

#### 4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК 636.082.474.1

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2024\_1\_102

EDN: SUYGST

### Разработка инкубатора зонального нагрева для яиц птиц

Евгений Александрович Андрианов<sup>1✉</sup>, Александр Николаевич Судаков<sup>2</sup>,  
Николай Игоревич Скуратов<sup>3</sup>, Алексей Александрович Андрианов<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>2,3</sup> Московский государственный зоологический парк, Москва, Россия

<sup>1</sup> evgeniy377@gmail.com✉

**Аннотация.** Описан опыт разработки, создания и использования инкубатора зонального нагрева яиц птиц, основанный на характерных для процессов естественной инкубации температурных параметрах и обеспечивающий термоградиент содержимого яиц в процессе инкубации за счет создания теплой и холодной зон скорлупы яиц. В экспериментальной модели инкубатора верхняя часть скорлупы контактировала с эластичной мембраной емкости с теплоносителем, а нижняя – с поверхностью подвижного необогреваемого пола лотка. В качестве теплоносителя использовали воду, позволяющую за счет высокой теплоемкости снизить динамику колебаний температуры при нагреве и охлаждении, а также устранить влияние инертности термодатчика и нагревательного элемента на температуру теплоносителя, что позволило снизить диапазон колебаний температуры теплоносителя до 0,1 °С. Температура теплоносителя устанавливалась эмпирически по данным беспроводного четырехзонного датчика температуры, использованного ранее для получения данных о температурном режиме яиц в процессе естественной инкубации. Предустановленная температура теплоносителя составила 39,8 °С. В процессе инкубации для регулировки температуры теплоносителя внешние термодатчики контроля температуры поверхности зоны контакта емкости с теплоносителем со скорлупой яиц не использовали. Для поворота яиц применяли подвижный пол, обеспечивающий угол поворота яиц более 180°. Вариабельность угла поворота обеспечивалась применением шатунного механизма. Применение зональной блокировки газообмена через участки скорлупы, контактирующие с мембраной нагревателя, позволило исключить компоненты поддержания влажности воздуха. Для повышения надежности отдельных узлов инкубатора использовали модульные компоненты без центрального управляющего контроллера. Срок автономной работы при прекращении электроснабжения – 8 часов. Выводимость яиц серого гуся составила 100%.

**Ключевые слова:** газообмен, зональный нагрев, инкубатор, охлаждение, яйца птиц

**Для цитирования:** Андрианов Е.А., Судаков А.Н., Скуратов Н.И., Андрианов А.А. Разработка инкубатора зонального нагрева для яиц птиц // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 1(80). С. 102–111. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2024\\_1\\_102-111](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_1_102-111).

#### 4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

### Development of a zone heating incubator for avian eggs

Evgeniy A. Andrianov<sup>1✉</sup>, Aleksandr N. Sudakov<sup>2</sup>,  
Nikolai I. Skuratov<sup>3</sup>, Aleksey A. Andrianov<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup> Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>2,3</sup> Moscow State Zoological Park, Moscow, Russia

<sup>1</sup> evgeniy377@gmail.com✉

**Abstract.** The authors describe the experience of developing, creating and using an incubator for zonal heating of avian eggs based on the temperature parameters characteristic of natural incubation processes and providing a thermogradient of the egg contents during the incubation process by creating warm and cold zones on the eggshell. In the experimental model of the incubator the upper part of the eggshell was in contact with the elastic membrane of the coolant container, and the lower part was in contact with the surface of the movable unheated floor of the tray. Water was used as coolant, which, due to its high heat capacity, allowed reducing the dynamics of temperature fluctuations during heating and cooling, as well as eliminating the influence of inertia of the temperature sensor and heating element on the temperature of coolant. This reduced the range of coolant

temperature fluctuations to 0.1°C. Coolant temperature was established empirically according to the data of a wireless four-zone temperature sensor, which was previously used to obtain the data on the temperature regime of eggs during natural incubation. The preset coolant temperature was 39.8°C. In the process of incubation coolant temperature was not regulated by external thermal sensors that control the temperature of the surface of the contact zone of the coolant container with the eggshells. Egg rotation was performed using a movable floor, which provided an angle of egg rotation of more than 180°. The variability of rotation angle was ensured by the use of a connecting rod mechanism. The use of zonal blocking of gas exchange through eggshell segments in contact with the heater membrane allowed eliminating the components for maintaining air humidity. In order to increase the reliability of individual incubator units modular components were used with no central process controller. The planned autonomous operation in the event of a power outage is 8 hours. The hatchability of gray goose eggs was 100%.

**Keywords:** gas exchange, zone heating, incubator, cooling, avian eggs

**For citation:** Andrianov E.A., Sudakov A.N., Skuratov N.I., Andrianov A.A. Development of a zone heating incubator for avian eggs. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(1):102-111. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2024\\_1\\_102-111](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_1_102-111).

## **В**ведение

Цель искусственной инкубации яиц птиц – получение максимально высоких показателей выводимости и качества молодняка при минимальных затратах на технологический процесс искусственной инкубации.

Следует отметить, что за последние десятилетия достигнут значительный успех в получении высоких показателей выводимости яиц сельскохозяйственной птицы при искусственной инкубации. Норма вывода современных кроссов кур – до 89% при 96,5% оплодотворенных яиц [1]. Вместе с тем отмечается тенденция к усложнению технологического оборудования инкубаториев. Современный инкубатор – дорогостоящее, в высшей степени автоматизированное устройство, управляемое компьютером и включающее в себя множество специализированных электронных компонентов [2]. Как следствие, в современных инкубаторах предъявляются высокие требования как к микроклимату помещений инкубатория, так и к качеству и стабильности питающей их электроэнергии. Рекомендуемые производителями инкубационных яиц параметры инкубации характеризуются высокой точностью температурно-влажностного режима [3].

К наиболее современным техническим решениям, применяемым в искусственной инкубации яиц птиц, можно отнести:

- контроль температуры скорлупы яиц;
- применение газоанализаторов;
- регулировку влажностного режима на основе данных о потере массы яиц, получаемых в реальном времени с тензометрических датчиков контрольных лотков [4].

Поддержание параметров микроклимата с высокой точностью, в частности температурного режима воздуха с точностью не ниже 0,1 °С во всем объеме камеры инкубатора, представляет собой сложную техническую задачу [5]. Одним из возможных решений проблемы разности температур воздуха в отдельных зонах больших инкубаторов является уменьшение объемов отдельных секций, что увеличивает удельную стоимость инкубации [6].

Можно предположить, что к настоящему времени наука вплотную подошла к пределу развития технологий искусственной инкубации с применением традиционных инкубаторов воздушного нагрева.

Существует альтернативный способ нагрева яиц птиц при искусственной инкубации, основанный на биологии насиживания яиц птицами в естественной среде, при котором нагреву подвергается не вся поверхность скорлупы, а определенная зона. Первые упоминания об инкубаторах зонального нагрева относятся к середине XIX в. [7, 15]. Известна работа сотрудника Центральной научно-исследовательской лаборатории охотничьего хозяйства и заповедников в системе Главохоты РСФСР А.В. Гражданкина, в которой описано устройство автономного инкубатора, позволившего, несмотря на примитивную конструкцию и сложность обслуживания, получить высокие показатели выводимости [8].

Современным развитием технологии зонального нагрева яиц птиц является инкубатор ContaQ Z7 Raptor от компании Brinsea [9]. Производителем заявлены высокие показатели выводимости, однако данное устройство, обладая крайне высокой стоимостью инкубации, является не менее сложным с технической точки зрения, чем современные инкубаторы воздушного нагрева. В качестве одного из достоинств данного инкубатора производитель приводит наличие специализированного высокоточного термометра контроля температуры нагревательной мембраны.

Температура воздуха в процессе инкубации в традиционных инкубаторах воздушного нагрева является критически важным параметром и оказывает существенное влияние на процесс и сроки эмбриогенеза, температурные же условия эмбриона при зональном нагреве яйца принципиально отличаются. Инструментальные исследования температурных параметров естественного насиживания, проводимые нашей рабочей группой на протяжении нескольких лет в гнездах сельскохозяйственных и диких птиц, демонстрировали значительный диапазон температур яиц под наседками при высоких показателях выводимости, однако, учитывая общепринятую точку зрения, согласно которой эмбрионы и яйца птиц не обладают способностью к терморегуляции, наши исследования были в большей степени направлены на воссоздание средних температур поверхности яйца, нежели на исследование зонального нагрева [10].

Предпосылкой к корректировке направления исследований стали зарубежные публикации последних лет, в которых получила развитие теория, выдвинутая в середине XX в. российскими учеными, о важной роли зонального нагрева яиц птиц, позволяющего использовать эволюционно сформированные механизмы терморегуляции яйца и эмбриона [11–14].

Наличие базы данных о детальных характеристиках теплового режима естественного насиживания определило цель исследования – создание инкубатора зонального нагрева, обладающего свойствами, характерными для процесса естественной инкубации.

#### **Материалы и методика исследования**

Исследование проводилось в 2022–2023 гг. На этапе планирования эксперимента анализировали литературные источники и проводили обработку данных ранних собственных инструментальных исследований параметров температурного режима естественной инкубации яиц птиц и известных моделей инкубаторов.

Мониторинг параметров естественной инкубации с использованием беспроводных четырехзонных муляжей-термодатчиков, изготовление экспериментальной модели инкубатора зонального нагрева и опыт по инкубации яиц серого гуся (*Anser anser*) осуществляли в отделе орнитологии ГАУ «Московский государственный зоологический парк». Четырехзонные термодатчики представляют собой муляжи яиц птиц с интегрированными в корпус муляжа четырьмя электронными датчиками температуры DS18B20. Датчики равномерно распределены по малому радиусу муляжа.

Теоретическая часть исследования и математическая обработка данных проведены на кафедре механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Фиксация данных о температурных режимах осуществлялась с применением программно-аппаратного комплекса собственной разработки с сохранением данных в БД на удаленном сервере.

Статистическую обработку осуществляли в программе MS Excel пакета MS Word.

#### **Результаты и их обсуждение**

При подготовке к проектированию инкубатора зонального нагрева в качестве рабочей гипотезы было выбрано утверждение, что яйца и эмбрионы птиц имеют эволюционно сформированные адаптационные возможности, приспособленные к условиям естественной инкубации и обеспечивающие максимальные показатели выводимости, а изменение любого из характерных для естественной инкубации параметров оказывает негативное влияние на функционирование механизмов адаптации.

Анализ литературных источников, посвященных естественной инкубации яиц птиц, а также собственные инструментальные исследования параметров естественной инкубации позволили определить некоторые характеристики физических параметров условий, в которых находятся яйца под наседками.

Температурный режим естественной инкубации характеризуется следующими условиями:

- нагрев яиц осуществляется за счет непосредственного контакта тела наседки с поверхностью скорлупы;
- температура поверхности и содержимого яиц не превышает температуру тела наседки;
- температура верхней стороны яиц выше температуры нижней стороны;
- температура тела наседки стабильна;
- температура нижней стороны яиц зависит от внешних факторов;
- яйца кратковременно охлаждаются в периоды двигательной активности наседки;
- яйца могут подвергаться длительным охлаждениям;
- содержимое яиц имеет температурный градиент.

При этом наиболее характерным фактором, отличающим естественную инкубацию от инкубации в инкубаторах воздушного нагрева, является разность температур верхней и нижней сторон яйца. График изменения температуры верхней и нижней сторон яйца при естественной инкубации в гнезде серого гуся представлен на рисунке 1.

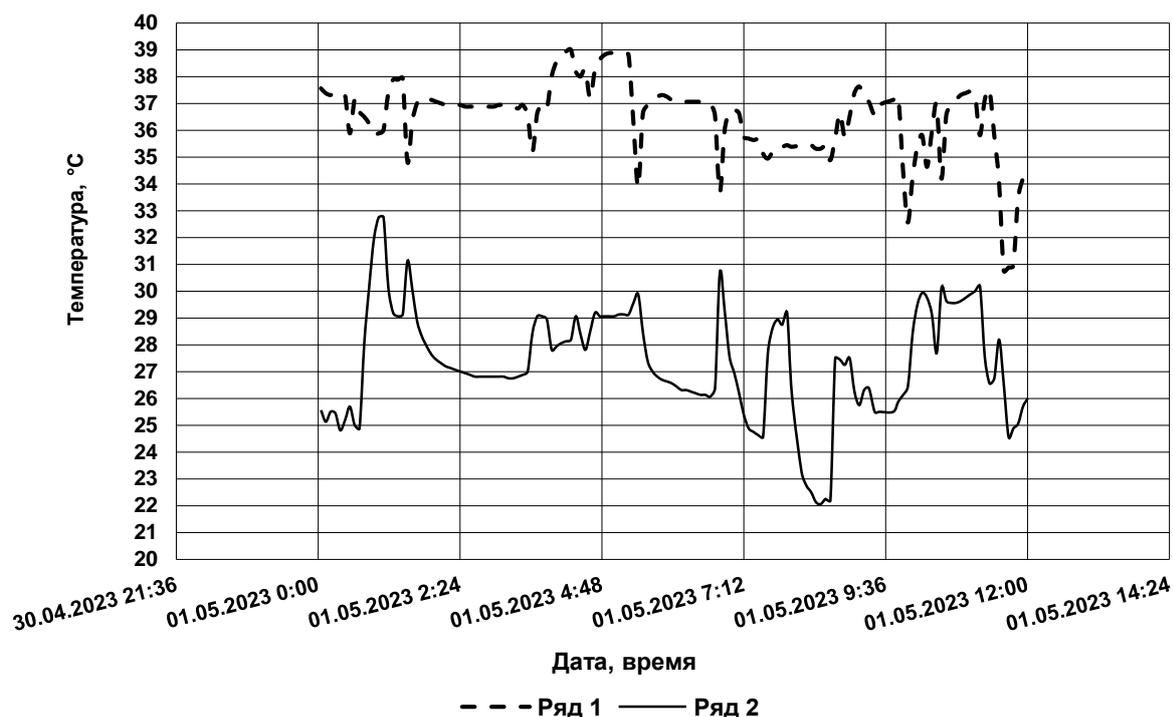


Рис. 1. График температур верхней и нижней сторон яйца серого гуся при естественной инкубации: ряд 1 – показания верхнего датчика; ряд 2 – показания нижнего датчика

Влажностный режим естественной инкубации также существенно отличается от условий в традиционных инкубаторах. За период проведенных наблюдений колебания относительной влажности воздуха варьировали от 36 до 89%, при среднем значении  $55,7 \pm 2,96\%$ . Следует учитывать, что при естественной инкубации потеря массы яйца за счет испарения воды через поры в скорлупе лимитируется не только относительной влажностью окружающего воздуха, но и снижением суммарной площади пор скорлупы, часть из которых изолирована от окружающего воздуха вследствие соприкосновения кожи наседки с поверхностью яйца.

Неотъемлемым условием процесса естественного высидывания являются повороты яиц наседкой. Анализ полученных данных, отражающих изменения температуры поверхности электронного муляжа, позволил определить основные характеристики поворотов яиц наседками. Изменения температуры датчиков, размещенных по малому радиусу муляжа, представлены на рисунке 2.

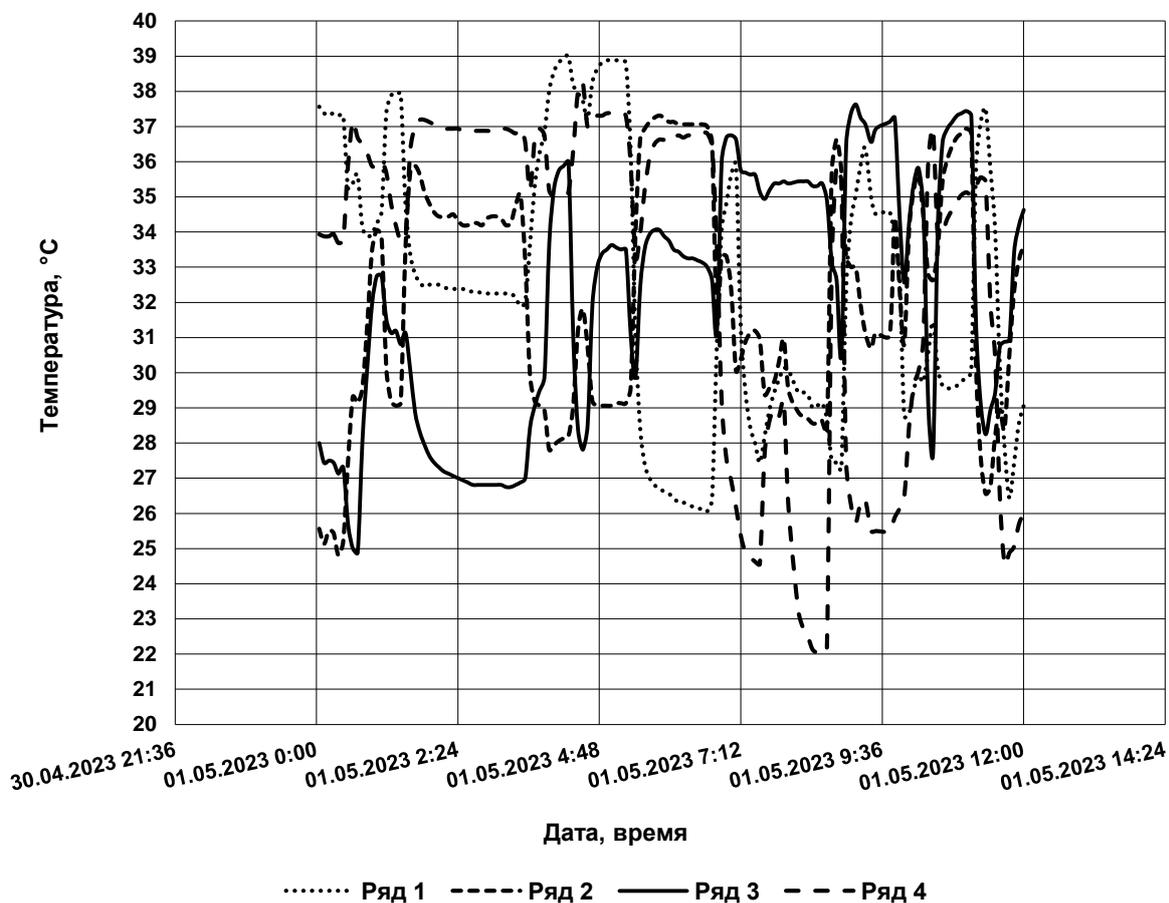


Рис. 2. График изменения температуры сторон яйца вследствие его поворотов наседкой: ряды 1, 2, 3 и 4 – показания датчиков 1, 2, 3 и 4 соответственно

Повороты яиц наседкой обусловлены ее двигательной активностью и носят хаотичный характер. Зарегистрированный суммарный угол поворота яиц составляет не менее  $180^\circ$ . Угол поворота не имеет четких значений.

Также было выделено несколько дополнительных факторов, характерных для естественной инкубации. Скорость движения воздуха в гнезде минимальна. Изменение температуры яиц не влияет на двигательную активность наседки [15]. Двигательная активность наседки не зависит от таких факторов, как оплодотворенность насиживаемых яиц, состав их содержимого и структура поверхности.

Обработка данных, полученных с помощью инструментальных методов контроля параметров естественной инкубации, а также анализ современных технологий традиционной искусственной инкубации яиц птиц позволили сформировать техническое задание для разработки автоматического инкубатора зонального нагрева. Требовалось создать инкубатор по следующим характеристикам: зональный нагрев верхней стороны яиц, формирование термоградиента содержимого яйца, широкий диапазон углов поворота, снижение газообмена через поверхность скорлупы, низкая стоимость применяемых материалов, повышенная энергонезависимость.

Последовательность связей модулей инкубатора зонального нагрева представлена на рисунке 3.

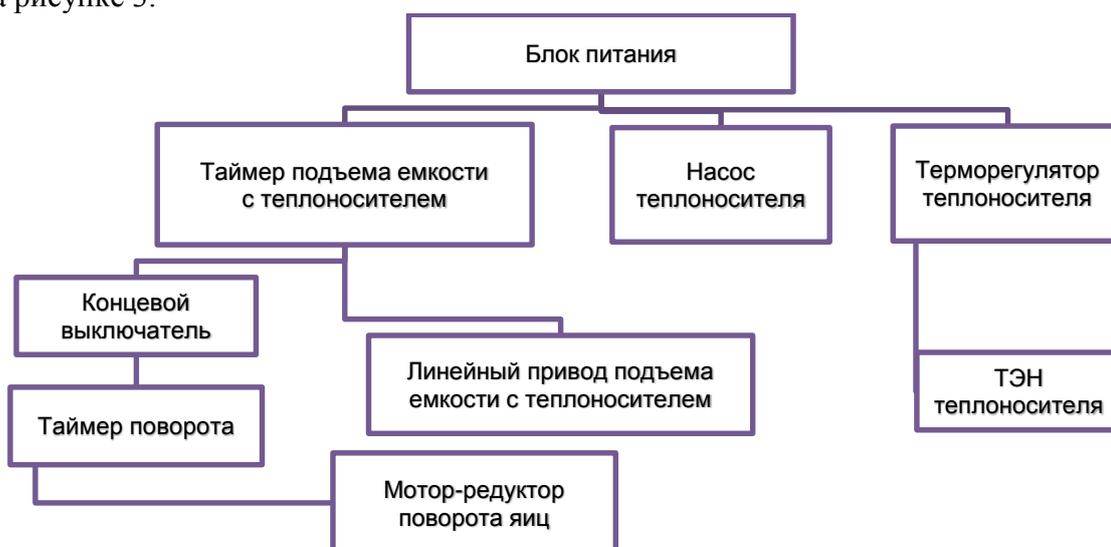


Рис. 3. Иерархическая схема модулей инкубатора зонального нагрева

Применение готовых модульных компонентов позволило избежать затрат на разработку электронных схем и обеспечило повышенный уровень надежности относительно систем, управляемых единым контроллером.

Схема и общий вид экспериментального инкубатора зонального нагрева представлены на рисунке 4.

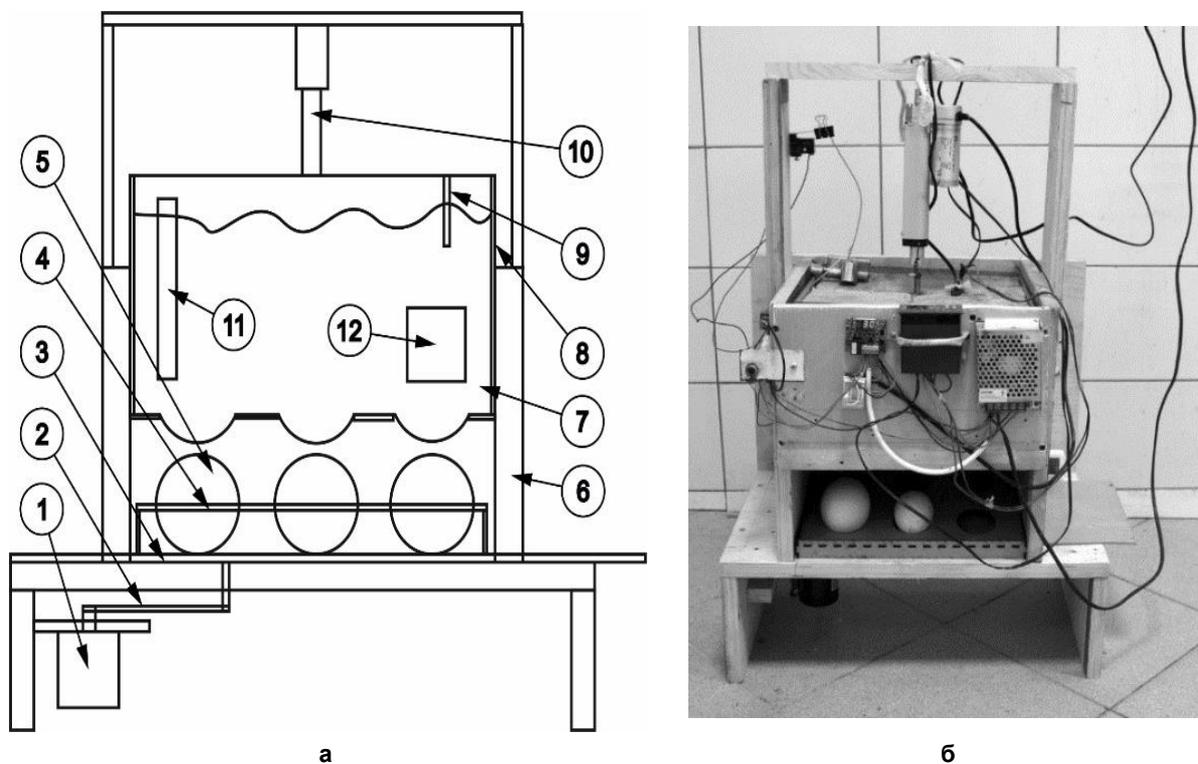


Рис. 4. Схема (а) и внешний вид (б) инкубатора зонального нагрева: 1 – мотор-редуктор поворота яиц; 2 – шатунный привод поворота яиц; 3 – подвижный пол лотка; 4 – неподвижный сепаратор яиц; 5 – яйцо; 6 – корпус инкубатора; 7 – теплоноситель; 8 – емкость с теплоносителем (в поднятом положении); 9 – датчик температуры теплоносителя; 10 – линейный привод подъема емкости с теплоносителем; 11 – ТЭН теплоносителя; 12 – насос перемешивания теплоносителя

Обеспечение зонального нагрева и стабильность температуры зоны нагрева даже при кратковременных отключениях электроэнергии были достигнуты применением в качестве нагревательного элемента емкости из ПВХ пленки с теплоносителем (водой), объемом 10 литров, теплоизолированной со всех сторон, кроме нижней, контактирующей с яйцами. В емкость были установлены герметичный ТЭН, датчик терморегулятора и погружной насос для активного перемешивания жидкости.

Термоградиент содержимого инкубируемых яиц формировался за счет разности температур верхней и нижней сторон яйца.

Для обеспечения неравномерного поворота яиц в широком диапазоне углов использовали подвижный пол лотка, соединенный с шатунным механизмом, приводимым в движение мотором-редуктором. Регулировка угла поворота изменялась корректировкой продолжительности работы мотора-редуктора, которая была подобрана таким образом, чтобы в зоне максимальной скорости перемещения пола при однократном включении угол поворота яиц составлял  $45^\circ$ , а в крайних положениях – был минимален и мог составлять  $1-5^\circ$ .

Учитывая непосредственный контакт нагревательного элемента с поверхностью яиц, поворот яиц осуществлялся после подъема нагревательного элемента, обеспечиваемого линейным приводом. Синхронизация включения приводов подъема и поворота осуществлялась концевым выключателем на гибкой тяге.

Помимо функции нагрева поверхности яиц, материал нагревательного элемента обеспечивал снижение газообмена через поры скорлупы.

Большой объем теплоносителя в нагревательном элементе позволил обеспечить длительное функционирование инкубатора при отсутствии энергоснабжения. Динамика нагрева и охлаждения теплоносителя в инкубаторе зонального нагрева представлены на рисунке 5.

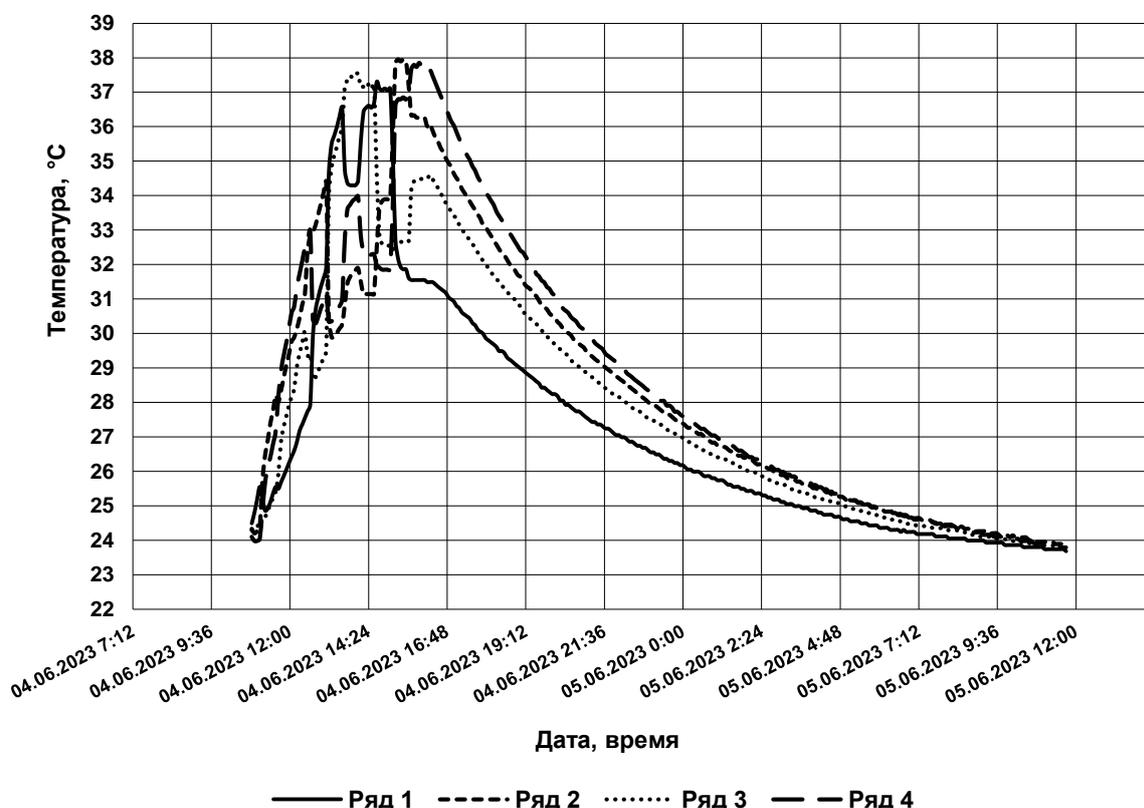


Рис. 5. График изменения температуры поверхности емкости с теплоносителем в процессе нагрева и охлаждения: ряды 1, 2, 3 и 4 – показания датчиков 1, 2, 3 и 4 соответственно

Продолжительность снижения температуры теплоносителя до температуры в помещении инкубатория составила около 20 часов.

Несмотря на известные показатели температуры тела птиц, которая в большинстве случаев составляет около 42 °С, для первичной настройки температуры теплоносителя нами был выбран собственный оригинальный способ. Вместе с яйцами в инкубатор был заложен электронный муляж яйца, который использовался для получения данных о температурах естественной инкубации под наседками. Эмпирическая настройка температуры теплоносителя была осуществлена таким образом, чтобы характеристики температурного режима в инкубаторе максимально приблизились к значениям, полученным в ходе мониторинга температурного режима под наседками. График изменения температур, регистрируемых датчиками муляжа, помещенного в инкубатор зонального нагрева, представлен на рисунке 6.

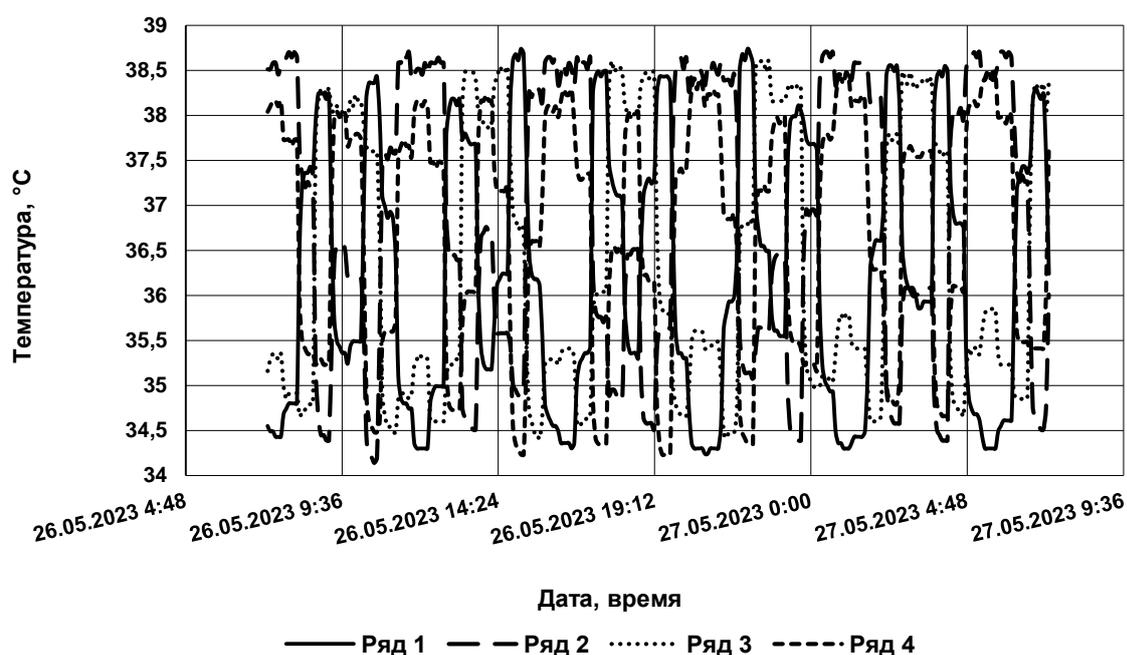


Рис. 6. Данные о температуре муляжа в инкубаторе за 24 часа: ряды 1, 2, 3 и 4 – показания датчиков 1, 2, 3 и 4 соответственно

В процессе инкубации корректировки температуры теплоносителя не осуществлялись, данные о температуре муляжа, передаваемые в режиме он-лайн на веб-сервер, позволили осуществлять удаленный мониторинг температурных параметров и функционирования механизма поворота яиц в процессе инкубации.

Для проверки гипотезы о важной роли зонального нагрева яиц в инкубатор были заложены 5 яиц серого гуся. Контрольная партия из 9 яиц серого гуся была заложена в традиционный инкубатор воздушного нагрева. Учитывая малый объем инкубатора зонального нагрева, имеющего 6 мест для яиц, одно из которых было занято муляжом с термодатчиками, во избежание попадания в партию неоплодотворенных яиц для закладки в опытной и контрольной партиях были выбраны по принципу групп аналогов по сроку эмбрионального развития яйца, имеющие сосудистую сеть диаметром около двух сантиметров.

В результате инкубации было получено 12 птенцов. В инкубаторе зонального нагрева выводимость составила 100%, в традиционном инкубаторе два эмбриона погибли на раннем сроке инкубации по причине, называемой «кровавое кольцо».

В процессе вывода и в течение первых часов после выхода птенцов из яиц была отмечена более высокая активность молодняка, полученного в инкубаторе зонального нагрева.

Учитывая положительные результаты испытаний инкубатора зонального нагрева для искусственной инкубации яиц, можно сделать несколько выводов.

В первую очередь необходимо отметить, что полученный молодняк был высокого качества.

Важным представляется то, что за весь период инкубации никакого участия человека не потребовалось. Данный факт обусловлен отсутствием системы поддержания влажности, а также типом применяемого лотка для яиц, исключающего их смещение или повреждение в процессе поворотов.

Опыт по контролю снижения температуры теплоносителя при отключении энергоснабжения показал высокую энергонезависимость инкубатора.

К недостаткам разработанного инкубатора можно отнести его малый объем.

### **Заключение**

В результате исследования было установлено, что на современном уровне развития техники полностью автоматические инкубаторы зонального нагрева просты в изготовлении и характеризуются высокими показателями выводимости. Данные инкубаторы за счет длительного периода автономной работы без применения дополнительных устройств целесообразно применять в малых фермерских хозяйствах, испытывающих периодические перебои в энергоснабжении, а также в хозяйствах, ведущих работы в области селекции и разведения редких видов птиц, требовательных к условиям инкубации.

Продолжение исследований технологии контактного зонального нагрева яиц при искусственной инкубации открывает новые перспективы в областях повышения качества молодняка, энергосбережения, удешевления технологий искусственной инкубации, повышения надежности инкубаторной техники.

### **Список источников**

1. Воронцов А.Н., Босов Д.Ю., Дядичкина Л.Ф. и др. О тенденциях инкубаторостроения и отечественных инкубаторах // Птица и птицепродукты. 2016. № 2. С. 61–64.
2. Гражданкин А.В. Автономный контактный инкубатор и искусственная инкубация яиц диких птиц // Дичеразведение в охотничьем хозяйстве: сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР. Москва: [б. и.], 1985. С. 137–152.
3. Кузьмина Т.Н., Зотов А.А. Инновационные технологии инкубации яиц птицы с автоматическим контролем основных критических параметров. Москва: Росинформагротех, 2019. 92 с.
4. Петров Б.Г. Терморегуляторные механизмы яиц некоторых видов птиц и их значение в процессах насиживания: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08. Пермь, 1980. 174 с.
5. Рольник В.В. Биология эмбрионального развития птиц. Ленинград: Наука, 1968. 425 с.
6. Руководство по содержанию родительского стада Cobb [Электронный ресурс] // Официальный сайт производителя и дистрибьютора племенной продукции мясного кросса Cobb500 FF в России. URL: [https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/e4bb80a7c5/Cobb-Russian-Breeder-Guide-2021\\_digital-min.pdf](https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/e4bb80a7c5/Cobb-Russian-Breeder-Guide-2021_digital-min.pdf) (дата обращения: 16.06.2023).
7. Советы по инкубации 2020 [Электронный ресурс] // Aviagen Group Official website. URL: [https://ru.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/RUS\\_TechDocs/HatcheryTips-RU.pdf](https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/HatcheryTips-RU.pdf) (дата обращения: 16.06.2023).
8. Судаков А.Н., Андрианов Е.А., Андрианов А.А. Обзор факторов, ограничивающих точность температурной настройки инкубаторов для яиц птиц // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 371–379. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-42.
9. Судаков А.Н., Скуратов Н.И., Андрианов Е.А. и др. Роль наседки в формировании температурного режима яиц птиц при естественной инкубации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4(68). С. 264–269. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-32.
10. Судаков А.Н., Андрианов Е.А., Скользнев Н.Я. Универсальный температурный режим инкубации яиц мясных кроссов кур для приусадебного и фермерского птицеводства // Птицеводство. 2020. № 7-8. С. 51–57. DOI: 10.33845/0033-3239-2020-69-7-8-51-57.
11. Contact Incubation Technology // Brinsea®, Great Britain. URL: <https://www.brinsea.com/Brochures/Z7K7Brochure2015.pdf>.
12. Du W., Shine R., Ma L. et al. Adaptive responses of the embryos of birds and reptiles to spatial and temporal variations in nest temperatures // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2019. Vol. 286(1915). Article no. 20192078.
13. Hall C., Potvin D., Conroy G. A new candling procedure for thick and opaque eggs and its application to avian conservation management // Zoo Biology. 2023. Vol. 42(2). Pp. 296–307. DOI: 10.1002/zoo.21730.
14. HatchTech MicroClimer. MicroClimer Setters that create optimal environmental conditions // HatchTech Group Official website. URL: <https://hatchtech.com/wp-content/uploads/2020/03/HatchTech-MicroClimer-Setters-and-Hatchers-brochure-RUS-Web.pdf>.
15. Thieme O., Corti E., Vogelaar E. The oldest hatcheries are still in use // Aviculture-Europe. August 2012. URL: <http://www.aviculture-europe.nl/nummers/12E03A08.pdf>.

**References**

1. Vorontsov A.N., Bosov D.Yu., Dyadichkina L.F. et al. Incubator building tendencies and domestic incubators. *Poultry & Chicken Products*. 2016;2:61-64. (In Russ.).
2. Grazhdankin A.V. Autonomous contact incubator and artificial incubation of wild bird eggs. Wild game breeding in hunting industry. Collection of scientific works of the Central Scientific Research Laboratory of Hunting and Nature Reserves in the Glavokhota system of the RSFSR. Moscow: [Sine loco]; 1985:137-152. (In Russ.).
3. Kuzmina T.N., Zotov A.A. Innovative technologies for incubating poultry eggs with automatic control of the main critical parameters. Moscow: Rosinformagrotech Publication; 2019. 92 p. (In Russ.)
4. Petrov B.G. Thermoregulatory mechanisms of eggs of some bird species and their significance in the incubation processes]: Candidate Dissertation in Biological Sciences: 03.00.08. Perm; 1980. 174 p. (In Russ.).
5. Rolnik V.V. Biology of embryonic development of birds. Leningrad: Nauka Publishers; 1968. 425 p. (In Russ.).
6. COBB Breeder Management Guide. Official website of the manufacturer and distributor of Cobb500 FF meat cross breeding products in Russia. URL: [https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/e4bb80a7c5/Cobb-Russian-Breeder-Guide-2021\\_digital-min.pdf](https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/e4bb80a7c5/Cobb-Russian-Breeder-Guide-2021_digital-min.pdf). (In Russ.).
7. Hatchery Tips. 2020. Aviagen Group Official website. URL: [https://ru.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/RUS\\_TechDocs/HatcheryTips-RU.pdf](https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/HatcheryTips-RU.pdf). (In Russ.).
8. Sudakov A.N., Andrianov E.A., Andrianov A.A. Overview of factors limiting the accuracy of the temperature settings of incubators for bird eggs. *Proceedings of the Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2022;3:371-379. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-42.
9. Sudakov A.N., Skuratov N.I., Andrianov E.A. et al. Hens role in the temperature regime of bird eggs during natural incubation. *Proceedings of the Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2022;4:264-269. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-32. (In Russ.).
10. Sudakov A.N., Andrianov E.A., Skolznev N.Ya. The universal temperature regime for incubation of eggs of broiler breeders at homestead and small farms. *Ptitsevodstvo*. 2020;7-8:51-57. DOI: 10.33845/0033-3239-2020-69-7-8-51-57. (In Russ.).
11. Contact Incubation Technology. Brinsea®, Great Britain. URL: <https://www.brinsea.com/Brochures/Z7K7Brochure2015.pdf>.
12. Du W.-G., Shine R., Ma L. et al. Adaptive responses of the embryos of birds and reptiles to spatial and temporal variations in nest temperatures. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2019;286(1915):20192078.
13. Hall C., Potvin D., Conroy G. A new candling procedure for thick and opaque eggs and its application to avian conservation management. *Zoo Biology*. 2023;42(2):296-307. DOI: 10.1002/zoo.21730.
14. HatchTech MicroClimer. MicroClimer Setters that create optimal environmental conditions. HatchTech Group Official website. URL: <https://hatchtech.com/wp-content/uploads/2020/03/HatchTech-MicroClimer-Setters-and-Hatchers-brochure-RUS-Web.pdf>.
15. Thieme O., Corti E., Vogelaar E. The oldest hatcheries are still in use. *Aviculture-Europe*. August 2012. URL: <http://www.aviculture-europe.nl/nummers/12E03A08.pdf>.

**Информация об авторах**

Е.А. Андрианов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [evgeniy377@gmail.com](mailto:evgeniy377@gmail.com).

А.Н. Судаков – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. инкубаторием отдела орнитологии ГАУ города Москвы «Московский государственный зоологический парк», [ansudak@gmail.com](mailto:ansudak@gmail.com).

Н.И. Скуратов – зав. отделом орнитологии ГАУ города Москвы «Московский государственный зоологический парк», [aixgal@yandex.ru](mailto:aixgal@yandex.ru).

А.А. Андрианов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [alexey739@gmail.com](mailto:alexey739@gmail.com).

**Information about the authors**

E.A. Andrianov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Livestock Mechanization and Life Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [evgeniy377@gmail.com](mailto:evgeniy377@gmail.com).

A.N. Sudakov, Candidate of Agricultural Sciences, Hatchery Manager, Ornithology Department, Moscow State Zoological Park, [ansudak@gmail.com](mailto:ansudak@gmail.com).

N.I. Skuratov, Head of the Ornithology Department, Moscow State Zoological Park, [aixgal@yandex.ru](mailto:aixgal@yandex.ru).

A.A. Andrianov, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Livestock Mechanization and Life Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [alexey739@gmail.com](mailto:alexey739@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 12.11.2023; одобрена после рецензирования 15.12.2023; принята к публикации 26.12.2023.

The article was submitted 12.11.2023; approved after reviewing 15.12.2023; accepted for publication 26.12.2023.

© Андрианов Е.А., Судаков А.Н., Скуратов Н.И., Андрианов А.А., 2024