком увеличении тахикардии у белой куропатки после возвращения ее в гнездо на холодную кладку. Причем, частота сердечных сокращений входила в норму при повышении температуры поверхности яиц до нормальной в  $39,0^{\circ}\text{C}$  (Gabrielsen, Steen, 1980). Они же отмечают, что самки, у которых тахикардия подавлялась искусственным путем, затрачивают на нагрев яиц на 30-50% времени больше. А.



В. Андреев (1986) для белой куропатки обнаружил резкое увеличение теплового потока после возвращения птицы на гнездо, а затем снижение его величины до некоторого стабильного уровня (с 25 мВт/см<sup>2</sup> до 7-7 мВт/см<sup>2</sup> в течение 25-30 минут). Midtgard (1985), исследуя наседные пятна серебристой чайки, обнаружил, что на гистологических срезах проб кожи имеются многочисленные артерио-венозные анастомозы. Их просвет в 3-8 раз выше, чем у капилляров, а в стенках содержатся гладкие мышечные волокна. Плотность таких анастомозов в наседном пятне достигает 320-560 на 1 см<sup>2</sup>. При открытых сосудах большое количество крови омывает кожу наседного пятна, увеличивая ее температуру, а когда птица вне гнезда, то анастомозы закрыты и приток крови к пятну минимален. Таким образом, регулируя скорость кровотока и объема крови, проходящего за единицу времени через наседное пятно, наседка может изменять теплоотдачу в широких пределах.

Другим примером, показывающим активное участие птиц в регулировании температуры в гнездах, могут служить исследования их поведения в экстремальных условиях насиживания. Обнаружено, что для охлаждения кладки в жаркую погоду птицы часто используют воду. Имеются сообщения о куликах (Караваев, 1977; Skardein, 1979), приносящих воду на оперении брюшка, а также сизых чайках (Литвинов, 1978; Борисов, 1989). Установлено, что на динамику температуры яиц в отсутствие наседки влияет также их расположение в гнездовой лотке и освещенность (Болотников, 1970; Борисов, 1989).

Важную роль в процессе насиживания (поддержание определенного температурного режима) играют гнезда. Например, А. М. Болотников (1972) рассматривает гнездо как самостоятельную ценогическую единицу с собственными параметрами физических факторов, обеспечивающих успех эмбрионального развития при естественной инкубации. Кроме термостатической функции и компактного размещения яиц, гнездо создает условия для такого расположения кладки, при котором обогрев и переворачивание яиц производится птицей с наименьшей затратой энергии.

В последнее время появился ряд работ, освещающих теплоизоляционные свойства гнезд различных видов птиц. Изучение теплофизических параметров процесса инкубации стало возможным благодаря применению новых инструментальных методик. Б. Г. Петровым (1980), проведена серия опытов по определению теплоизоляционных свойств гнезд дрозда-рябинника и грача в период инкубации. Выяснено, что удельный тепловой поток через стенку гнезда грача составляет в среднем  $100 \text{ Вт/м}^2$ , а через стенку гнезда дрозда-рябинника -  $47 \text{ Вт/м}^2$ . Тепловой поток через теплозащитный слой гнезд грача и рябинника уменьшается в дневное время и увеличивается в вечерние и ночные часы. Тепловые потери через стенки гнезда грача в четыре раза выше, чем через стенку гнезда рябинника. Как отмечает Б. Г. Петров (1981), тепловой режим гнезда обеспечивается поступлениями или потерями тепла через стенку гнезда, прямой инсоляцией и вентиляцией гнезда при отсутствии наседки, тепловыделением зародышей, а также теплофизическими свойствами строительного материала. Чем ниже теплопроводность гнезда, тем лучшим термостатическим свойством оно обладает. Отсюда, например, экономия энергии в гнездах рябинника идет по линии уменьшения теплопотерь за счет выбора лучшего теплоизоляционного материала и строительства стенки гнезда определенной конструкции. Теплозащита же кладки грача идет по пути увеличения толщины изоляции, то есть толщины стенки гнезда.

А. В. Андреев (1986), изучавший тепловые потоки в гнездах тундровых птиц, выяснил, что в гнездах различных птиц, отличающихся, в основном, теплоизоляционными свойствами гнездового материала, тепловые потоки варьируют от 4,5 до  $16,9 \text{ Вт/м}^2$ . Например, более высокие тепловые потоки обнаружены в гнездах розовых чаек, подстилка которых нередко бывает влажной, а наименьшее значение отмечают в гнездах с хорошо изолирующей сухой подстилкой, например, у шилохвости.

И, наконец, обнаружена еще одна интересная закономерность, по-видимому, характерная для всех птиц, строящих открытые гнезда. При изучении толщины стенки гнезд у сизых чаек было замечено, что в разные годы она варьирует. Было выдвинуто

предположение о том, что это явление связано с различной температурой окружающего воздуха в период гнездообразования. Корреляционный анализ связи среднемесячных температур воздуха и толщины стенок, возводимых птицами гнезд, показал высокую степень связи этих параметров ( $R=0,98$ ) (Борисов, 1989). Аналогичная зависимость была найдена и для гнезд озерной чайки (Борисов, Степанова, 1995).

Таким образом, птицы - как высокоорганизованные позвоночные животные, обладающие хорошо развитой нервной системой, проявляют высокую степень заботы о потомстве, выражающуюся в разнообразном наборе морфофизиологических и поведенческих адаптаций, прослеживающихся на всех этапах процесса размножения (строительство гнезд, яйцекладка и насиживание яиц, защита и выкармливание птенцов). Это позволяет птицам успешно противостоять воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды на кладку, а также поддерживать на оптимальном уровне условия, необходимые для нормального развития эмбрионов внутри яиц, что, в конечном итоге, ведет к успеху размножения.

Изучение температуры в гнездах птиц в процессе насиживания позволяет разрабатывать режимы искусственной инкубации яиц диких птиц в целях воспроизводства охотничье-промысловых, редких и исчезающих видов (Болотников и др. 1985).

## **1.2. Инструментальные методы изучения температуры насиживания в гнездах птиц**

Для изучения температуры в гнездах птиц в полевых условиях необходима малогабаритная, легкая аппаратура с автономным питанием, позволяющая дистанционно в автоматическом режиме регистрировать данные. И у нас и за рубежом создавались и создаются такие приборы (Королев, Болотников, 1969; Кречмар, 1974, 1978, 1986; Зацепина, 1976; Haftorn, 1983; Андреев, 1986).

Для измерения температуры в гнездах птиц можно использовать как простые устройства, которые требуют присутствия исследователя недалеко от гнезда, так и более

сложные приборы с автоматической записью результатов измерения.

Например, в настоящее время существует целый ряд универсальных цифровых приборов, позволяющих измерять сопротивление резисторов с большой точностью. Например, цифровой мультиметр DT 890В. Поэтому, наиболее простым способом регистрации температуры в гнезде является применение специальных малогабаритных терморезисторов. Сопротивление терморезисторов зависит от температуры окружающей среды. Если такой терморезистор подключить к цифровому прибору, предназначенному для измерения сопротивления, то он будет показывать значения сопротивления при определенной температуре.

В полевых условиях можно использовать малогабаритные терморезисторы, например МТ-54 или СТ1-17, СТ1 -19, СТ3-19. Их легко встроить в любую часть гнезда, а также измерить температуру в зоне контакта брюшка птицы с яйцами. В этом случае терморезисторы (МТ-54) можно поместить в металлическую часть стержня от шариковой ручки, удалив предварительно пишущий шарик. Такой датчик устанавливают в гнездо так, чтобы его измерительная часть находилась на уровне яиц.

К выводам терморезистора припаивают провода. Места пайки хорошо изолируют. Провода могут быть достаточно длинными (до 50 м и больше). Лучше всего использовать тонкий многожильный медный провод.

Однако перед использованием такого термометра необходимо провести его градуировку. Иными словами нужно определить величину сопротивления терморезистора при разных температурах, потому что мультиметр будет показывать значения сопротивления, а не температуры. Для этого можно взять емкость с тающим льдом и точный ртутный термометр с ценой деления в 1 градус Цельсия. Терморезистор необходимо прикрепить к термометру (баллончику с ртутью) и поместить в тающий лед. Через некоторое время записать показания мультиметра. Значение измеренного сопротивления будет соответствовать нулю градусов Цельсия. Далее, стакан с водой и льдом постепенно нагревают до

50°C, измеряя температуру воды через каждый градус и, по мере нагревания, записывают показания цифрового прибора. Воду в стакане необходимо перемешивать.

Таким образом, получают тарировочную кривую зависимости сопротивления терморезистора от температуры. Данную процедуру нужно проводить с присоединенными к терморезистору проводами, которые потом будут использоваться в полевых условиях. После установки датчика в гнездо записывают исходные показания цифрового прибора и ждут возвращения птицы. Затем, по мере нагрева кладки яиц, заносят значения сопротивления терморезистора в журнал, а потом, используя тарировочную таблицу, получают данные о температуре в гнезде.

Более удобно измерять температуру насиживания при помощи бытовых цифровых термометров с выносными радиодатчиками, так как они показывают значения температуры в градусах Цельсия. Такие термометры можно приобрести в магазинах бытовой электроники. Часто, кроме функции измерения температуры у них еще имеются датчики влажности и атмосферного давления, что позволяет получить целый ряд данных и соотнести их с величиной температуры в гнезде.

Датчики температуры имеют небольшие размеры и легко устанавливаются в гнезде. Рядом располагается только небольшой передатчик, который транслирует сигнал на базовую станцию на расстояние от 20 до 100 метров, а исследователь, сидя в укромном месте, записывает показания температуры в гнезде. Точность измерения составляет 0,1°C. Информацию о таких приборах можно найти в Интернете (например, <http://www.gigamed.ru> или <http://www.oregons.ru>).

Некоторые фирмы выпускают мини метеостанции, позволяющие измерять несколько параметров, например, температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, ультрафиолетовое излучение солнца. Метеостанции снабжаются двумя или тремя радио-датчиками температуры, что позволяет измерять ее значения сразу в нескольких гнездах или в разных частях одного гнезда. Отдельные метеостанции могут подключаться к компьютеру (например, ноутбуку). Такие приборы

более удобны для исследований, так как показывают непосредственно значения температуры. Однако здесь требуется присутствие исследователя, который должен записывать показания температуры.

Для получения сведений о динамике температуры в гнезде за сутки или в течение всего периода насиживания необходимы приборы, позволяющие автоматически записывать данные.

Современные достижения электроники позволяют создать аппаратуру для полевых исследований, отвечающую всем необходимым требованиям: компактность, легкость в обслуживании, автоматический режим записи данных. Опыт использования таких приборов в полевых условиях показал их надежность.

В содружестве со специалистами по электронике были изготовлены несколько вариантов устройств для измерения температуры в гнездах птиц, которые много лет успешно применяли в полевых исследованиях. Например, электронный термометр с памятью, позволяющий вести автоматическую запись температуры в гнезде птицы в четырех точках гнезда (Борисов, 1986, 1988). Однако этот прибор сложен для самостоятельного изготовления. Поэтому ниже приводится описание более простого, но не менее эффективного устройства для измерения температуры в гнездах птиц, на поверхности скорлупы яйца и внутрияйцевой температуры под насиживающей птицей.

В данном случае в качестве датчиков температуры применяются медь-константановые термопары. Измерение температуры при помощи термопар в биологических исследованиях используется давно и связано с применением чувствительных регистрирующих приборов, так как термопары данного типа генерируют ЭДС 37-41 мкВ/°С. Кроме того, термопара имеет маленькие размеры, что позволяет использовать ее для более тонких измерений.

Особенностью этого прибора является использование в качестве регистрирующего устройства самопишущего прибора Н-372 с протяжкой ленты от часового механизма, который может работать в течение 4-х суток.

Для усиления сигнала термопары был применен точный инструментальный МДМ-усилитель, выполненный на современной элементной базе (микросхемы серии К 561 и операционные усилители К 140 УД14), что позволило до минимума сократить расход энергии батарей. Напряжение питания усилителя двуполярное  $\pm 10-12$  В. Диапазон измерения температуры от 0 до  $50^{\circ}\text{C}$ , точность —  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Для стабилизации холодного спая термопары использовали колбу термоса объемом 200 мл, содержащая тающий лед (Борисов, 1989). Для усиления сигнала термопары можно применять разнообразные усилители, схемы которых опубликованы в различной литературе, например: Хоровиц П., Хилл В, (1986).

Функциональная схема установки для измерения температуры поверхности яиц и внутрияйцевой температуры под наседкой представлена на рис. 1, внешний вид на рис.2.

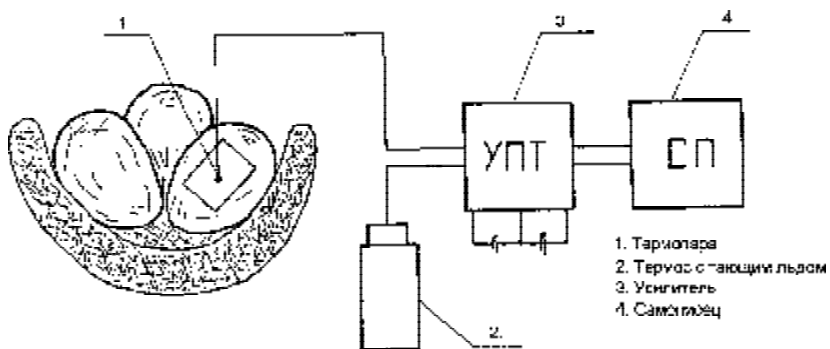


Рис. 1. Схема установки для измерения температуры поверхности яиц и внутрияйцевой температуры в гнездах птиц

Термопары изготовляли из медного и константанового провода методом пайки. Для работы подбирали идентичные по своим характеристикам термопары. Спай термопары после пайки обрезали до длины 0,5 - 1 мм. К концам термопары припаивали провода линии связи с усилителем, расположенным в 25-30 м от гнезда рядом с самописцем. Термос с тающим льдом помещали в специально вырытой ямке в земле около гнезда. Настройка термометра исключительно проста и сводится к установке «нуля»



Рис. 2. Внешний вид установки для измерения температуры поверхности яиц и внутрияйцевой температуры в гнездах птиц

на шкале самописца при помещении «горячего» и «холодного» спая терморезисторы в тающий лед. Это достигается регулировкой величины обратной связи усилителя. Настройку необходимо проводить с подключенной линией связи. Использование аппаратуры в течение полевого сезона показало ее надежность.

Применение автоматической записи температуры в гнезде в течение всего периода насиживания позволяет также изучить поведение птицы на гнезде и рассчитать такой важный параметр как плотность насиживания.

Для увеличения числа датчиков, подключаемых к самописцу, был изготовлен многоканальный электронный коммутатор. Его функциональная схема изображена на рис.3. Это позволило получать информацию последовательно от 10 датчиков. Время опроса датчиков может изменяться от 40 сек до 7 минут. Коммутатор изготовлен на основе современной элементной базе КМОП микросхем серии К 561. Питание прибора осуществляется



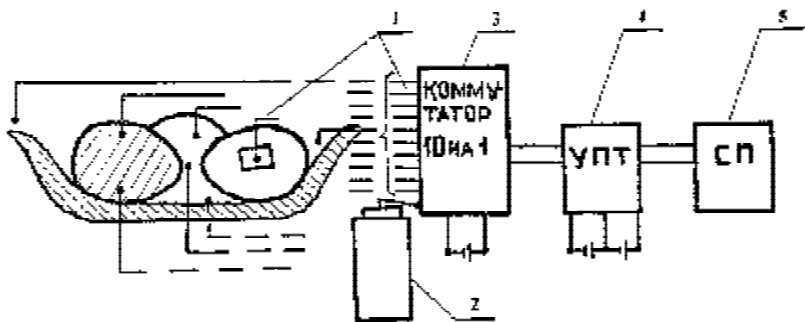


Рис. 3. Схема установки для измерения температуры в гнездах птиц при помощи многоканального коммутатора

- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1. Термопары             | 4. Усилитель постоянного тока |
| 2. Термос с тающим льдом | 5. Самописец                  |
| 3. Коммутатор            |                               |

от батарей напряжением 6 или 12 В. Длительность работы определяется временем сохранности самой батареи. На рис.4 показана принципиальная схема электронного коммутатора для изучения температуры в гнезде сизой чайки. Для получения данных о внутрияйцевой температуре был использован способ вживления термопар внутрь яйца таким образом, чтобы не повредить зародыш и исключить попадание инфекции внутрь яйца, а также потерю влаги. Предварительно промытую спиртом термопару вживляли внутрь яйца на глубину 2-3 мм в области экватора. Отверстие в скорлупе просверливали тонким зубным сверлом, промытым в спирте. Сверло при помощи цангового зажима закрепляли на валу двигателя постоянного тока типа ДПМ-30, питающегося от аккумулятора (6-12В). Перед просверливанием скорлупу протирали спиртом. После введения термопары внутрь яйца, отверстие заклеивали двумя слоями папиросной бумаги. Был использован клей «Момент» из-за удобства работы с ним в полевых условиях.

Для измерения температуры поверхности скорлупы яйца под насиживающей птицей «горячий» спай термопары приклеивали клеем к определенной точке скорлупы, а сверху наклеивали кусочек папиросной бумаги. Как показали наблюдения, провода термопары не мешают птице, а при поворотах и перемещениях яиц в гнезде

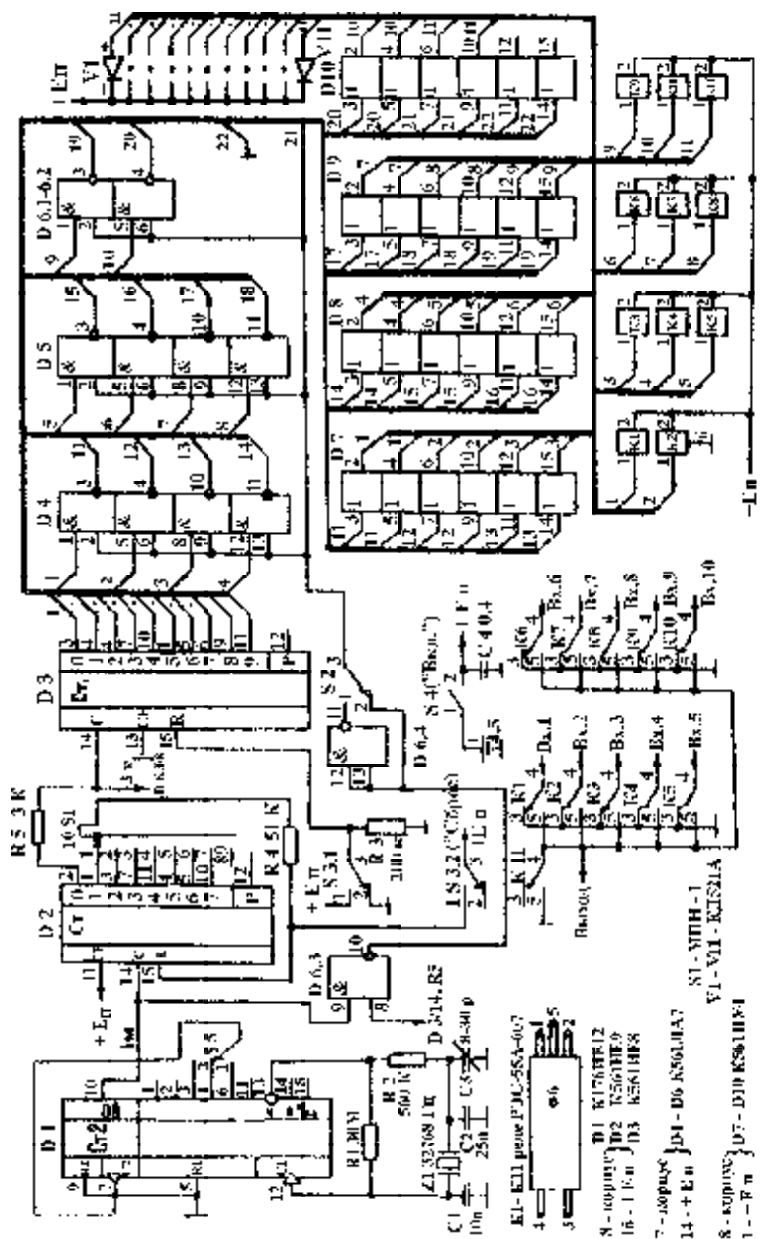


Рис. 4. Принципиальная схема многоканального коммутатора

сама термопара прочно удерживается на поверхности скорлупы. Известно, что на противоположных поверхностях скорлупы яйца возникает разница температур за счет верхнего контактного обогрева кладки наседкой. Если разместить «горячий» спай термопары в зоне контакта наседного пятна птицы с яйцом, а «холодный» - на противоположной, обращенной ко дну поверхности яйца, то будет измеряться разница температур между «холодным» и «горячим» спаем (Рис.5). Таким способом были получены материалы о перепадах температур на поверхности яйца под насиживающей сизой чайкой и их динамике в процессе насиживания, а также перепады температур внутри яйца.



Рис. 5. Термопары, наклеенные на яйцо сизой чайки

Измерение температуры в гнезде под насиживающей птицей производили путем помещения «горячего» спая термопары, закрепленного на штырьке, в определенное место гнезда. При помощи этой аппаратуры были получены термограммы в гнездах птиц 18 видов.

В полевых условиях в качестве источника питания для усилителя удобно применять появившиеся в последнее время в

продаже гелевые герметичные кислотные аккумуляторы напряжением 6-12 В и емкостью 4-7 ампер. Эти аккумуляторы не подвержены глубокой разрядке, не страдают так называемым «эффектом памяти», могут длительно (до года) храниться в заряженном состоянии за счет низкого тока саморазряда.

Также их можно применять и для другой аппаратуры, используемой в полевых условиях. Ниже приведены характеристики наиболее подходящих для полевых условий гелевых батарей.

**Таблица типоразмеров аккумуляторов CSB серии GP**

Тип батареи	Выход-ное напряжение, В	Емкость, А*ч	Габариты, мм			Вес элемента, кг
			Д	Ш	В	
GP 613	6	1,2	97	25	51	0,28
GP 633	6	3,3	134	34	60	0,62
GP 645	6	4,5	70	48	102	0,8
GP 670	6	7	151	34	97,5	1,2
GP 6110	6	11	151	50	97,5	1,9
GP 1213	12	1,3	97	43	54,5	0,56
GP 1222	12	2,2	178	34	64	0,93
GP 1245	12	4,5	93	70	102	1,8
GP 1270	12	7	151	65	94	2,6

### **1.3. Методика изучения частоты сердечных сокращений эмбрионов птиц в зависимости от внутрирайцевой температуры**

Для изучения частоты сердечных сокращений эмбрионов различных видов птиц в зависимости от внутрирайцевой температуры была создана установка на базе имеющейся измерительной системы (Борисов, 1989). Ее общий вид показан на рис.6. Она состоит из штатива микроскопа (1) с прикрепленным к нему штырем, где размещается «горячий» спай термопары (3). Исследуемое яйцо (4) с пропиленным окошком помещается на подставку из теплоизолирующего материала — пенопласта (5) для уменьшения потерь тепла. «Холодный» спай термопары находится

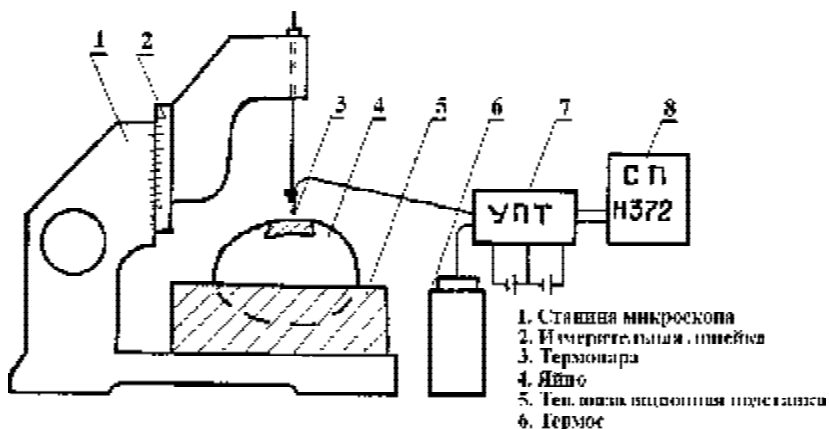


Рис. 6. Схема установки для изучения частоты сердечных сокращений эмбрионов птиц в зависимости от внутрияйцевой температуры

в термосе (6) при температуре 0°C (тающий лед). Сигнал термопары усиливается МДМ-усилителем (7) и регистрируется самописцем (8). На подвижной и неподвижной частях штатива имеется линейка (2) для точного отсчета глубины погружения термопары. В яйце, вынутом из инкубатора, выпиливали окно, через которое «горячий» спай термопары подводился непосредственно к зародышу. За частотой сердечных сокращений наблюдали визуально, подсчитывая число их за 1 минуту при разной внутрияйцевой температуре, которая регистрировалась самописцем.

#### 1.4. Методика изучения влияния переменных температур на инкубацию яиц птиц

Для моделирования процесса насиживания при переменных температурах инкубации яиц птиц была изготовлена установка, состоящая из инкубатора ИПХ-5-01 (1), вентилятора охлаждения (2), блока питания (3), таймера (4), управляющего реле (5) (Борисов, 1989). Схема установки приведена на рис. 7. Рабочее реле поочередно включает вентилятор охлаждения, отключая при этом нагревательный элемент инкубатора. Вентилятор охлаждения

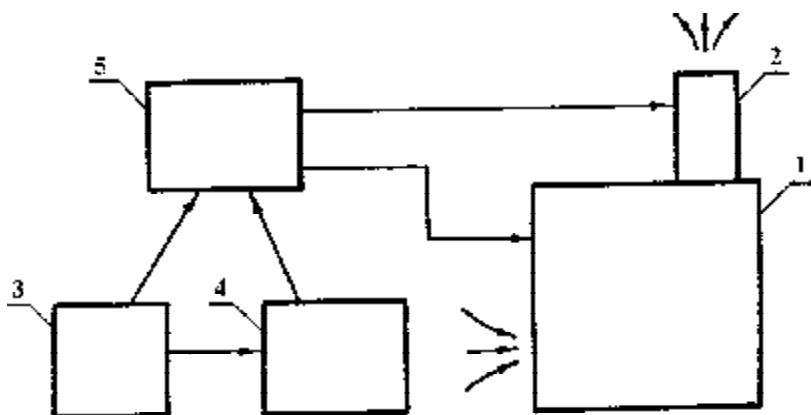


Рис. 7. Схема установки для изучения влияния переменного режима температур инкубации

- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| 1. Инкубатор             | 4. Таймер           |
| 2. Вентилятор охлаждения | 5. Управляющее реле |
| 3. Блок питания          |                     |

расположен в шахте вентиляционного отверстия инкубатора. Воздух в инкубатор поступает через его воздухозаборник и выбрасывается наружу вентилятором охлаждения. Таким образом, достигается равномерное охлаждение лотка с яйцами. Ход воздушного потока показан стрелками на рис.7. Блок питания обеспечивает энергией работу вентилятора и таймера. В схему регулирования температуры инкубатора вместо однопредельного заводского датчика температуры включен контактный термометр с возможностью регулировки температуры от 20° до 50°С. Нагревательный элемент инкубатора был заменен на более мощный (0,5 кВт) для быстрого разогрева и выхода инкубатора на рабочий режим после охлаждения. Изменяя температуру воздуха внутри инкубатора при охлаждении и нагреве, получали различную амплитуду колебаний температур, и, соответственно, различные средние значения температур инкубации. Повороты лотка с яйцами осуществлялись автоматически через каждый час. Таким образом, при помощи этой установки появилась возможность воспроизвести температурный режим инкубации, близкий к естественным условиям.

Для управления рабочим реле был изготовлен специальный таймер, который позволял включать и выключать реле через определенные промежутки времени. Его принципиальная схема изображена на рис. 8. Таймер имеет два независимых канала управления для формирования временных сигналов на включение и выключение реле. Благодаря этому можно устанавливать время работы нагревателя и вентилятора охлаждения в пределах 24 часов с минимальным интервалом в 0,5 часа. Например, 1 час работы нагревателя и 3 часа работы охлаждающего вентилятора. Контроль температуры во время работы нагревателя осуществлялся контактным термометром.

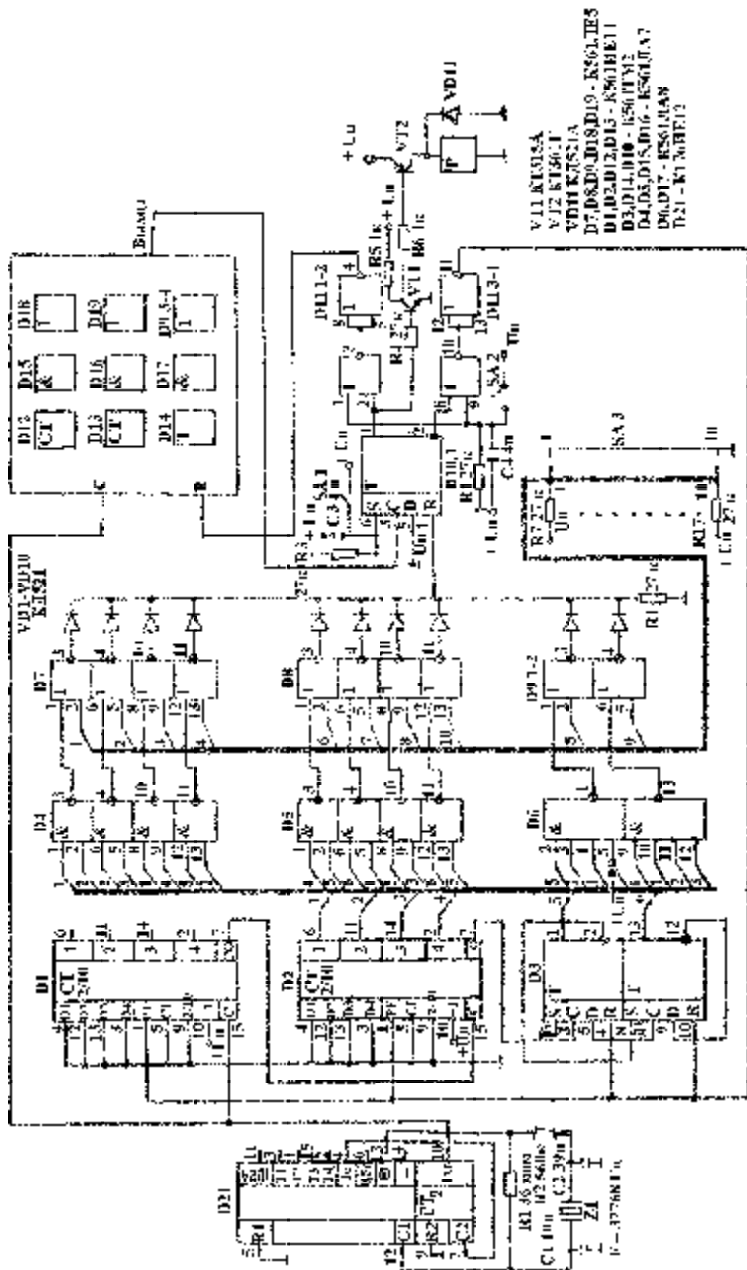


Рис. 8. Принципиальная схема двухканального таймера



## **2. Аппаратура для изучения поведения птиц на гнезде**

Термограммы, полученные с помощью самопишущего измерителя температуры, позволяют довольно точно определить время пребывания или отсутствия птицы в гнезде и вычислить плотность насиживания. Однако иногда трудно расшифровать и понять отдельные термограммы с точки зрения поведения птицы на гнезде. Некоторые исследователи использовали сложную аппаратуру для изучения поведения птицы в процессе насиживания. Например, А. В. Кречмар (1974, 1978, 1986) создал целый ряд фотоавтоматов, которые с определенной частотой фотографировали птицу на гнезде и показания датчиков температуры. Таким образом, можно было соотнести величину температуры в гнезде с поведением птицы. Хафторн (Haftorn, 1983) использовал для этих целей малогабаритные видеокамеры, которые были соединены с видеоманитофоном. Видеокамеры позволяли наблюдать за поведением птицы круглосуточно.

В настоящее время существует целый ряд микро видеокамер, которые могут передавать цветное изображение и звук, как по проводам, так и по радио (Рис.9). Это существенно облегчает организацию наблюдения за поведением птиц, как в открытых, так и закрытых гнездах. Мощность передатчиков видеокамер позволяет передавать сигнал на открытой местности от 100 м до 3 км, что вполне достаточно для такого рода исследований.

Камеру устанавливают около гнезда с таким расчетом, чтобы ее объектив фиксировал гнездо с кладкой. Источник питания (малогабаритный гелевый аккумулятор) маскируют и соединяют проводами с камерой. Птицы быстро привыкают к новым неподвижным объектам около гнезда, тем более что размеры камеры обычно не превышают размеров спичечного коробка.



Рис. 9. Внешний вид микровидеокамеры ZT802 с передатчиком и приемником телевизионного канала

Некоторые камеры оборудованы инфракрасной подсветкой. Это позволяет вести наблюдение и в ночной период или в закрытых гнездах (дуплах, норах). Для настройки видеосигнала и наблюдения за гнездом можно использовать малогабаритный видеомонитор RC 800. Он принимает сигнал камеры по радиоканалу и имеет автономное питание от батареи.

Наиболее подходящими для использования в полевых условиях являются микро видеокамеры марки ZT 802, 803A, 808A, ZT 820T, ST812 (камера ночного видения).

Ниже приводятся краткие технические характеристики некоторых видеокамер и видеомонитора RC 800.

### **Видеокамера ZT 802, 802A**

#### **Основные технические характеристики:**

- размеры: 25 X 20 X 21 mm
- диаметр объектива: 3 мм
- вес: 40 гр
- дальность передачи сигнала: 40-60 м в закрытых помещениях, 100-300 м в прямой видимости (есть возможность увеличения

дальности передачи сигнала за счёт установки более мощной антенны на базовом блоке)

- частота передающего сигнала: 900 — 1200 MHz
- мощность: 50 мВт (802А) / 200 мВт (802)
- питание: батарейка на 9В (Крона) или от сети 220В через адаптер
- угол обзора: 52 градусов
- минимальная освещённость: 1.5 Lux
- стандарт ТВ сигнала: PAL
- разрешение: 380 ТВ линий
- отношение сигнал/шум: 46 dB
- защита от переплюсовки
- гамма-коррекция
- светокоррекция
- ручная диафрагма

#### **Приемник:**

- размеры: ширина — 80 мм, длина — 125 мм, высота — 20 мм
- вес: 120 гр
- питание: от сети 220В через адаптер
- индикатор питания
- ручка регулировки уровня сигнала
- video выход
- наличие активной антенны
- кронштейн для крепления

### **Видеокамера ZT 820 T**

Беспроводная микровидеокамера диапазона 2,4 гГц. Цветная со звуком. Разрешение 380 ТВ-линий. Приёмное устройство подключается напрямую к персональному компьютеру или ноутбуку через USB-порт. Имеет 4 независимых частотных канала. Настройка на частоту производится автоматически или путём ручного выбора одного из 4-х каналов. Устройство так же может быть подключено к любому телевизору, видеоманитофону и др. устройствам через стандартный НЧ-вход.

Компьютеризированная система наблюдения позволяет выводить и записывать видео сигналы на ваш компьютер или ноутбук через порт USB, а также позволяет вести дистанционное

наблюдение посредством TCP/IP, IPX (Internet/Intranet) и протокола модемной связи. Система использует технологию обнаружения движения и стандарт сжатия MPEG-4 (аппаратное сжатие) для записи только движущихся объектов (встроенный детектор движения). Коэффициент сжатия достигает 300:1, что позволяет экономить дисковое пространство, подобно другим системам наблюдения.

#### **Возможности системы:**

- Беспроводная передача изображения, звука и цвета в диапазоне 2,4 ГГц;
- Расстояние от камеры до приемника (дальность передачи сигнала) до 200 м.;
- Запись напрямую в компьютер, ноутбук, через USB порт;
- Запись в стандарте MPEG-4;
- Приближение/удаление объекта (zoom);
- Работа от батареи типа «крона» до 5 часов, от блока питания – постоянно;
- Дистанционное управление камерой через интернет/локальную сеть;
- Детектор движения;
- Миниатюрные размеры, возможность незаметной установки. Размеры: 28x24x22 мм;
- Возможность вывода картинки так же на экран телевизора или видеомагнитофон;
- Ручная регулировка частоты съемки: 1-25 кадр/сек. (экономия дискового пространства);
- Поддержка Windows 98/Me/2000/XP;
- Программные средства защиты данных;
- Просмотр и запись изображения на ПК осуществляется с помощью оцифровки видеоизображения;
- Поддержка USB1.1 и более поздних версий;
- Высокоскоростной стандарт сжатия MPEG4 позволяет наблюдать изображение в реальном времени;
- Встроенный микрофон для прослушивания звукового сопровождения;

### **Технические параметры камеры:**

- Частотный диапазон 2.400~2.483 МГц; канал 1=2.414 МГц, канал 2=2.432 МГц, канал 3=2.450 МГц, канал 4=2.468 МГц;
- Разрешение — 380 ТВ-линий;
- Поддержка видео систем PAL и NTSC;
- Настраиваемый объектив (резкость).

### **Технические параметры приемника:**

- Частотный диапазон 2.400~2.483 МГц из четырех каналов по выбору: канал 1=2.414 МГц, канал 2=2.432 МГц, канал 3=2.450 МГц, канал 4=2.468 МГц;
- Симметричная вибраторная антенна;
- Порт антенны – 50 Ом SMA;
- Чувствительность приемника: – 85dBm;
- Высокоскоростной стандарт сжатия для вывода изображения в реальном времени 1~25 кадр/с по выбору;
- Разрешающая способность: 320:240;
- Питание через USB порт. Сетевой адаптер не требуется.
- Поддержка выходного сигнала USB 1.1 или RCA (стандартный композитный НЧ видео/аудио вход/выход, «тюльпан»).

### **Видеокамера ST812 (ночного видения)**

#### **Основные технические характеристики:**

- размеры: 54 X 43 X 43 mm
- диаметр объектива: 8 мм
- вес: 212 гр
- дальность передачи сигнала: 30-50 м в закрытых помещениях, 200 м в прямой видимости (есть возможность увеличения дальности передачи сигнала за счёт установки более мощной антенны на базовом блоке)
- частота передающего сигнала: 900 — 1200 MHz
- мощность: 50 мВт / 200 мВт
- питание: батарейка на 9В (Крона) или от сети 220В через адаптер
- угол обзора: 52 градусов
- минимальная освещённость: 0 Lux
- стандарт ТВ сигнала: PAL
- разрешение: 380 ТВ линий

- отношение сигнал/шум: 46 dB
- защита от переплюсовки
- гамма-коррекция
- светокоррекция
- ручная диафрагма
- специальный механизм крепления на любую поверхность

#### **Приемник:**

- размеры: ширина - 80 мм, длина - 125 мм, высота - 20 мм
- вес: 120 гр
- питание: от сети 220В через адаптер
- индикатор питания
- ручка регулировки уровня сигнала
- video выход
- наличие активной антенны
- кронштейн для крепления

### **Видеомонитор RC 800**

#### **Технические характеристики:**

- 3.5 дюйм LCD монитор — 8,8 см (рабочая поверхность 7 x 5,2 см);
- Встроенный динамик; Стандартный выход Audio/Video;
- Выход для наушников 3.5мм;
- Встроенная мини телескопическая антенна с высокой чувствительностью;
- Может работать до 3,5 часов от батареек;
- Частота приемника: 950MHz-2150MHz;
- Система частоты: PAL/NTSC, автоматические изменения;
- Разрешение экрана: 480x240;
- Питание: от 4-х батареек «АН», электропитание DC 7,5 V;
- Темперный диапазон работы: 0-40°C;
- Размер: 148 X 96 X 26.5mm;

Вес: 330 г. (включая батарейки).

Более подробный перечень видеокамер можно найти в Интернете по адресам: <http://minicam.narod.ru> или <http://www.likelink.narod.ru>

## **3. Методика изучения поворотов перемещений яиц в гнездах птиц**

### **3.1 Биологическое значение перемещений и поворотов яиц**

Одним из первых исследователей, кто провел интересные наблюдения за поведением насиживающей птицы (курицы), был русский ученый-птицевод И. И. Абозин (1895). Он отметил, что наседка перекатывает клювом яйца несколько раз в сутки: сильно нагретые к краю гнезда, а под себя подбирает менее нагретые.

Лишь спустя многие годы в работах по естественной инкубации яиц сельскохозяйственных птиц стали появляться количественные оценки явления, подмеченного И. И. Абозиным.

Так, Н. П. Третьяков (1951) без ссылки на методику исследования, определил около 30 перемещений, которые производит за сутки насиживающая курица. По данным Д. А. Ковинько и И. Н. Бакаева (1965), утка перемещает яйца один раз каждый час. В орнитологической литературе есть сведения А. В. Михеева (1948) о перекатывании яиц белой куропаткой, а также О. И. Семенова-Тян-Шанского (1960) о том, что и другие тетеревиные птицы переворачивают яйца в жаркую погоду до 38 раз, в дождливую меньше - 13 раз. Н. Н. Данилов (1966), исследуя гнездовую жизнь птиц в условиях Субарктики, отметил иную реакцию насиживающей птицы (чечетки), а именно, усиленное переворачивание яиц в ответ на похолодание.

На основе многочисленных экспериментальных данных (Болотников и др., 1985) было установлено, что у всех насиживающих птиц наблюдается поворачивание яиц вокруг длинной оси и перемещение их по лотку, начиная с периода яйцекладки. В большинстве случаев (в несколько меньшем темпе) это отмечается уже во время откладки второго-третьего яйца, а к

завершению кладки усиливается, достигая уровня, характерного для периода собственно насиживания. Этот процесс у некоторых видов (нанду, чайковые) протекает в двух вариантах: покачивание яиц вокруг длинной оси и перекатывание.

У мелких птиц (воробьиные) - поворачивание яиц протекает интенсивно, достигая в сутки 100-200 и более раз.

Биологическое значение акта многогранно, но в первую очередь следует отметить два основных момента. Это, во-первых, сопряженное действие фактора переворачивания с другими факторами инкубации: температурой, аэрацией, ориентацией яиц.

При перемещении яиц обеспечивается снятие вертикального и горизонтального градиента температуры, или, иначе говоря, достигается равномерное обогревание с одновременным воздействием на развивающиеся эмбрионы кратковременных неглубоких охлаждений. А неглубокие охлаждения оказывают стимулирующее влияние, повышая выводимость птенцов.

Переворачивание яиц улучшает аэрацию их, снимая градиент газовой среды, особенно в гнездах с плотными стенками. Связь процесса перемещения и поворачивания яиц с их определенной ориентацией сопряжена и динамична: каждый акт поворачивания яиц завершается оптимальной их ориентацией тупым концом вверх или к периферии лотка.

Во-вторых, как показали проведенные эксперименты, постоянное переворачивание яиц обуславливает нормальное развитие эмбрионов, предотвращая целый комплекс патологических изменений, возникающих в неподвижно инкубируемых яйцах.

Таким образом, двигательная активность насиживающей птицы на гнезде, выраженная в перемещении, переворачивании и ориентации яиц, является адаптивным процессом, с помощью которого она регулирует действие таких физических факторов инкубации, как температура, газовая среда и другие, и тем самым обуславливает нормальный эмбриогенез. В то же время перемещение и поворот яиц является важным биологическим фактором инкубации широкого многопланового значения (Болотников и др., 1985).



### **3.2. Прибор для регистрации поворотов и перемещений яиц в гнездах птиц**

Существуют различные способы изучения поворотов и перемещений яиц в гнездах (Болотников, Печерский, Пантелеев, 1974; Королев, Болотников, 1969; Литвинов, 1980). Все они основаны на принципе визуального наблюдения или подкладки в гнездо модели яйца-датчика. Добиться полного соответствия модели живому яйцу довольно трудно. Хотя птица и не выбрасывает яйцо-датчик из гнезда, вполне возможно неадекватное отношение к нему наседки по сравнению с настоящими яйцами в кладке.

В этой связи, был разработан прибор для регистрации поворотов и перемещений яиц в гнездах птиц (Рис.10), который позволяет в качестве датчика использовать живое, нормально развивающееся яйцо (Борисов, 1986,1988).

Принцип действия установки основан на изменении амплитуды колебаний генератора, катушка индуктивности которого является

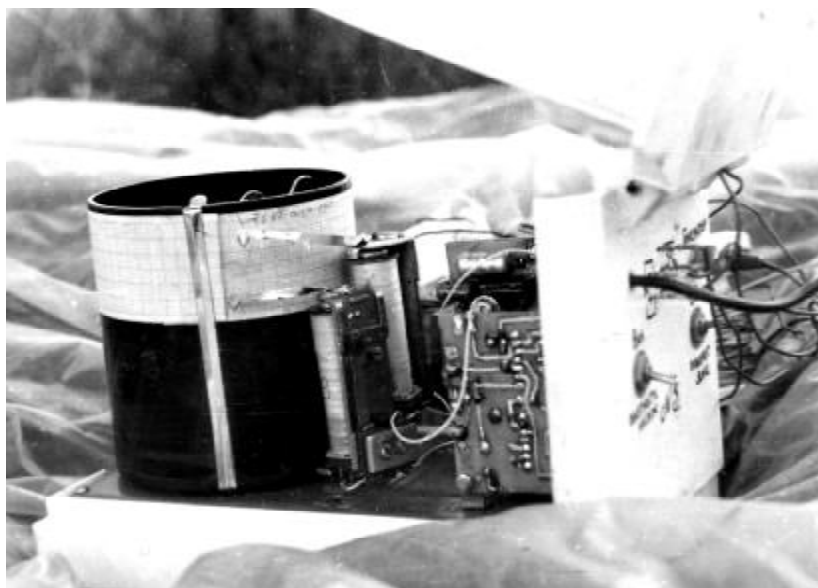


Рис. 10. Внешний вид прибора для изучения частоты поворотов яиц и плотности насиживания в гнездах птиц

выносной и помещается в гнездо на дно лотка. На одно или несколько яиц наклеивается кусочек фольги. Фольга используется с наклеенной с одной стороны бумагой (например, от упаковки чая или от сигаретной пачки). Для наклеивания применяется клей «Момент». Клеем смазывается яйцо и фольга со стороны металла, так чтобы бумажная сторона оказалась наружу. Бумага раскрашивается под цвет скорлупы. Яйцо с наклеенной фольгой помещается в гнездо и является составной частью датчика поворотов и перемещений яиц в гнезде (Рис.11). Впоследствии из яйца-датчика вылупляется нормальный птенец. Функциональная схема устройства показана на рис.12, а принципиальная схема на рис.13.

Прибор состоит из четырех основных блоков: генератора синусоидальных колебаний с выносной катушкой индуктивности (1), компаратора (2), формирователя импульсов (3), электромагнитного отметчика с согласующим устройством (4), рис.12.



Рис. 11. Гнездо сизой чайки с датчиком поворотов, наклеенным на яйцо и кольцом датчика плотности насиживания



Рис. 12. Блок схема установки для изучения поворотов и перемещений яиц в гнездах птиц

Генератор (Рис.13), собранный на транзисторе VT1, вырабатывает колебания синусоидальной формы с частотой 150-200 кГц. Переменное напряжение, вырабатываемое генератором, поступает через разделительный конденсатор С4 на диод VD1, где выделяется постоянная составляющая. Далее сигнал подается на компаратор, собранный на микросхеме DA1 (К 521 СА3А). Здесь происходит сравнение напряжения, поступившего на вход 3 микросхемы с опорным, заданным на входе 2. Если напряжение на входе 3 больше чем выходе 2, то на выходе 7 микросхемы сигнал отсутствует, а в случае, когда напряжение на входе 3 равно или меньше чем на входе - 2, на выходе 7 появляется сигнал постоянного уровня. Формирователь импульсов, собранный на микросхемах D1-D2 (К 561 ЛА7), служит для вырабатывания сигналов прямоугольной формы по переднему и заднему фронту поступающих на его вход импульсов с выхода микросхемы DA1. В схеме формирователя импульсов имеется одновибратор, предназначенный для растягивания во времени прямоугольных импульсов, управляющих через согласующее устройство (микросхема К561ПУ4) электромагнитным отметчиком. Введение в схему одновибратора вызвано тем, что импульсы, вырабатываемые формирователем, имеют малую длительность, и электромагнитный отметчик, обладающий заметной инерцией, не успевает сработать.

Работа устройства в динамике проста. При попадании фольги с яйцом в поле катушки генератора происходит уменьшение амплитуды колебаний генератора или срыв генерации. Постоянное напряжение на делителе R5-R6 в этом случае изменяется от более высокого уровня к более низкому. Компаратор сравнивает

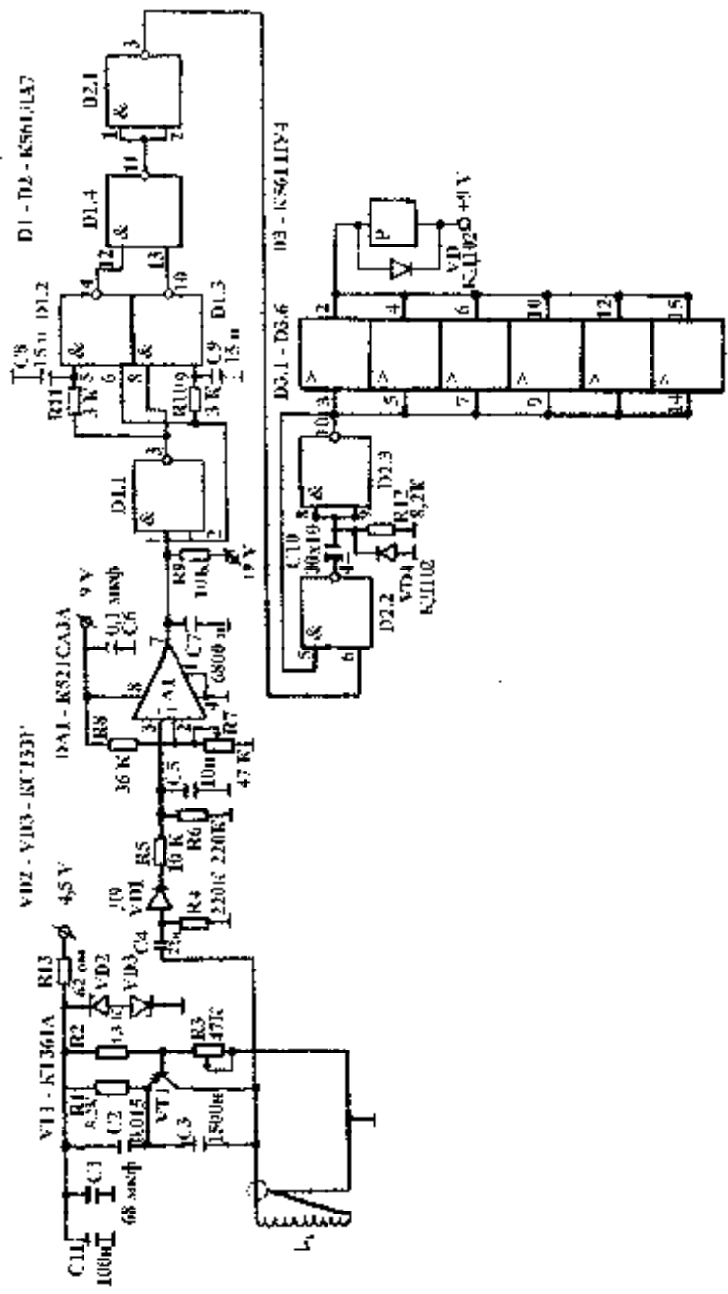


Рис. 13. Принципиальная схема установки для изучения поворотов и перемещений яиц в гнездах птиц

установившееся напряжение на входе 3 с опорным на входе 2. Опорное напряжение выбрано с таким расчетом, что напряжение на входе 3 будет всегда меньше опорного при изменении амплитуды колебаний генератора. Таким образом, как только яйцо с фольгой попадет в поле катушки генератора, на выходе 7 компаратора появляется сигнал, а при удалении фольги от катушки весь процесс будет происходить в обратном порядке. Формирователь импульсов с одновибратором вырабатывает кратковременные импульсы длительностью 0,3-0,4 сек, управляющие электромагнитным отметчиком. Импульсный режим работы отметчика выбран не случайно, так как он является основным потребителем тока (200 мА). Это позволяет экономить энергию батарей, питающих прибор.

Для изготовления электронной схемы применены следующие детали: резисторы типа МЛТ 0,125; подстроечные резисторы R3 и R7-СП5-3 проволочные многооборотные. Применение однооборотных подстроечных резисторов нежелательно, так как порог срабатывания компаратора должен быть выставлен точно. Конденсаторы С2 и С3 - К10-23 или К73 с минимальным ТКЕ; транзистор VT1- кремниевый, типа КТ361. Диод VD1-Д9 с любым буквенным обозначением; диоды VD1 - VD3 - КС133Г; диод VD4 - КД102. Микросхема DA1 - К 521 СА3А. Микросхемы D1- D2 - К 561 ЛА7, D3 - К 561 ПУ4 с малыми токами потребления. Можно использовать микросхемы серии 155 (К 155 ЛА3 и К 155 ЛА7), но тогда возрастет потребляемая прибором мощность, что невыгодно в полевых условиях.

Все устройство собрано на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита размером 50х60 мм. Плата размещена в корпусе барографа с использованием его часового механизма. Там же находится электромагнитный отметчик с пишущим пером (рис.10). Катушка генератора содержит 100-150 витков провода ПЭЛ-0,19. По диаметру она должна соответствовать размерам нижней части лотка гнезда исследуемого вида птиц. Катушка тщательно изолируется от проникновения влаги эпоксидной смолой, лаком или нитроэмалью. Для связи катушки с прибором используется экранированный кабель марки МГТВ-Э длиной до 10 м. Увеличение длины кабеля свыше 10 м

нежелательно, так как он обладает собственной емкостью, ухудшающей работу генератора. Для подсоединения кабеля датчика к прибору используется любой малогабаритный коаксиальный разъем. Электромагнитным отметчиком служит реле РКМ, перемотанное проводом ПЭЛ-0,19 до заполнения каркаса. Контактная группа реле удаляется, а к якору припаивается пишущее перо. Запись ведется на стандартной ленте от самопишущих метеоприборов. Питание прибора обеспечивается аккумуляторами напряжением 6 и 12 В. Одна батарея обслуживает генератор, а другая компаратор, формирователь импульсов и электромагнитный отметчик.

Настройку прибора ведут при помощи осциллографа с высокоомным входом. При настройке необходимо учесть, что установка будет работать при резких колебаниях температуры окружающего воздуха. Чтобы избежать изменения амплитуды колебаний генератора из-за температурной нестабильности транзистора VT1, необходимо подобрать сопротивление R1\*. При настройке вместо R1 включают магазин сопротивлений. Охлаждая и нагревая транзистор VT1, наблюдают за изменением амплитуды колебаний генератора на экране осциллографа. Подбирая сопротивление R1\*, добиваются неизменной амплитуды при разных значениях температур. Затем впаивают постоянное сопротивление.

Прибор использовали для изучения поворотов и перемещений яиц в гнездах сизого голубя, рябчика и сизой чайки. Испытания показали хорошие результаты.

## **4. Методика изучения плотности насиживания в гнездах птиц**

### **4.1. Биологическое значение плотности насиживания**

Во многих публикациях говорится о насиживании без количественной оценки этого процесса. Так, С. В. Винтер (1977), Ю. И. Мельников (1977) и другие при описании насиживания оценивают его как «регулярное», «слабое», «крепкое» и т. п. Такого рода субъективные оценки не позволяют провести сравнительный анализ характера насиживания для разных видов птиц.

Интерес представляют работы, в которых процесс насиживания оценивается количественно. Так, Д. М. Гаушштейн (1959) определил в условиях Молдавии плотность насиживания у обыкновенной горихвостки в дневное время 50-70%, у обыкновенной овсянки — 85%. Аналогичный подход встречается у В. Р. Дольника (1962), давшего сравнительную характеристику плотности насиживания у дуплогнездников (71 %) и птиц, гнездящихся открыто (76 %).

Плотность насиживания, выраженная в процентах как отношение времени (в часах) пребывания самки (партнеров) на кладке к 24 часам, является вполне приемлемой количественной характеристикой процесса насиживания. Она позволяет объективно проводить сравнение разных этапов насиживания как в одном гнезде, так и в гнездах разных видов птиц. В этом случае отпадает субъективная оценка.

По данным А.М. Болотникова (1985) показатель плотности насиживания у птиц разных таксонов и биологических групп не столь различен и колеблется в большинстве случаев от 85 до 95%. Плотность насиживания, зафиксированная для одного и того же вида варьирует, например, у обыкновенной горихвостки в Камском Предуралье от 77,0-84,0% до 94,7-98,3%.

Плотностью насиживания в период яйцекладки регулируется скорость эмбриогенеза каждого откладываемого яйца. У береговых ласточек при откладывании с суточным интервалом наблюдается нарастание плотности насиживания в период яйцекладки (в среднем по пяти гнездам) для первого яйца 6,3%, для второго-16,7, третьего - 40,4, четвертого - 78,2 и для пятого 86,7%.

В период собственно насиживания отмечаются колебания плотности в пределах от 87,5 до 92,0%. Вылупление пяти птенцов в каждом гнезде, за немногими исключениями, повторяло порядок откладки яиц и завершилось в пределах 2-х суток (в среднем 1,7 суток). Согласно материалам М. Ф. Пантелева (1976), у большой синицы при откладывании 11 яиц для первых пяти плотность насиживания составила 6,1 - 10,4%, для 6-7-го-12,5% и 8-11-го яйца - 29,1-45,8%. Растянутость сроков вылупления птенцов составила около полутора суток с нарушением порядка откладывания яиц. Наоборот, высокая плотность насиживания (50% и более), начиная с первого откладываемого яйца, например у сов, является предпосылкой растянутого срока вылупления птенцов в течение времени, почти равного периоду яйцекладки.

Таким образом, изменением плотности насиживания регулируется время и степень прогревания яиц в период яйцекладки, что оказывает исключительно большое влияние на одновременность вылупления птенцов.

Анализ свидетельствует о наличии групп птиц с низкой плотностью насиживания в начале яйцекладки и ее возрастанием к завершению (большая синица, береговая ласточка) и птиц с высокой плотностью насиживания, осуществляемого с откладывания первого яйца (ушастая сова).

Плотность насиживания меняется в зависимости от экологической ситуации. Например, у сизого голубя в феврале она достигала 98 – 100%, а в мае — 84-88%. Последнее свидетельствует о том, что насиживание не является узко генетически запрограммированным свойством, а регулируется поведением птицы в зависимости от температуры окружающей среды.

И, наконец, наблюдается обратная зависимость между плотностью насиживания в период яйцекладки и



продолжительностью вылупления птенцов: при низкой плотности насиживания - дружное вылупление (у большой синицы 11 птенцов за 1,5 суток), при высокой - растянутое (у совы 6 птенцов за 5 суток) (Болотников и др.,1985).

Таким образом, при анализе конкретных примеров длительности насиживания четко прослеживается несколько биологических особенностей. Это, во-первых, широкая норма реакции, проявляющаяся в разнице продолжительности как насиживания, так и инкубации. Во-вторых, невысокая плотность насиживания в период яйцекладки, особенно для первых 2-3 яиц (пример с береговой ласточкой), обеспечивает более дружное вылупление птенцов, что уменьшает их элиминацию в начальном периоде постнатальной жизни (Болотников и др.,1985).

#### **4.2. Прибор для изучения плотности насиживания в гнездах птиц**

Существуют различные устройства, при помощи которых определяется частота и продолжительность слетов птицы с гнезда. По принципу действия они подразделяются на механические (Флинт, 1954; Литвинов, 1981), электромеханические (Семенов Тянь-Шанский, 1960; Долбик, 1962; Болотников, Калинин, 1974; Langley, 1978; Morris, Hunter, 1976, и др.) и электронные (Фокин, 1983).

Предлагаемый прибор (Борисов, 1988) является электронным регистратором. Он позволяет вести непрерывную автоматическую запись показаний в течение суток на значительном удалении от гнезда (до 100 м и более). Электронная схема прибора (Рис.14) выполнена с использованием современной элементной базы - КМОП-микросхем серии К 561, что позволило до минимума сократить расход энергии батареи и существенно упростить изготовление прибора.

В качестве датчика использовали четыре микропереключателя, соединенных параллельно. Замыкание любого из них ведет к срабатыванию электронной схемы. Микропереключатели помещаются по бокам гнезда и маскируются в подстилке. На их поводки опираются стойки из медной проволоки

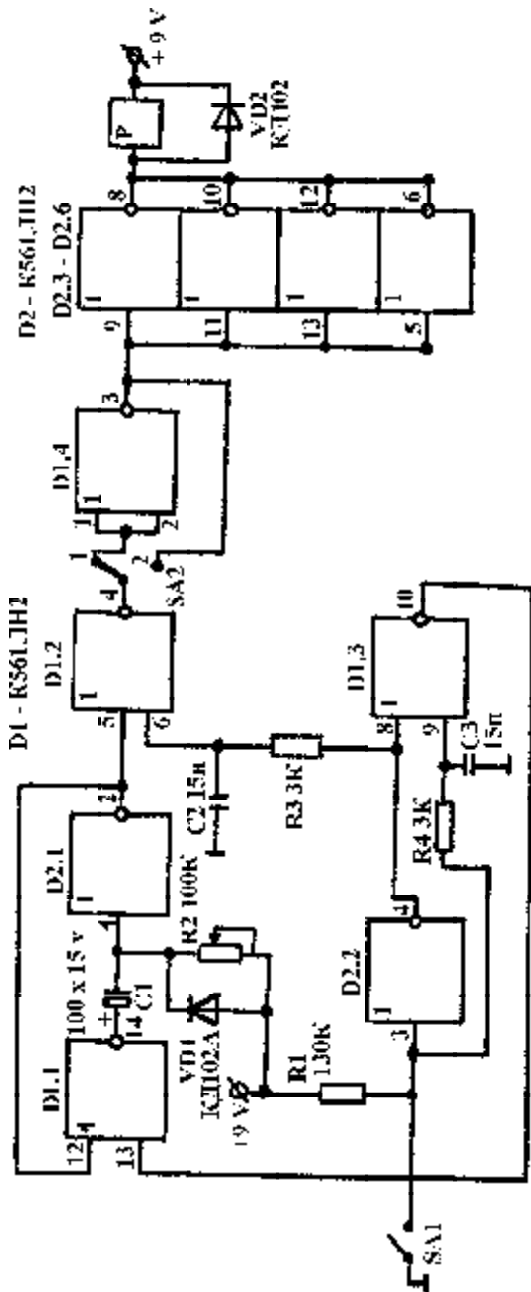


Рис. 14. Принципиальная схема установки для регистрации плотности насыживания в гнездах ПТИС

диаметром 1,5 мм. Стойки припаиваются к круглому кольцу из той же проволоки. Кольцо размещается над стенками гнезда с таким расчетом, чтобы не мешать наседке (Рис.15). Микропереключатели запаены в жестяные коробочки, а места пайки проводов залиты лаком для защиты от влаги. В коробочках сделаны отверстия для медных стоек, опирающихся на поводки переключателей.

Особенностью прибора является введение временной задержки срабатывания отметчика (30-40 сек). Птица после прихода на гнездо некоторое время «устраивается» там, и контакты могут быть замкнуты и разомкнуты несколько раз. Вследствие этого получается запись, трудно поддающаяся расшифровке. Введение временной задержки исключает такое явление. Если птица ушла с гнезда и в течение 30-40 сек не возвратилась, то отметчик сработает, если она приподнялась и села обратно, то никаких отметок не будет.

Схема прибора смонтирована на печатной плате из двухстороннего фольгированного текстолита размером 50x40 мм. Плата при помощи уголка крепится в корпусе барографа с часовым механизмом, где расположено также устройство для регистрации поворотов и перемещений яиц в гнезде. Там же находится

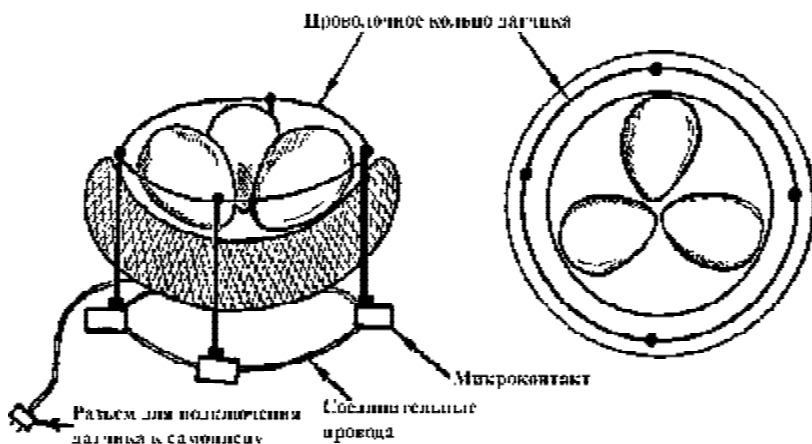


Рис. 15. Расположение датчика плотности насиживания в гнезде сизой чайки

электромагнитный счетчик. В результате имеется возможность получения сразу двух актограмм на одной и той же ленте, что удобно для расшифровки поведения птицы на гнезде (Рис.10).

Запись актограмм ведется чернилами на стандартной ленте от самопишущего барографа или термографа. Лента крепится на барабан часового механизма от этих же приборов. Полный оборот барабана происходит за один сутки. На ленте имеется часовая сетка, позволяющая легко расшифровать актограммы.

Для изготовления прибора использовали микросхемы серии 561 с малыми токами потребления. Микросхема D1 — 564 ЛЕ5, D2 — 564 ЛН2. На элементах D 1.1 и D 2.1 собран одновибратор для введения временной задержки, величина которой определяется номиналом RC цепи (произведение значений R2 на C1). Сопротивление R2 — переменное, любой марки. Его регулировкой подбирается подходящее время задержки. Схема имеет два режима работы. Режимы выбираются переключателем SA2, который включает или выключает инвертор D 1.4. Если переключатель SA2 находится в положении 1 (Рис.13), то отметчик будет выключаться тогда, когда птица сидит на гнезде, и выключаться при ее отсутствии. Этот режим рекомендуется в начальный период насиживания, так как большую часть времени птица проводит вне гнезда. В положении 2 переключателя SA2, отметчик будет выключаться при наличии птицы в гнезде, а включаться при ее отсутствии. Этот режим работы рекомендуется после окончания яйцекладки и перехода птицы к собственно насиживанию. Режимы работы прибора выбраны из соображения экономии энергии батареи, расход которой определяется, в основном, сроком ее службы.

Резисторы, используемые в схеме, типа МЛТ-0,125; конденсаторы C2 и C3 марки КМ; C1 — К50-16; переключатель SA1 — любые подходящие микропереключатели или другие контактные датчики; SA2 -переключатель марки П2К с фиксацией положений. В качестве электромагнитного отметчика используется реле с током потребления 20 мА и напряжением срабатывания 8-9 В. При изготовлении датчиков важно обеспечить их надежную изоляцию от влаги ввиду того, что входные токи микросхем крайне

малы и любое попадание влаги на контакты ведет к ложному срабатыванию прибора. Зато малая величина этих токов позволяет применять длинные линии связи между датчиками в гнезде и регистрирующим прибором. Питание схемы обеспечивается аккумулятором напряжением 6-12 В.

## Литература

1. Абозин И.И. Птичий двор в русских хозяйствах. Спб., 1895. 120с.
2. Андреев А.В. Тепловые потоки в гнездах и энергетика процесса инкубации у тундровых птиц // Экспериментальные методы в изучении северных птиц и результаты их применения. Владивосток, 1986.-С.84-107.
3. Андреев А.В. Инструментальные методы в исследованиях по экологической энергетике птиц // Экспериментальные методы в изучении северных птиц и результаты их применения. Владивосток, 1986,-С.59-83.
4. Болотников А.М. К вопросу о стимулирующем влиянии прединкубационного охлаждения яиц на инкубацию // Уч. зап. ПГПИ, вып. 31, 1964. – С. 3-7.
5. Болотников А.М., Каменский Ю.Н., Королев В.К. Морфология яиц, конструкция гнезда и некоторые процессы инкубации // Уч. зап. ПГПИ, т.69, Пермь, 1969. – С. 84-100.
6. Болотников А.М., Шураков А.М. К изучению насиживания у птиц // Материалы 4-й научной конференции зоологов педагогических институтов. Горький, 1970.-С.331-333.
7. Болотников А.М. Экология инкубации и эмбрионального развития птиц // Автореф.дисс. ... д-ра биол.наук. Казань,1972.-38 с.
8. Болотников А.М., Соколова Т.И., Чащин С.П. Циклы яйцекладки, плодовитость и выживаемость птенцов грача // Уч.зап. ПГПИ, т.3, Пермь, 1973.-С.39-43.
9. Болотников А.М., Калини С.С. Методика изучения насиживания и инкубации у птиц // Уч.зап. ПГПИ, Пермь, 1974.-43 с.
10. Болотников А.М., Печерский А.С., Пантелеев М.Ф. Прибор для регистрации перемещения яиц насиживающей птицей // Уч. зап. ПГПИ, т.122, Пермь, 1974.-С.3-5.
11. Болотников А.М., Шураков А.И., Каменский Ю.Н., Добринский Л.Н. Экология раннего онтогенеза птиц // Свердловск,1985.-228 с.
12. Борисов В.В. Новые приборы для исследования гнездовой жизни птиц // Изучение птиц СССР, их охрана и рациональное использование. Л., 1986.-С.92-93.

13. Борисов В.В., Тарасенко, С.В. Гусев В.К. К инструментальным методам исследования гнездовой жизни птиц // Экология и поведение птиц. М.: Наука, 1988. - С. 190-195.
14. Борисов В.В. Температура насиживания в гнезде сизой чайки // Гнездовая жизнь птиц. Пермь, 1989. – С. 38-48.
15. Борисов В.В. Биология сизой чайки и ее изучение с помощью инструментальных методов // Дисс. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Москва, 1989. 157 с.
16. Быховец А.У. Периодические охлаждения яиц при инкубации и повышение жизнеспособности птицы // Труды XIII Всемирного конгресса по птицеводству. Киев, 1966. – С. 505-510.
17. Винтер С.В. Гнездование ширококлювой мухоловки в южном приморье // Орнитология, 1977, вып.13, с. 74-79.
18. Гаузштейн Д.И. О плотности насиживания и интенсивности выкармливания птенцов у некоторых воробьиных птиц // В кн.: Тезисы докладов II Орнитологической конференции. М.: Изд-во МГУ, 1959Ю ч. 2, с. 37-38.
19. Данилов Н.Н. Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике // Труды Ин-та биологии УФАН АН СССР. Свердловск, 1966, т. II, вып.56. 148с.
20. Долбик М.С. Изучение температурного режима насиживания у рябчика с помощью полупроводниковых датчиков // Орнитология. Вып.5, 1962.-С.404-409.
21. Дольник В. Р. Экспериментальное изучение насиживания у некоторых птиц // Орнитология. Вып. 5, 1962. – С. 404-409.
22. Зацепина Р.А. Изучение термики насиживания с применением прибора с дистанционной автоматической записью // Природные ресурсы Волго-Камского края. Казань, вып.4,1976.-С.66-71.
23. Кондратьев А.Я. Биология куликов в тундрах Северо-Востока Азии / М.: Наука, 1982. – 192 с.
24. Караваев А.А. Некоторые адаптации ржанкообразных к гнездованию в зоне с высокими летними температурами // Материалы 7-й Всесоюзной орнитологической конференции. Киев: Наукова думка, 1977. – С. 248.
25. Калинин С.С. Изучение насиживания у чайковых птиц (Laridae): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Казань, 1975.
26. Ковинько Д.А., Бакаев И.Н. Кратность поворотов яиц и выводимость утят / Птицеводство, 1965, №5, с. 41-42.

27. Королев В.К., Болотников А.М. Самописец для регистрации температуры и влажности в гнездах птиц // Сборник статей по птицеводству и орнитологии. Пермь, 1969.-С.39-42.
28. Кречмар А.В. Прибор для экологических исследований гнездования птиц // Зоол.ж-л, вып.9, 1974.-С.926-932.
29. Кречмар А.В. Автоматическая фотосъемка в экологических исследованиях / М.: Наука, 1978- 110 с.
30. Кречмар А.В. Усовершенствованный фотоаппарат для изучения экологии инкубации открытогнездящихся птиц субарктики // Экспериментальные методы в изучении северных птиц и результаты их применения. Владивосток, 1986.-С.29-33.
31. Литвинов Н.А., Карабулин В.В. Температура инкубации кладки у обыкновенной пустельги // Гнездовая жизнь птиц. Пермь, 1979. – С. 20-23.
32. Литвинов Н.А. Плотность насиживания как регулятор температуры инкубации и дружности вылупления птенцов // Гнездовая жизнь птиц. Пермь, 1980. – С. 27-29.
33. Литвинов Н.А. Факторы насиживания и инкубации у некоторых видов диких и домашних птиц: Автореф. ... канд.биол.наук. Москва, 1980.- 17 с.
34. Литвинов Н.А. Температура инкубации и ее регуляция у некоторых видов домашних и диких птиц // Гнездовая жизнь птиц. Пермь, 1989. – С. 31-38.
35. Мельников Ю.И. Асинхронность вылупления птенцов в колонии речной и белокрылой крачек // В кн.: Тезисы докладов VII Всесоюзной орнитологической конференции. Киев: Наукова думка, 1977, ч. 1, с. 277-278.
36. Михеев А.В. Белая куропатка /М., 1948.
37. Петров Б.Г. Терморегуляторные механизмы яиц некоторых видов птиц и их значение в процессах насиживания: Дис. ... канд.биол. наук. Пермь, 1980.-174 с.
38. Пантелеев М.Ф. Характер прерывистой инкубации в период яйцекладки у большой синицы // В кн.: Тезисы Всесоюзной научной конференции зоологов педагогических вузов. Пермь, 1976, с.306-307.
39. Петров Б.Г. Теплоустойчивость птичьего гнезда // Гнездовая жизнь птиц. Пермь, 1981. – С. 34-40.
40. Третьяков Н.П. Инкубация яиц сельскохозяйственных птиц / М.:Сельхозгиз, 1951. 279с.
41. Семенов-Тянь-Шанский О.И. Экология тетеревиных / М.: Изд-во МГУ, 1960. – 319 с.



42. Семенов Тян-Шанский О.И. Изучение поведения птиц на гнезде с помощью самописцев // Тр. проблемных и тематических совещ. ЗИН, вып.9, 1960.-С.279-286.
43. Флинт В.Е. Об экспериментальном изучении активности насиживающей гаги // Зоол.ж-л, вып.1, 1954.-С.159-163.
44. Фокин С.Ю., Фокин Ю.И. Прибор для регистрации активности насиживания птц в условиях Арктики // Орнитология, М., вып.18, 1983.- С.97-101.
45. Хоровиц П., Хилл В, Искусство схемотехники / М.: Мир. Пер. с англ., в 2-х т. 1986.
46. Шилов И.А. Регуляция теплообмена у птиц / М.: Изд-во МГУ, 1968. – 252 с.
47. Davis J.W.F. Egg size and breeding success in the Herring Gull (*Larus Argentatus*) // *Ibis*, V. 177, №4, 1975. – P. 460-473.
48. Drent R.H., Tinberger J.M., Biebach H. Incubation in the starling (*Sturnus Vulgaris*): resolution of the conflict between egg care foraging // *Neth. J. Zool.*, W.35, №1-2, 1985.- 103-123.
49. Gabrielsen G., Steen J.B. Tachycardia during egg-hypothermia in incubating ptarmigan (*Lagopus lagopus*) // *Acta physiol. Scand.*, V. 107, №3, 1979. – P. 273-277.
50. Midgardt U. Arteriovenous anastomoses in the incubation patch of herring gulls // *Condor.*, V.87, №4, 1985. – P. 549-551.
51. Haftorn S. Egg temperature during incubation in the Great tit (*Parus major*) in relation to ambient temperature, time of day, and other factors // *Fanna norv.*, C.6. №1, 1983.- P.22-38.

## Содержание

От автора .....	3
1. Методика изучения температуры в гнездах птиц при помощи инструментальных методов .....	5
1.1. Роль температуры как фактора инкубации яиц в гнездах птиц .....	5
1.2. Инструментальные методы изучения температуры насиживания в гнездах птиц .....	11
1.3. Методика изучения частоты сердечных сокращений эмбрионов птиц в зависимости от внутрияйцевой температуры .....	20
1.4. Методика изучения влияния переменных температур на инкубацию яиц птиц .....	21
2. Аппаратура для изучения поведения птиц на гнезде .....	25
3. Методика изучения поворотов перемещений яиц в гнездах птиц .....	31
3.1 Биологическое значение перемещений и поворотов яиц .	31
3.2. Прибор для регистрации поворотов и перемещений яиц в гнездах птиц .....	33
4. Методика изучения плотности насиживания в гнездах птиц ..	39
4.1. Биологическое значение плотности насиживания .....	39
4.2. Прибор для изучения плотности насиживания в гнездах птиц .....	41
Литература .....	46



*Владимир Валентинович*  
**БОРИСОВ**

**Методика изучения  
насиживания и инкубации у птиц  
при помощи инструментальных методов**  
(учебно-методическое пособие  
для аспирантов и студентов)

Издательская лицензия **ИД №06024** от 09.10.2001 года.  
Подписано в печать 01.06.2006 г. Формат 60x90/16.  
Объем издания в усл.печ.л. 3,25. Тираж 100 экз. Заказ №

---

Псковский государственный педагогический университет им. С.М.Кирова,  
180760, г. Псков, пл. Ленина, 2.

Редакционно-издательский отдел ПГПУ им. С.М.Кирова,  
180760, г. Псков, ул. Советская, 21, телефон 2-86-18, e-mail: rio@psksu.ru