

Тип статьи: научная
УДК 636.082.4
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-92-101

БРУДЕРНЫЙ ОБОГРЕВАТЕЛЬ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

*Александр Николаевич Судаков*¹, *Евгений Александрович Андрианов*²,
*Алексей Александрович Андрианов*³, *Николай Игоревич Скуратов*⁴

^{1,4} Московский государственный зоологический парк, г. Москва, Российская Федерация

^{2,3} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
г. Воронеж, Российская Федерация

¹ ansudak@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7431-0675>

² evgeniy377@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4248-7684>

³ alexey739@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9141-3948>

⁴ aixgal@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9580-6036>

Автор, ответственный за переписку: Александр Николаевич Судаков, ansudak@gmail.com
Corresponding author: Alexander Sudakov, ansudak@gmail.com

Реферат. Известно, что обеспечение оптимального температурного режима молодняка сельскохозяйственных птиц на раннем сроке постэмбрионального развития возможно исключительно в узком диапазоне температур, и инструментальный контроль температур при содержании молодняка под брудерными лампами не обеспечивает необходимой точности. Согласно действующим рекомендациям производителей современных кроссов сельскохозяйственной птицы регулировка высоты подвеса брудерных ламп осуществляется на основании данных визуального контроля, в ходе которого оценивается поведение молодняка. Исследовали возможность автоматизации процесса регулировки высоты подвеса брудерных ламп. Использовали программно-аппаратный комплекс видеоналитики на базе нейронной сети YOLOv2, платформу машинного зрения PyAi-k210 от компании «01studio» на базе микроконтроллера Kendryte k210 и электрический линейный привод. Обучение нейронной сети осуществляли на основе набора данных из 1000 изображений для каждого класса с разрешением 224x224 пикселя. Для обучения использовали облачный сервис Mailhub.com. При автоматической augmentации применяли ротацию и отражения изображений. Использовали модель mobilenet_0.5 831Кб. Продолжительность обучения – 100 эпох. Для управления линейным приводом использовали 4 электромагнитных реле, из них - 2 силовых электромагнитных реле с двумя группами контактов для переключения полярности питания линейного привода и 2 электронных релейных модуля с гальванической развязкой, управление которыми осуществлялось непосредственно с контактов микроконтроллера. Программный код микроконтроллера, полученный при обучении модели, скорректировали для формирования управляющего сигнала на электронные релейные модули. Программирование осуществляли на языке MicroPython. В результате исследования был изготовлен тестовый образец устройства, регистрирующего положение молодняка птиц в брудере и автоматически изменяющего высоту подвеса брудерной лампы.

Ключевые слова: брудер, обогрев, молодняк птиц, нейронная сеть, управление.

BROODER HEATER WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

*Alexander Sudakov*¹, *Evgeniy Andrianov*², *Aleksey Andrianov*³, *Nikolai Skuratov*⁴

^{1,4} Moscow State Zoological Park, Moscow, Russian Federation

^{2,3} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russian Federation

¹ ansudak@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7431-0675>

² evgeniy377@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4248-7684>

³ alexey739@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9141-3948>

⁴ aixgal@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9580-6036>

Abstract. *It is known that ensuring optimal temperature regime of young poultry at the early stage of embryonic development is possible only in a narrow temperature range and instrumental control of temperatures when keeping young poultry under brooder lamps does not provide the necessary accuracy. According to the current recommendations of manufacturers of modern crosses of poultry, the adjustment of the brooder lamp suspension height is based on the data of visual control during which the behavior of young birds is evaluated. The possibility of automating the process of adjusting the height of the suspension of brooder lamps was investigated. A video analytics software and hardware complex based on the YOLOv2 neural network, a PyAi-k210 machine vision platform from the 01studio company based on a Kendryte k210 microcontroller, and an electric linear actuator were used. The neural network was trained on a dataset of 1000 images for each class with a resolution of 224x224 pixels. Maixhub.com cloud service was used for training. Image rotation and reflections were applied for automatic augmentation. The mobilenet_0.5 831Kb model was used. The training duration is 100 epochs. 4 electromagnetic relays were used to control the linear actuator. 2 power electromagnetic relays with two groups of contacts for switching the polarity of the linear actuator power supply and 2 electronic relay modules with galvanic isolation, which were controlled directly from the microcontroller contacts. The program code of the microcontroller, obtained during training of the model, was adjusted to form a control signal to the electronic relay modules. Programming was carried out in MicroPython language. As a result of the study, a test sample of the device was made, which registers the position of young birds in the brooder and automatically changes the height of brooder lamp suspension.*

Keywords: *brooder, heating, young birds, neural network, control.*

Для цитирования: Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А., Скуратов Н. И. Брудерный обогреватель с искусственным интеллектом // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 69, № 3. С. 92-101. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-92-101>.

For citation: Sudakov A., Andrianov E., Andrianov A., Skuratov N. Brooder heater with artificial intelligence. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 69(3): 92-101. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-92-101>.

Введение. Промышленное птицеводство является абсолютным мировым лидером по производству животного белка и одной из наиболее динамично развивающихся отраслей животноводства [1]. Совместными усилиями селекционеров, зоотехников и разработчиков кормов были созданы современные кроссы сельскохозяйственной птицы, позволяющие получать показатели продуктивности и конверсии корма, близкие к физиологическому пределу. Отмечается рост объемов внедрения цифровых технологий [2]. Вместе с тем, с ростом продуктивности сельскохозяйственной птицы возросли и ее требования к условиям содержания на всех этапах технологического процесса выращивания. Для получения заявленных производителями кроссов показателей требуется строгое соблюдение рекомендаций по следующим параметрам: микроклимат, состав кормов, режим вентиляции и т.д.

Одним из критически важных параметров условий содержания является температурный режим помещений. Учитывая, что на раннем сроке постэмбрионального развития птицы не имеют развитого механизма терморегуляции, особенно важно обеспечить оптимальный температурный режим в первые несколько суток после переноса молодняка из инкубатора в брудеры. В частности, установлено, что нормальная ректальная температура суточного цыпленка составляет 40-41°C. За пределами указанного диапазона происходит изменение физиологических показателей молодняка, и получение показателей роста, заявленных производителем кросса, становится невозможным [3]. Для поддержания оптимальной ректальной температуры молодняка в первые несколько суток требуется строго соблюдать параметры температурного режима в брудерах. Однако, обеспечение оптимальных температурных условий при сохранении удовлетворительных показателей затрат энергии – сложная техническая задача. Наиболее распространены два принципиально отличных способа обогрева молодняка птиц.

При наличии вентиляторов, обеспечивающих активное движение воздуха, автоматическое поддержание оптимальной температуры воздуха во всем внутреннем объеме помещения для содержания молодняка может быть обеспечено нагревателями различных типов, управляемых терморегулятором, который фиксирует температуру воздуха в помещении. Данный способ позволяет с высокой точностью обеспечить оптимальный температурный режим в автоматическом режиме. Терморегулятор может быть запрограммирован на постепенное снижение температуры в процессе роста молодняка. Вместе с тем, существенным недостатком указанного способа является высокий удельный расход тепловой энергии, обусловленный необходимостью обогрева всего объема помещения, вне зависимости от количества поголовья. В настоящее время воздушный обогрев широко применяется в настольных брудерах, однако, в промышленных масштабах его применение нецелесообразно в связи со значительными тепловыми потерями, которые недопустимы в условиях развития энергосберегающих технологий [4].

В промышленном птицеводстве получил распространение способ выращивания молодняка с применением брудерных ИК-ламп, которые размещают на подвесах над полом птичника. Характерной особенностью данного способа является необходимость регулировки высоты подвеса лампы в зависимости от возраста молодняка, вида и породы, а также температуры в помещении. Несмотря на то, что в литературных источниках представлены сведения о высоте подвеса брудерных ламп в зависимости от температуры воздуха в помещении, указанные данные носят рекомендательный характер и рассчитаны на предварительную регулировку высоты подвеса [5].

Руководства по выращиванию современных кроссов сельскохозяйственной птицы содержат данные о температуре подстилки и воздуха под брудерными лампами. Однако, все перечисленные способы выбора высоты подвеса ламп обеспечивают грубую настройку температуры и требуют корректировки после высадки молодняка в брудеры. Единственным, не требующим измерения ректальной температуры молодняка и обеспечивающим оптимальный температурный режим способом, является визуальный контроль поведения поголовья.

«Справочник по выращиванию бройлеров Росс 308» содержит следующую информацию – «В то время, как наблюдение за температурой и влажностью является важным технологическим приемом, наиболее эффективным индикатором оптимальности брудерных условий является регулярное и внимательное наблюдение за поведением цыплят. Общее правило заключается в том, что, если цыплята распределены по брудерной зоне равномерно, это означает, что они чувствуют себя комфортно и нет необходимости в корректировке условий микроклимата. Если цыплята собираются в группы под брудерными лампами или в брудерной зоне, это означает, что им холодно; в этом случае необходимо увеличить температуру и/или относительную влажность. Если цыплята собираются рядом со стенами птичника или брудерного ограждения вдали от источника тепла и/или имеют затрудненное дыхание, это указывает на то, что им жарко; в этом случае необходимо уменьшить температуру и/или относительную влажность» [6].

Более наглядная информация по визуальной оценке температуры цыплят приводится в «Руководстве по выращиванию и содержанию бройлеров Кобб» (рисунок 1).

Необходимость визуальной оценки поведения молодняка возникает по причине сложности частых замеров ректальной температуры и малой информативности измерения температуры воздуха, помимо которой на температуру тела цыплят влияют: температура подстилки, относительная влажность воздуха и скорость воздушных потоков.

Таким образом, складывается ситуация, при которой решающее влияние на успешность одного из важнейших этапов производства продукции промышленного птицеводства оказывает один человек, который осуществляет субъективную экспертную оценку состояния поголовья и принимает решение об изменении условий микроклимата посредством изменения высоты подвеса брудерных ламп. Учитывая, что за брудерный период изменение высоты подвеса ламп производится многократно, поиск решения, направленного на автоматизацию процесса, является актуальным, а наиболее перспективным направлением автоматизации процессов, включающих необходимость визуального контроля, является применение нейронных сетей [8].



Рисунок 1 - Рекомендации по настройке брудерного обогрева [7]

Цель исследования – определить возможность применения машинного зрения на основе нейронной сети для автоматического управления приводами регулировки высоты подвеса брудерных ламп в зависимости от поведения поголовья.

Материалы и методы. Совместное исследование проводили в 2024 году кафедра механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности Воронежского ГАУ и отдел орнитологии Московского зоопарка. Аппаратная часть комплекса машинного зрения была представлена микроконтроллером Kendryte k210 на платформе машинного зрения PyAi-k210 от компании «01studio», модулем камеры OV2640, электронными релейными модулями на оптопарах с гальванической развязкой HD-02 3,3В, силовыми реле HJR1-2C-L-3VDC и линейным приводом AL03-12-A2-205-200-C11. Программная часть представлена нейронной сетью на базе YOLOv2, обученной с использованием облачного сервиса Maixhub.com. Исполняемый программный код микроконтроллера, автоматически полученный при обучении модели, скорректирован для формирования управляющего сигнала на электронные релейные модули. Программирование осуществляли на языке MicroPython.

Использовали брудер и термометр собственной разработки [9,10].

В качестве брудерной лампы использовали Облучатель ССП-09-250-001УЗХ2 с лампой ИКЗК E27 215-225-250, 250 Вт.

Эксперимент проводили в процессе брудерного содержания кур.

Результаты и их обсуждение. Для выбора компонентов аппаратной и программной частей комплекса изучили рекомендации по предварительной настройке высоты подвеса брудерных ламп (Таблица 1).

Таблица 1. Рекомендации по предварительному выбору высоты подвеса брудерных ламп.

№	Рекомендация	Источник
1.	Температура пола под брудерным отопителем 40,5 °С	[7]
2.	Ректальная температура цыплят 39,4-40,5 °С	[11]
3.	Температура воздуха 33-35 °С	[12]
4.	Температура воздуха 29,2-36,0 °С (в зависимости от влажности воздуха)	[6]
5.	Высота подвеса брудерной лампы от пола 60-80 см в зависимости от температуры в помещении.	[5]
6.	Температура воздуха 31-32 °С	[3]

С учетом представленных рекомендаций, специфики работы устройства, а также для обеспечения низкой стоимости конечного продукта, в качестве аппаратной основы применили специализированное решение для машинного зрения – платформу PyAi-k210. В ходе поисковых экспериментов было установлено, что для достижения цели исследования достаточно применить

тип обработки входного видеосигнала – классификация, при котором нейронная сеть может классифицировать изображение в целом, на выходе формируя следующие виды ответа: «холодно», «жарко», «нормально». Для обучения нейронной сети был сформирован набор данных, состоящий из 3000 изображений (рисунок 2).



Рисунок 2 - Фотографии из обучающего набора данных нейронной сети. Слева – «холодно», в центре – «жарко», справа – «нормально».

Обучение нейронной сети проводили с использованием облачного сервиса Maixhub.com. После загрузки изображений на удаленный сервер и выбора настроек для платформы PyAi-k210, обучение модели происходит в автоматическом режиме (рисунок 3).

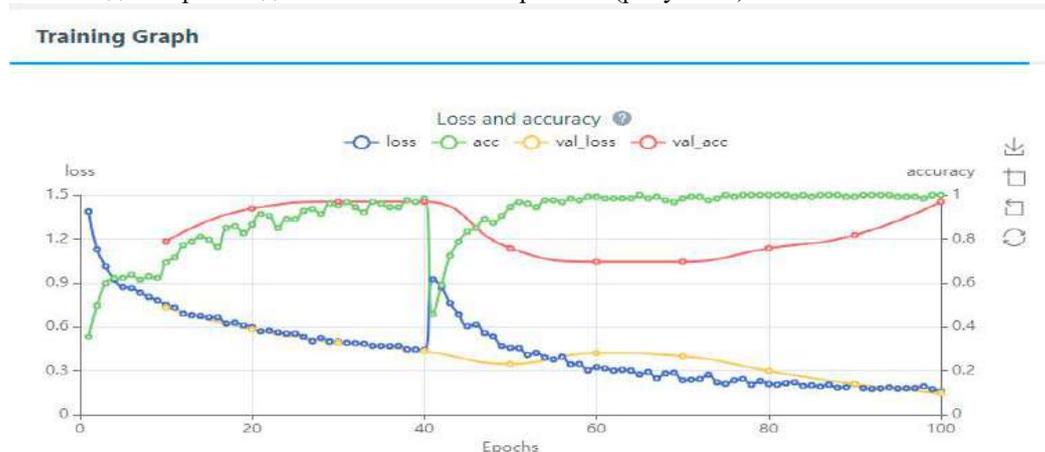


Рисунок 3 - Фрагмент веб-интерфейса в процессе обучения нейронной сети на сайте Maixhub.com

По окончании обучения с сайта необходимо выгрузить на локальный компьютер и перенести на карту памяти микроконтроллера файл модели нейронной сети в формате *.kmodel и исполняемый файл main.py. После включения микроконтроллер осуществляет классификацию получаемых с видеосъемки изображений автоматически.

Однако, для подключения электронных релейных модулей, в сформированный при расчете модели нейронной сети код требуется внести ряд изменений. Ниже приведен программный код с описанием отдельных блоков:

```
# 1. Импорт необходимых библиотек
import sensor, image, time
import KPU as kpu
import gc, sys
from machine import UART
from fpioa_manager import fm
from Maix import GPIO
```

```
import utime
# 2. распределение контактов
fm.register(19, fm.fpioa.GPIO3)
fm.register(20, fm.fpioa.GPIO4)
UP = GPIO(GPIO.GPIO3, GPIO.OUT,value=0)
DOWN = GPIO(GPIO.GPIO4, GPIO.OUT,value=0)
# 3. Настройка компонентов для работы нейронной сети
input_size = (224, 224)
labels = ['good', 'hot', 'cold']
class Comm:
    def __init__(self, uart):
        self.uart = uart
    def send_classify_result(self, pmax, idx, label):
        msg = "{}: {:.2f}: {} \n".format(idx, pmax, label)
        self.uart.write(msg.encode())
def init_uart():
    fm.register(10, fm.fpioa.UART1_TX, force=True)
    fm.register(11, fm.fpioa.UART1_RX, force=True)
    uart = UART(UART.UART1, 115200, 8, 0, 0, timeout=1000, read_buf_len=256)
    return uart
def main(labels = None, model_addr="/sd/m.kmodel", sensor_window=input_size, lcd_rotation=0,
sensor_hmirror=True, sensor_vflip=True):
    sensor.reset()
    sensor.set_pixformat(sensor.RGB565)
    sensor.set_framesize(sensor.QVGA)
    sensor.set_windowing(sensor_window)
    sensor.set_hmirror(sensor_hmirror)
    sensor.set_vflip(sensor_vflip)
    sensor.run(1)
    uart = init_uart()
    comm = Comm(uart)
    # 4. Начало цикла
    try:
        task = None
        task = kpu.load(model_addr)
        while(True):
            img = sensor.snapshot()
            t = time.ticks_ms()
            fmap = kpu.forward(task, img)
            t = time.ticks_ms() - t
            plist=fmap[:]
            pmax=max(plist)
            max_index=plist.index(pmax)
            #comm.send_classify_result(pmax, max_index, labels[max_index].strip())
            label = labels[max_index]
            if label == 'hot': #если классифицировано состояние «жарко»
                UP.value(1) # включить реле подъема
                utime.sleep(5) # продолжительность подъема 5 секунд
                UP.value(0) # выключить реле подъема
                utime.sleep(300) # время ожидания 5 минут
            elif labe == 'cold': # если классифицировано состояние «холодно»
                DOWN.value(1) #Включить реле опускания
                utime.sleep(1) # продолжительность опускания 5 секунд
```

```
DOWN.value(0) #Выключить реле опускания
utime.sleep(300) # время ожидания 5 минут
# 5. Завершение цикла
except Exception as e:
    raise e
finally:
    if not task is None:
        kpu.deinit(task)
except Exception as e:
    sys.print_exception(e)
finally:
    gc.collect()
```

Описание действий микроконтроллера при классификации изображения типа «нормально» не требуется. Однако, наличие класса «нормально» - необходимо. Это вызвано тем, что нейронная сеть при анализе изображения определяет наиболее вероятный класс. При отсутствии класса «нормально», нейронная сеть будет выбирать из получаемого изображения только классы «жарко» и «холодно» вне зависимости от ситуации в брудере. Алгоритм работы устройства представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 - Алгоритм работы устройства.

Общий вид рабочей модели брудерного обогревателя с нейросетевым управлением представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 - Общий вид рабочей модели устройства

Брудерный обогреватель с искусственным интеллектом используют следующим образом. Линейный привод, с закрепленной ИК-лампой, подвешивают над полом брудера таким образом, чтобы в среднем положении длины привода расстояние от лампы до пола брудера отвечало рекомендациям по предварительной настройке высоты подвеса брудерных светильников. Видеокамеру блока машинного зрения устанавливают таким образом, чтобы зона съемки охватывала необходимый для контроля участок пола. После высадки молодняка в брудер и подачи питания на устройство, нейронная сеть начинает анализировать поступающие с видеокамеры изображения и определять наиболее вероятный класс из следующих: «жарко», «холодно», «нормально». В случае, если молодняк занимает наиболее удаленные от источника тепла зоны брудера, и изображение с видеокамеры классифицируется нейронной сетью - «жарко», микроконтроллер подает питание на контакты, управляющие релейным модулем с гальванической развязкой, отвечающим за подъем лампы. Релейный модуль коммутирует цепь питания силового двухконтактного реле, которое коммутирует подачу питания прямой полярности линейному приводу. Линейный привод поднимает брудерную лампу в течение 5 секунд, за которые лампа поднимается на 50 мм. После этого подъем останавливается на 5 минут. В случае, если молодняк концентрируется под нагревателем и нейронная сеть классифицирует изображение с видеокамеры - «холодно», микроконтроллер подает питание на второй релейный модуль, который включает силовое реле, подающее обратную полярность на линейный привод, и лампа опускается на 50 мм. Если изображение нейронной сетью классифицируется - «нормально», питание на релейные модули не подается. Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 6.

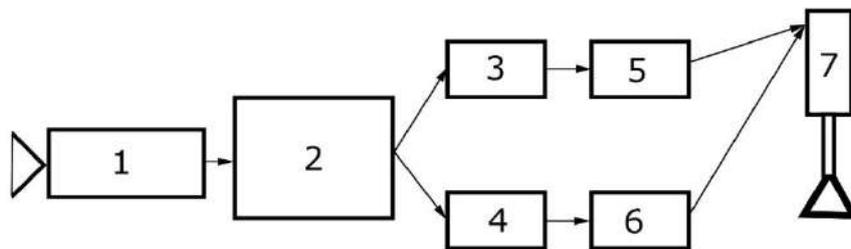


Рисунок 6 - Принципиальная схема устройства. 1 – видеокамера, 2 – микроконтроллер, 3 – релейный модуль подъема, 4 – релейный модуль опускания, 5 – силовое реле подъема, 6 – силовое реле опускания, 7 – линейный привод с брудерной лампой

Тестовый эксперимент продемонстрировал возможность автоматизации процесса регулировки высоты подвеса брудерных ламп для обеспечения оптимальной температуры при выращивании молодняка птиц. Было установлено, что характерные типы поведения молодняка успешно классифицируются нейронной сетью.

Вместе с тем, следует отметить, что применение линейного привода с более широким диапазоном перемещений нецелесообразно в связи с рисками перемещения брудерной лампы в избыточно низкие или высокие положения. Положительную роль также играет наличие концевых выключателей, интегрированных в линейный привод, позволяющих исключить необходимость программных решений ограничения работы электродвигателя в крайних положениях.

Заключение. Современный уровень развития электронных компонентов и программных решений в области искусственного интеллекта позволяет осуществлять автоматизацию технологических процессов, которые до недавнего времени требовали обязательного участия человека.

Вместе с тем, особенностью нейронных сетей является определение вероятности классификации изображения, которая изменяется в широком диапазоне в зависимости от качества обучающего набора данных, а также ситуации, происходящей в реальном времени с наблюдаемым объектом. Абсолютная точность работы нейронной сети недостижима, что накладывает определенные границы ее использования. При использовании автоматизированных систем на базе машинного зрения необходимо предусматривать защитные механизмы, исключающие критические сбои в работе системы в целом, вне зависимости от результатов работы нейронной

сети. В рамках описанного эксперимента защитным механизмом стало ограничение длины хода линейного привода.

Возможным решением проблемы отклонений в работе систем автоматизации на основе нейронных сетей является применение дополнительных аварийных оповещателей, основанных на традиционных инструментальных методах контроля.

В целом, следует отметить, что применение систем нейросетевой видеоналитики в промышленном птицеводстве позволяет приступить к решению задач автоматизации и контроля процессов, которые до недавнего времени требовали обязательного участия человека.

Список источников

1. Фисинин, В. И. Уровень динамики развития мясного и яичного птицеводства России. Результаты работы отрасли в 2022 году / В. И. Фисинин // Птицеводство. – 2023. – № 4. – С. 4-8. – EDN MIANAG.
2. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 3(297). – С. 2-9. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-3-2-9. – EDN FXGGHZ.
3. Буяров, В. С. Научные основы ресурсосберегающих технологий производства мяса бройлеров / В. С. Буяров, Т. А. Столляр, А. В. Буяров ; под общ. редакцией В. С. Буярова. – Орёл : Издательство Орловского государственного аграрного университета, 2013. – 284 с. – ISBN 978-5-93382-202-8. – EDN RYUVEN.
4. Пиляев, С. Н. Повышение энергоэффективности асинхронного электропривода в сельском хозяйстве / С. Н. Пиляев, Д. Н. Афоничев, С. А. Врагов // Наука в центральной России. – 2023. – № 4(64). – С. 47-55. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-4-47-55. – EDN GANWEK.
5. Рекомендации по инфракрасному обогреву молодняка сельскохозяйственных животных и птиц (М., "Колос", 1979 г.).
6. Справочник по выращиванию бройлеров ROSS [Электронный ресурс] // https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/Ross-BroilerHandbook2018-RU.pdf (Дата обращения: 14.05.2024).
7. Руководство по содержанию и выращиванию бройлеров КОББ [Электронный ресурс] // http://kfhmakosh.ru/sites/default/files/rukovodstvo_kobb500.pdf (Дата обращения: 14.05.2024).
8. Рогов, М. А. Перспектива использования нейронных сетей на рынке АПК / М. А. Рогов, А. А. Дубовицкий // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5, № 2. – EDN VTXLPN.
9. Брудер для молодняка сельскохозяйственной птицы / А. Н. Судаков, Е. А. Андрианов, А. А. Андрианов, Н. И. Скуратов // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 12 февраля 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2024. – С. 224-229. – EDN VINYPE.
10. Разработка отечественного высокоточного термометра для инкубаторов / А. Н. Судаков, О. А. Липа, Д. А. Липа [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 4(53). – С. 95-101. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-4-95-101. – EDN SKDXDI.
11. Советы по инкубации 2020 [Электронный ресурс] // https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/HatcheryTips-RU.pdf (Дата обращения: 14.05.2024).
12. LOHMANN LSL-CLASSIC LAYERS MANAGEMENT GUIDE [Электронный ресурс] // <https://lohmann-breeders.com/media/strains/cage/management/LOHMANN-LSL-Classic-Cage.pdf> (Дата обращения: 14.05.2024).

References

1. Fisinin V.I. The level of dynamics of development of meat and egg poultry industry in Russia. Industry performance results in 2022. Ptitsevodstvo = Poultry. 2023; 4. P. 4-8. – EDN MIANAG. (In Russ.)
2. Research results of agro-engineering research organizations on the development of digital systems in agriculture / Y. F. Lachuga, A. Y. Izmailov, Y. P. Lobachevsky, Y. Kh. Shogenov // Tekhnika

- i oborudovanie dlya sela = Machinery and equipment for rural areas. 2022; 3(297). P. 2-9. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-3-2-9. – EDN FXGGHZ. (In Russ.)
3. Buyarov, V. S. Scientific bases of resource-saving technologies of broiler meat production / V. S. Buyarov, T. A. Stollyar, A. V. Buyarov. Oryol : Izdatel'stvo Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Oryol : Publishing House of Oryol State Agrarian University. 2013. 284 p. – ISBN 978-5-93382-202-8. – EDN RYUVEN. (In Russ.)
4. Pilyaev, S. N. Improving energy efficiency of asynchronous electric drive in agriculture / S. N. Pilyaev, D. N. Afonichev, S. A. Vragov // Nauka v tsestral'noj Rossii = Science in central Russia. 2023; 4(64). P. 47-55. – DOI 10.35887/2305-2538-2023-4-47-55. – EDN GAHWEK. (In Russ.)
5. Recommendations on infrared heating of young farm animals and birds. Moskva «Kolos» = Moscow “Kolos”. 1979; 32 p. (In Russ.)
6. ROSS Broiler Breeder's Handbook. Retrieved from https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/Ross-BroilerHandbook2018-RU.pdf (accessed 17.05.2024). (In Russ.)
7. Guidelines for the maintenance and rearing of COBB broilers Retrieved from http://kfhmakosh.ru/sites/default/files/rukovodstvo_kobb500.pdf (accessed 17.05.2024). (In Russ.)
8. Rogov, M. A. Perspective on the use of neural networks in agriculture / M. A. Rogov, A. A. Dubovitskij // Nauka i Obrazovanie = Science and Education. 2022; 5(2) – EDN BTXLPN. (In Russ.)
9. Brooder for young poultry / A. N. Sudakov, E. A. Andrianov, A. A. Andrianov, N. I. Skuratov // Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologij v APK : Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Voronezh, 12 fevralya 2024 goda. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I = Trends in the development of technical means and technologies in agro-industrial complex : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, February 12, 2024. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great. 2024; P. 224-229. – EDN VINYPE. (In Russ.)
10. Development of domestic high-precision thermometer for incubators / A. N. Sudakov, O. A. Lipa, D. A. Lipa [i dr.]// Èlektrotehnologii i èlektrooborudovanie v APK = Electrotechnologies and electrical equipment in agro-industrial complex. 2023. 4(53). P. 95-101. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-4-95-101. – EDN SKDXDI. (In Russ.)
11. Tips for incubation 2020 Retrieved from https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/HatcheryTips-RU.pdf (accessed 17.05.2024). (In Russ.)
12. LOHMANN-LSL-CLASSIC LAYERS MANAGEMENT GUIDE Retrieved from <https://lohmann-breeders.com/media/strains/cage/management/LOHMANN-LSL-Classic-Cage.pdf> (accessed 17.05.2024).

Информация об авторах

А.Н. Судаков – кандидат сельскохозяйственных наук; Е. А. Андрианов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор; А. А. Андрианов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Н. И. Скуратов - заведующий отделом Орнитологии.

Information about the authors

A. Sudakov – Candidate of Agricultural Sciences; E. Andrianov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor; A. Andrianov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; N. Skuratov - head of the Ornithology department.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 11.05.2024 Принята к публикации (Accepted): 18.06.2024