
ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Научное обоснование значения равномерности микроклимата
в производственных помещениях при выращивании бройлеров
в клеточных батареях**

**Виктор Викторович Малородов[✉], Артём Карлович Османян,
Гульфия Салаватовна Сафиулина**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: malorodov@rgau-msha.ru

Аннотация

В настоящее время приоритетным направлением птицеводческой науки является повышение энергоэффективности производства птицепродуктов. Для достижения данной цели необходимо, в частности, разрабатывать и внедрять энергосберегающие технологии – такие, как улучшение систем вентиляции и отопления для обеспечения воздухообмена и обогрева, совершенствование элементов контроля микроклимата и поддержания оптимальной микроклиматической среды в производственных помещениях. Исследования выполнены с целью научного обоснования необходимости контроля равномерности микроклимата в птичниках. Еженедельный учет равномерности распределения воздушных потоков в помещении для выращивания бройлеров стал возможным с разработкой индекса равномерности микроклимата, рассчитываемый на основании значений концентрации углекислого газа в воздухе в различных частях и зонах птичника. Для этого бройлеров выращивали в 6 различных зонах помещения в клеточных батареях. Установлено, что в условиях выращивания бройлеров с учетом равномерности микроклимата в производственных помещениях зоотехническая эффективность характеризуется увеличением средней живой массы выращенных в центральной части птичника бройлеров на 3,9%, сохранности поголовья птицы на 2,9–4,4%, снижением затрат корма на 1 кг прироста живой массы бройлеров на 0,04 кг, повышением индекса продуктивности бройлеров на 18–39 ед. в сравнении с показателями, полученными при выращивании бройлеров в других частях птичника. Одновременно с этим следует придерживаться значений параметров микроклимата в воздушной среде в зоне размещения птицы для предубойного периода (35 суток и старше) в пределах: для температуры – не ниже 19,0°C; для относительной влажности – не выше 57,0%; для концентрации углекислого газа – не выше 2700 ppm; для концентрации аммиака – не выше 3,5 мг/м³; для индекса равномерности микроклимата – не ниже 2,7 ед.

Ключевые слова

бройлер, микроклимат, индекс равномерности микроклимата, воздухообмен, концентрация углекислого газа в воздухе

Для цитирования

Малородов В.В., Османян А.К., Сафиулина Г.С. Научное обоснование значения равномерности микроклимата в производственных помещениях при выращивании бройлеров в клеточных батареях // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 4. С. 156-172.

Scientific substantiation of the microclimate uniformity importance in production premises for broiler rearing in battery cages

Viktor V. Malorodov✉, Artyom K. Osmanyany, Gulfiya S. Safiulina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia

✉Corresponding author: malorodov@rgau-msha.ru

Abstract

Currently, a priority trend in poultry science is improving the energy efficiency of poultry production. To achieve this goal, it is necessary, in particular, to develop and implement energy-saving technologies such as improving ventilation and heating systems to ensure air exchange and heating, enhancing microclimate control elements, and maintaining an optimal microclimate environment in production premises. The research was conducted in order to scientifically substantiate the need for microclimate uniformity control in poultry houses. Weekly monitoring of air flow distribution uniformity in broiler rearing facilities became possible with the development of the microclimate uniformity index, calculated on the basis of carbon dioxide concentration values in different parts and zones of the poultry house. Broilers were reared in six different zones of the facility in battery cages. It was established that under broiler rearing conditions accounting for microclimate uniformity in production premises, the zootechnical efficiency is characterized by an increase in average live weight of broilers reared in the central part of the poultry house by 3.9%, poultry survival rate by 2.9–4.4%, a reduction in feed costs per 1 kg of live weight gain by 0.04 kg, and an increase in the broiler productivity index by 18–39 units compared to values obtained when rearing broilers in other parts of the poultry house. At the same time, the following microclimate parameter values in the air environment in the bird housing zone for the pre-slaughter period (35 days and older) should be maintained: temperature – not below 19.0°C; relative humidity – not above 57.0%; carbon dioxide concentration – not above 2700 ppm; ammonia concentration – not above 3.5 mg/m³; microclimate uniformity index – not below 2.7 units.

Keywords

broiler, microclimate, microclimate uniformity index, air exchange, carbon dioxide concentration in the air

For citation

Malorodov V.V., Osmanyany A.K., Safiulina G.S. Scientific substantiation of the microclimate uniformity importance in production premises for broiler rearing in battery cages. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(4):156-172.

Введение

Introduction

В настоящее время приоритетным направлением птицеводческой науки является повышение энергоэффективности производства птицепродуктов. Для достижения данной цели необходимо, в частности, разрабатывать и внедрять энергосберегающие технологии – такие, как улучшение систем вентиляции и отопления для обеспечения воздухообмена и обогрева, совершенствование элементов контроля микроклимата и поддержания оптимальной микроклиматической среды в производственных помещениях [1].

Чтобы достичь оптимума, необходимо соблюдение ряда условий: достаточная герметизация помещения; корректная установка газогенераторов отопления

и термодатчиков для выявления реальной температуры воздуха; рациональное расположение и направление элементов приточной вентиляции; обеспечение давления (разрежения) воздушной массы (для систем работающих по принципу отрицательного давления) или скорости движения воздуха на выходе из приточных элементов вентиляции (для систем, работающих на равном или избыточном давлении); грамотная регулировка системы увлажнения с учетом относительной влажности воздуха в птичнике; корректная работа автоматической системы контроля микроклимата [2].

В ряде случаев следует применять циркуляционную вентиляцию, которая перемешивает теплый воздух в верхней зоне помещения с более холодным воздухом, находящимся в нижней зоне, в то время, когда вентиляция выключена. Вентиляторы циркуляции также называют вентиляторами перемешивания. Таким образом, достигается экономия тепла, которая может достигать до 20% в новых и хорошо спроектированных зданиях и до 40% в зданиях с традиционным отоплением и высокими крышами. Кроме того, подсушить подстилку помогает циркуляционная вентиляция, которая выделяет гораздо меньше вредных газов и обеспечивает необходимую скорость движения воздуха (0,2–0,3 м/с). Чтобы поступающий холодный воздух не попадал прямо на пол и на цыплят, он должен поступать в здание с определенной скоростью. Это приводит к смешиванию холодного и теплого воздуха и более равномерному распределению температуры по помещению, а также предотвращает намокание подстилки при контакте с холодными воздушными массами. Поддержание скорости движения воздуха осуществляется за счет перепада давления, который представляет собой разницу между давлением в здании и внешним атмосферным давлением. Вытяжные вентиляторы снижают давление в здании. Жалюзи открыты, и размер проема должен быть таким, чтобы свежий воздух поступал равномерно по всему зданию [3].

Точно измерить интенсивность вентиляции сложно, особенно в зданиях с естественной вентиляцией, где можно использовать только косвенные методы (такие, как балансы тепла, воды или углекислого газа). В случае зданий с механической вентиляцией возможны как прямые, так и косвенные методы. Тем не менее прямые методы обычно более предпочтительны, поскольку более точны. Прямые методы измерения скорости вентиляции подразделяются на три группы. Первая группа – это методы индикации вентиляторов, с помощью которых общая скорость вентиляции в здании рассчитывается с учетом активности (одноразового состояния) и вытяжной мощности вентиляторов с постоянным потоком. Вторая группа – это методы вращения вентиляторов, которые используются для определения состояния работы вентиляторов и одновременного определения скорости вращения вентиляторов с регулируемой скоростью. Третья группа – методы измерения скорости воздуха, когда непрерывно измеряется и контролируется репрезентативная скорость воздушного потока, выбрасываемого вентилятором, с использованием измерения вентиляторов [4].

Таким образом, для равномерного распределения воздушного потока по всему помещению птичника и создания одинаковых условий для всех особей в зоне размещения птицы нужно оптимизировать микроклимат. В помещениях, где выращивается и содержится сельскохозяйственная птица, на отдельных участках параметры микроклимата отклоняются от нормы. Все это приводит к тому, что снижаются сохранность поголовья, конверсия корма, скорость роста бройлеров. Причины этого – неравномерный воздухообмен, неравномерное распределение температуры, влажности и газового состава воздуха в птицеводческом помещении. Неравномерность распределения приточного воздуха по помещению может быть вызвана нарушениями в работе вентиляционного оборудования, неправильной эксплуатацией оборудования и экономией электроэнергии при определенных условиях [5–15].

Цель исследований: научно обосновать необходимость оценки равномерности микроклимата в промышленных птичниках с клеточными батареями для повышения эффективности выращивания бройлеров.

Методика исследований
Research method

Исследования выполнены в июне-июле 2024 г. в условиях СГЦ «Загорское экспериментальное племенное хозяйство» – филиал ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» и на кафедре частной зоотехнии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для проведения опыта были сформированы 6 групп по 34 бройлера отечественного кросса «Смена 9» в каждой без разделения по полу. Схема представлена в таблице 1. Суточных цыплят выращивали до 38-суточного возраста. Поголовье содержали в двурядных трехъярусных этажерочных клеточных батареях AviMax transit 655 фирмы «Биг Дачмен» с плотностью посадки 17 гол/ м² площади пола клетки. Предусматривали 3-фазное кормление птицы полнорационными сухими комбикормами с соблюдением фронта кормления 3,0 см/гол. Осуществляли ниппельное поение цыплят – 10–12 гол/ниппель.

Воздухообмен в птичнике размерами 35,5 × 4,0 × 3,5 м обеспечивался приточно-вытяжной вентиляцией по схеме, представленной на рисунке 1. Отопление птичника – конвекционного типа в виде двух чугунных батарей на высоте 100 и 140 см от уровня пола помещения на всей протяженности производственного помещения по левую и правую стороны соответственно. В одной из стен птичника на высоте 2 м над отопительными батареями установлены 4 приточных тепловентилятора VOLCANO ЕС, каждый производительностью 2100 м³/ч на расстоянии 7 м друг от друга. В противоположной стене птичника установлены 7 вытяжных вентиляторов, в том числе 4 производительностью 4000 м³/ч каждый и 3 производительностью 2000 м³/ч каждый. В торцевых сторонах птичника вентиляторы не установлены.

Технологические условия выращивания бройлеров соблюдали в соответствии с «Руководством по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой» [16].

Таблица 1

Схема опыта (точки измерения параметров микроклимата)
Table 1
Experimental design (microclimate parameter measurement points)

Расположение точек измерения	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Часть помещения	Передняя торцевая		Центральная		Тыльная торцевая	
Зона помещения	Левая	Правая	Левая	Правая	Левая	Правая
Расстояние точек измерения от торцевых и боковых стен, м	$\frac{7}{1}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{17}{1}$	$\frac{17}{1}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{7}{1}$

Примечание. Над чертой – расстояние от торцевых стен, под чертой – расстояние от боковых стен.

Освещение мест расположения птицы в клеточных батареях обеспечивали локальными (установленными между кормушками и линией nippleного поения) светодиодными лампами. Освещенность с суточного возраста бройлеров до убоя (38 суток) равномерно снижали с 25 до 10 лк. Режим освещения обеспечивали по схеме: в суточном возрасте – 24 часа свет (С); с 2 до 7-суточного возраста – 23С:1 час темноты (Т); с 8 до 34-суточного возраста – (5С:1Т)х4; с 35-суточного возраста до убоя – 23С:1Т.

Во время выполнения исследований изучали параметры микроклимата, зоотехническую эффективность выращивания бройлеров и экономические показатели. Микроклимат измеряли согласно схеме (рис. 1) на уровне головы стоящей птицы от 7 до 25 см от уровня пола клетки второго яруса по мере выращивания птицы.

Параметры микроклимата измеряли в соответствии с техническим паспортом измерительных приборов в течение 1 мин в одной точке измерения для одного показателя. Все измерительные приборы сертифицированы, калиброваны и проверены. Изучаемые микроклиматические показатели:

1. Температура воздуха; измеряли при помощи пирометра «Berrcom JXB-178».
2. Относительная влажность воздуха; измеряли с помощью настенного электрогигрометра.
3. Концентрация аммиака (NH_3) в воздухе; измеряли газоанализатором «Хоббит-Т- $\text{O}_2\text{NH}_3\text{-CO}_2$ ».
4. Концентрация углекислого газа (CO_2) в воздухе; измеряли газоанализатором «Хоббит-Т- $\text{O}_2\text{NH}_3\text{-CO}_2$ ».
5. Тепловизорные снимки; выполняли с помощью тепловизора Fluke Ti-Series в зоне размещения птицы.
6. Индекс равномерности микроклимата (ИРМ) по распределению концентрации углекислого газа (косвенно воздушных потоков) в производственном помещении; рассчитывали по формуле на основании измерений содержания диоксида углерода в разных зонах птичника. Расчетное значение индекса возрастает по мере повышения равномерности микроклимата в помещении.



Рис. 1. Схема измерения параметров микроклимата и размещения вентиляционного оборудования (вид птичника сверху)

Figure 1. Scheme of microclimate parameter measurement and ventilation equipment placement (top view of the poultry house)

Индекс равномерности микроклимата (единиц) рассчитывали по формуле:

$$\text{ИРМ} = \bar{X} / \sum \pm \Delta \bar{X},$$

где ИРМ – индекс равномерности микроклимата, ед.; $\bar{X}$ – среднее арифметическое значение измерений; $\sum \pm \Delta \bar{X}$ – сумма положительных и отрицательных отклонений от среднего арифметического значения.

Измерение микроклимата производили еженедельно, начиная с суточного возраста цыплят, в одно и то же время суток (с 10 до 12 ч).

Экспериментальные данные обработаны методом вариационной статистики по Н.А. Плохинскому (1969) на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel по Стьюденту с уровнем значимости $P \geq 0,95$.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Средняя живая масса бройлеров на протяжении всего опыта соответствовала нормативным значениям кросса во всех исследуемых группах. До 35-суточного возраста между группами не наблюдалось статически значимой разности по изучаемому показателю (табл. 2), однако отмечена тенденция лучшего роста цыплят в центральной части птичника (группы 3 и 4), что можно объяснить перемещением и перемешиванием воздушных потоков к центральной части помещения, особенностями размещения вентиляционного оборудования и более однородным газовым составом воздуха. В предубойном возрасте бройлеры группы 4 достоверно превосходят по средней живой массе цыплят групп 1 и 2 на 101,9 и 97,1 г, или на 3,9 и 3,7% соответственно.

Таблица 2

Средняя живая масса бройлеров, г

Table 2

Average live weight of broilers, g

Возраст, сутки	Группа					
	1	2	3	4	5	6
1	43,5 ± 0,19	43,0 ± 0,18	43,2 ± 0,17	42,9 ± 0,20	43,1 ± 0,21	42,9 ± 0,19
7	202,0 ± 5,8	205,0 ± 5,1	209,0 ± 6,1	210,5 ± 6,4	202,9 ± 5,4	207,0 ± 6,3
14	560,5 ± 16,4	563,9 ± 17,0	571,9 ± 17,3	573,7 ± 17,1	568,9 ± 16,2	565,1 ± 16,9
21	1070,1 ± 19,6	1072,8 ± 19,4	1080,7 ± 19,7	1094,5 ± 19,5	1073,5 ± 18,2	1077,9 ± 18,8
28	1652,4 ± 30,5	1657,2 ± 30,9	1673,3 ± 29,8	1701,4 ± 29,4	1680,7 ± 30,1	1664,2 ± 29,9
35	2325,6 ± 31,7	2330,7 ± 30,5	2347,2 ± 32,0	2401,9 ± 28,0	2374,3 ± 32,6	2339,6 ± 30,1
38	2605,0 ± 33,7 а	2609,8 ± 32,9 а	2690,5 ± 31,3 аб	2706,9 ± 29,9 б	2634,1 ± 32,6 аб	2624,0 ± 33,0 аб

Примечание. Разность между средними значениями в группах (в пределах возраста и показателя), обозначенными разными буквами, достоверна при $P \geq 0,95$.

В таблице 3 приведены данные о среднесуточном приросте живой массы бройлеров от 7-суточного до предубойного возраста. На протяжении всего выращивания цыплята групп 3 и 4 (центральная часть помещения) имели преимущество над сверстниками, находящимися в передней и тыльной торцевых частях. В итоге превосходство в среднем групп 3 и 4 над цыплятами групп 1 и 2 составило 2,5 г; над бройлерами групп 5 и 6—1,9 г. В целом за весь период цыплята в группах набирали живую массу равномерно, однако за предубойный период (36–38 сут.) наибольший среднесуточный прирост получен в группе 4 (70,1 г), что выше на 3,9; 3,7; 0,6; 2,7 и 3,1% в сравнении с группами 1, 2, 3, 5 и 6 соответственно.

Учитывая данные таблицы 4, следует отметить, что сохранность во всех группах составляла 100,0% до 14-суточного возраста. В целом за период 1–38 суток наивысшая сохранность бройлеров получена в группах 1, 3 и 4 с показателем 97,0%, что выше по сравнению со значением показателя в группах 2 и 6 на 5,8%, в группе 5 – на 2,9%.

В таблице 5 отражены затраты корма на 1 кг прироста живой массы бройлеров. Во всех группах бройлеры потребляли корм в соответствии с суточной потребностью (кормление вволю). Бройлеры, выращенные в центральной части птичника, вне зависимости от зоны размещения птицы более эффективно расходовали комбикорм в сравнении с бройлерами, размещенными в торцевых частях. Так, в группах 3 и 4 в среднем расход корма составил 1,68 кг на 1 кг прироста живой массы птицы, что на 0,03 и 0,04 кг ниже в сравнении с группами 1 и 2; 5 и 6 соответственно.

Таблица 3

Среднесуточный прирост живой массы бройлеров, г

Table 3

Average daily live weight gain of broilers, g

Возраст, сутки	Группа					
	1	2	3	4	5	6
7	22,6	23,1	23,7	23,9	22,8	23,4
14	36,9	37,2	37,8	37,9	37,5	37,3
21	48,9	49,0	49,4	50,0	49,0	49,3
28	57,5	57,6	58,2	59,2	58,5	57,9
35	65,2	65,4	65,8	67,4	66,6	65,6
38	67,4	67,5	69,7	70,1	68,2	67,9

Таблица 4

Сохранность бройлеров, %

Table 4

Broiler survival rate, %

Возраст, сутки	Группа					
	1	2	3	4	5	6
7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
14	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
21	100,0	97,0	97,0	97,0	100,0	97,0
28	97,0	94,1	97,0	97,0	97,0	97,0
35	97,0	94,1	97,0	97,0	94,1	94,1
38	97,0	91,2	97,0	97,0	94,1	91,2

Таблица 5

Расход корма на 1 кг прироста живой массы бройлеров, кг

Table 5

Feed consumption per 1 kg of broiler live weight gain, kg

Возраст, сутки	Группа					
	1	2	3	4	5	6
7	1,30	1,32	1,29	1,29	1,31	1,32
14	1,37	1,38	1,35	1,34	1,37	1,38
21	1,49	1,51	1,47	1,46	1,50	1,54
28	1,55	1,55	1,52	1,51	1,56	1,58
35	1,64	1,66	1,63	1,61	1,68	1,69
38	1,71	1,72	1,69	1,67	1,72	1,73

Судя по расчетным данным, представленным в таблице 6, индекс продуктивности бройлеров (ИПБ) в среднем выше в центральной части птичника (группы 3 и 4), несколько ниже в передней торцевой части (группы 1 и 2) и самый низкий в тыльной

торцевой части (группы 5 и 6), что может быть связано с конструктивными особенностями установки вытяжной вентиляционной системы. Таким образом, наивысшее значение индекса – комплексного показателя зоотехнической эффективности – в 35-суточном возрасте птицы получено в группе 4 (413 ед.), что на 14–41 ед. выше в сравнении с другими группами. В 38-суточном возрасте также лидирующее положение занимает группа 4 со значением индекса 414 ед., что выше на 8–50 ед. в сравнении с группами 1, 2, 3, 5 и 6 соответственно.

Результаты измерения микроклиматических параметров и расчета индекса равномерности микроклимата. Результаты измерения температуры (Т) и относительной влажности (ОВ) воздуха в разных зонах птичника представлены в таблице 7. В первые сутки выращивания бройлеров наибольшая разность по температуре воздуха между группами составила 0,6°C; по относительной влажности воздуха – 1,0%, что является незначительным отклонением. На 7-е сутки наибольшая разность между группами по Т составила 0,8°C; по ОВ – 2,0%. На 14-е сутки наибольшая разность между группами по Т составила 0,6°C; по ОВ – 1,0%. На 21-е сутки наибольшая разность между группами по Т составила 1,5°C; по ОВ – 4,0%. На 28-е сутки наибольшая разность между группами по Т составила 1,4°C; по ОВ – 4,7%. На 35-е сутки наибольшая разность между группами по Т составила 2,3°C; по ОВ – 2,0%. В предубойном возрасте птицы наибольшая разность между группами по Т составила 1,1°C; по ОВ – 6,0%.

Таким образом, прослеживается тенденция увеличения повышения температуры и относительной влажности с увеличением возраста птицы. Важно указать на повышение температуры воздуха во всем птичнике в 28-суточном возрасте бройлеров, что может быть связано с увеличением интенсивности дыхания птицы на фоне возрастающего абсолютного прироста живой массы птицы и уменьшения пространства между цыплятами в клеточных батареях.

На рисунке 2 приведен тепловизорный снимок клеточной батареи с 14-суточными бройлерами в центральной части правой зоны помещения (группа 4). Температура поверхности участка фотографирования представлена в диапазоне от 20 до 37°C. На снимке отчетливо отражено равномерное скопление бройлеров на ярусе 2 клеточной батареи, однако замечен температурный градиент по мере отдаления от точки фокусирования снимка. Данная фотография дополнительно подтверждает наличие микроклиматической зональности в зоне размещения птицы.

Таблица 6

Индекс продуктивности бройлеров, ед.

Table 6

Broiler productivity index, units

Возраст, сутки	Группа					
	1	2	3	4	5	6
35	393	377	399	413	380	372
38	389	395	406	414	379	364

Таблица 7

Температура (Т) и относительная влажность (ОВ) воздуха в птичнике

Table 7

Temperature (T) and relative humidity (S) of the air in the poultry house

Показатель (возраст, сутки)	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Средние Т, °С и ОВ, %, воздуха, 1	31,0	31,1	31,0	31,0	31,5	31,6
	34,3	34,3	34,3	34,3	35,3	35,0
7	28,5	28,5	29,0	28,8	29,3	28,9
	34,0	33,0	35,0	35,0	34,0	34,0
14	26,7	26,7	26,9	27,0	26,6	26,4
	41,0	41,0	41,0	41,0	40,0	41,0
21	22,8	23,4	23,4	24,3	22,8	22,9
	59,0	57,0	56,6	55,0	57,0	56,3
28	24,4	24,2	24,0	24,6	23,3	23,2
	66,3	71,0	66,7	69,0	66,6	67,0
35	20,2	19,4	19,8	19,4	21,6	19,3
	58,0	58,0	57,0	57,0	58,0	59,0
38	20,1	20,0	19,5	20,4	20,6	20,3
	58,0	59,5	59,0	60,0	57,0	63,0

Примечание. Над чертой – температура, под чертой – относительная влажность.

В таблице 8 указана концентрация углекислого газа в воздушной среде птичника. Углекислота – вредный летучий газ, выделяемый птицей при дыхании и при эксплуатации отопительных газогенераторов открытого горения, по содержанию которой можно наиболее точно оценить равномерность микроклимата в птичнике, косвенно – перемещение воздушных потоков. Разность между наибольшим и наименьшим значением изучаемого показателя между группами составила в возрасте бройлеров: суточном – 50 ppm; 7-суточном – 500 ppm; 14-суточном – 600 ppm; 21-суточном – 700 ppm; 28-суточном – 730 ppm; 35-суточном – 600 ppm; предубойном – 800 ppm. Таким образом, наблюдается прямолинейная тенденция увеличения разности максимальных и минимальных значений концентрации углекислого газа в различных зонах помещения при увеличении возраста бройлеров.

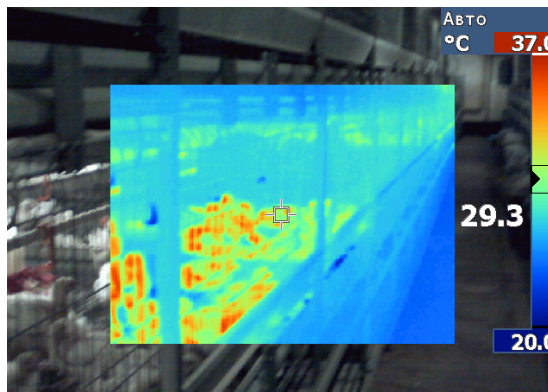


Рис. 2. Тепловизорный снимок клеточной батареи с бройлерами 14-суточного возраста

Figure 2. Thermal image of a battery cage with 14-day-old broilers

Таблица 8

Концентрация углекислого газа (CO₂) в воздухе, ppm

Table 8

Carbon dioxide concentration (CO₂) in the air, ppm

Показатель (возраст, сутки)	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Средняя концентрация CO ₂						
1	650	670	700	680	670	690
7	1300	1300	1400	1500	1000	1300
14	2600	2600	2300	2200	2000	2000
21	2600	2900	2500	2400	2400	2200
28	2460	1930	2160	1960	1800	1730
35	2800	2600	2400	2700	3000	2900
38	3200	2900	2600	2700	3300	3400

Данные о концентрации аммиака в воздухе птичника с бройлерами отражены в таблице 9. Важно отметить, что за весь период выращивания содержание аммиака в зоне размещения птицы было ниже предельно допустимой концентрации (10 мг/м³). В суточном возрасте птицы концентрация аммиака не зарегистрирована. В 7-суточном возрасте градиент концентрации аммиака составил 2,0 мг/м³; в 14-суточном возрасте – 1,0 мг/м³; в 21-суточном возрасте – 0,7 мг/м³; в 28-суточном возрасте – 1,0 мг/м³; в 35-суточном возрасте – 1,0 мг/м³; в предубойном возрасте – 0,7 мг/м³.

Расчетные значения индекса равномерности микроклимата (ИРМ) по концентрации углекислого газа представлены в таблице 10. Бройлеров выращивали в одном

производственном помещении, в связи с чем можно для каждого возрастного периода получить только одно значение индекса. Наивысшее значение ИРМ получено в суточном возрасте бройлеров – 8,4 ед., что может быть связано с работой вентиляции в минимальном режиме и оптимальном газовом составе воздушной среды в птичнике. От 35-суточного к предубойному возрасту значение индекса снижается на 32,1%. Это объясняется уменьшением пространства между особями пропорционально увеличению живой массы бройлеров, в связи с чем поголовьем вырабатывается большее количество углекислого газа.

Таблица 9

Концентрация аммиака (NH₃) в воздухе, мг/м³

Table 9

Ammonia (NH₃) concentration in the air, mg/m³

Средняя концентрация NH ₃ (возраст бройлеров, сутки)	Группа					
	1	2	3	4	5	6
7	1,5	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0
14	2,0	2,3	2,3	1,3	1,6	2,0
21	3,0	2,6	2,3	2,3	2,3	3,0
28	3,0	2,3	2,5	2,3	2,3	2,0
35	3,0	3,0	2,0	2,5	2,5	2,5
38	4,0	4,0	4,1	3,5	4,0	4,2

Таблица 10

Индекс равномерности микроклимата (ИРМ) по концентрации CO₂ в воздушном пространстве птичника, ед.

Table 10

Microclimate uniformity index (MUI) based on CO₂ concentration in the airspace of the poultry house, units

Возраст, сутки	ИРМ по совокупности групп
1	8,4
7	2,2
14	1,7
21	2,5
28	1,6
35	2,7
38	1,8

В таблице 11 приведены расчеты экономической эффективности производства мяса бройлеров в разных микроклиматических частях и зонах птичника. Исходя из наибольшей полученной выручки и наименьшей себестоимости производства мяса в группах 3 и 4 получено прибыли в среднем больше на 6,4 тыс. руб.; как следствие – уровень рентабельности выше в среднем на 2,6% в сравнении с группами 1, 2, 5 и 6.

Таблица 11

**Экономическая эффективность производства мяса бройлеров
в расчете на 1000 гол.**

Table 11

Economic efficiency of broiler meat production per 1,000 heads

Возраст, сутки	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Поголовье выращенных бройлеров, гол.	970	912	970	970	941	912
Производство мяса бройлеров в живой массе, кг	2526,8	2380,1	2609,8	2625,7	2478,7	2393,0
Выручка от реализации мяса бройлеров, тыс. руб.	227,4	214,2	234,9	236,3	223,1	215,4
Полная себестоимость мяса бройлеров, тыс. руб.	205,9	194,0	208,8	210,1	204,5	196,2
Прибыль, тыс. руб.	21,5	20,2	26,1	26,2	18,6	19,2
Уровень рентабельности, %	10,4	10,4	12,5	12,5	9,1	9,8

Выводы

Conclusions

В выполненных исследованиях изучена зоотехническая и экономическая эффективность выращивания птицы с учетом равномерности микроклимата; определена применимость индекса равномерности микроклимата, рассчитываемого на основании измерений концентрации углекислого газа в различных частях и зонах помещения при выращивании бройлеров в клеточных батареях, что позволило сформулировать соответствующие выводы.

1. В условиях выращивания бройлеров в клеточных батареях, с учетом равномерности микроклимата в производственных помещениях, зоотехническая эффективность характеризуется увеличением средней живой массы выращенных в центральной части птичника бройлеров на 3,9%, сохранности поголовья птицы на 2,9–4,4%, снижением затрат корма на 1 кг прироста живой массы бройлеров на 0,04 кг, повышением

индекса продуктивности бройлеров на 18–39 ед. в сравнении с показателями, полученными при выращивании бройлеров в других частях птичника.

2. Выявлена микроклиматическая зональность в птичнике с клеточной батареей для выращивания бройлеров на основании градиентных значений параметров микроклимата, расчетных значений индекса равномерности микроклимата и тепловизорных снимков. Научно обоснована необходимость контроля равномерности микроклимата в птичниках.

3. Показана применимость индекса равномерности микроклимата в условиях выращивания бройлеров в клеточных батареях по схеме с 6 точками измерения концентрации углекислого газа в трех частях и двух зонах производственного помещения.

4. Экономическая эффективность выращивания бройлеров в клеточных батареях с применением расчета индекса равномерности микроклимата выражена в превосходстве цыплят, выращенных в центральной части, по уровню рентабельности в сравнении с птицей, выращенной в других зонах птичника, на 2,1–3,4%.

С целью повышения зоотехнической и экономической эффективности производства мяса бройлеров отечественного кросса «Смена-9» птицу следует выращивать в клеточных батареях с применением расчета индекса равномерности микроклимата (6 измерений концентрации углекислого газа в воздухе согласно схеме: в трех частях и двух зонах птичника) еженедельно до предубойного возраста. Одновременно с этим следует придерживаться значений параметров микроклимата в воздушной среде в зоне размещения птицы для предубойного периода (35 суток и старше) в пределах: для температуры – не ниже 19,0°C; для относительной влажности – не выше 57,0%; для концентрации углекислого газа – не выше 2700 ppm; для концентрации аммиака – не выше 3,5 мг/м³; для индекса равномерности микроклимата – не ниже 2,7 ед.

Список источников

1. Буяров В.С., Головина С.Ю., Буяров А.В. Эффективность современных ресурсосберегающих технологий производства мяса бройлеров // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2019. № 2 (27). С. 86-98. <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2019-27-2-86-98>

2. Калинин М.Н. Оптимальный микроклимат в яичном птицеводстве // *Птицеводство*. 2017 № 2. С. 12-14. EDN: VMYUKE

3. Elghardouf N., Lahlouh I., Elakkary A., Sefiani N. Towards modelling, and analysis of differential pressure and air velocity in a mechanical ventilation poultry house: Application for hot climates. *Heliyon*. 2023;9(1):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12936>

4. Barnwell R., Rossi A. Maintaining peak performance in hot weather. *Technical Cobb focus*. 2002;(1):1-6.

5. Гаджиев Р.М. Исследование холодной обработки воздуха в птичнике в условиях Азербайджана // *Бюллетень науки и практики*. 2021. Т. 7, № 9. С. 149-158. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/17>

6. Османян А.К., Малородов В.В., Черепанова Н.Г., Салеева И.П. Состояние реснитчатого эпителия трахеи бройлеров как индикатор воздухообмена в птичниках // *Птицеводство*. 2020. № 12. С. 42-46. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-12-42-46>

7. Османян А.К., Салеева И.П., Третьяков А.Н., Скляр А.В. и др. Эффективность применения циркуляционных вентиляторов в помещении для

выращивания бройлеров в холодный период года // *Зоотехния*. 2020. № 1. С. 19-21. <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.77.27.008>

8. Bianchi B., Giametta F., La Fianza G., Gentile A. et al. Microclimate measuring and fluid dynamic simulation in an industrial broiler house: testing of an experimental ventilation system. *Veterinaria Italiana*. 2015;51(2):85-92. <https://doi.org/10.12834/VetIt.689.5112.03>

9. Calvet S., Estellés F., Cambra-López M., Torres A.G. et al. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*. 2011;90(11):2449-2458. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01580>

10. Ezenwosu C., Udeh V.C., Onyimonyi A.E. Litter Treatment Using Zeolite as a Management Protocol to Enhance Broiler Performance and Control Ammonia Emission in Broiler Production in the Humid Tropics. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture*. 2022;4(2):27-41. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1307938/v1>

11. Harrouz J.P., Katramiz E., Ghali K., Ouahrani D. et al. Comparative analysis of sustainable desiccant – Evaporative based ventilation systems for a typical Qatari poultry house. *Energy Conversion and Management*. 2021;245(3):114556. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114556>

12. Daniel K.F., Choi L.-Y., Lee S.-Y., Lee C.-R. et al. Preliminary Evaluation of an Advanced Ventilation-Control Algorithm to Optimise Microclimate in a Commercial Broiler House. *Animals (Basel)*. 2024;14(23):3430. <https://doi.org/10.3390/ani14233430>

13. Choi L.-Y., Daniel K.F., Lee S.-Y., Lee C.-R. et al. CFD Simulation of Dynamic Temperature Variations Induced by Tunnel Ventilation in a Broiler House. *Animals (Basel)*. 2024;14(20):3019. <https://doi.org/10.3390/ani14203019>

14. Guo L., Zhao B., Jia Y., He F. et al. Mitigation strategies of air pollutants for mechanical ventilated livestock and poultry housing – A review. *Atmosphere*. 2022;13(3):452. <https://doi.org/10.3390/atmos13030452>

15. Park J., Choi L.-Y., Lee S.-Y., Daniel K.F. et al. Evaluation of Performance on Cooling Pad System according to non-uniform saturation of in Broiler House. *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers*. 2024;66(6):37-46. <https://doi.org/10.5389/KSAE.2024.66.6.037>

16. Ефимов Д.Н., Егорова А.В., Емануйлова Ж.В., Иванов А.В. и др. *Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой: Методические указания*. Сергиев Посад: Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, 2021. 95 с. EDN: AJBTFN

References

1. Buyarov V.S., Golovina S.Yu., Buyarov A.V. The efficiency of modern energy resource saving technologies of broiler meat production. *Agrarniy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2019;(2(27)):86-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2019-27-2-86-98>

2. Kalinin M.N. Optimal microclimate in egg poultry farming. *Ptitsevodstvo*. 2017;(2):12-14. (In Russ.)

3. Elghardouf N., Lahlouh I., Elakkary A., Sefiani N. Towards modelling, and analysis of differential pressure and air velocity in a mechanical ventilation poultry house: Application for hot climates. *Heliyon*. 2023;9(1):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12936>

4. Barnwell R., Rossi A. Maintaining peak performance in hot weather. *Technical Cobb focus*. 2002;(1):1-6.

5. Gajiyev R.M. BItudy of cold air treatment in a poultry house in the conditions of Azerbaijan. *Bulletin of Science and Practice*. 2021;7(9):149-158. (In Russ.) <https://doi.org/10.33619/2414-2948/70/17>
6. Osmanyan A.K., Malorodov V.V., Cherepanova N.G., Saleeva I.P. The histostructure of the tracheal ciliated epithelium in broilers as an indicator of air exchange efficiency in poultry houses. *Ptitsevodstvo*. 2020;(12):42-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-12-42-46>
7. Osmanyan A.K., Saleeva I.P., Tretyakov A.N., Sklyar A.V. et al. The efficacy of ventilation fans in the premises for growing broilers in cold season. *Zootekhniya*. 2020;(1):19-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.25708/ZT.2019.77.27.008>
8. Bianchi B., Giametta F., La Fianza G., Gentile A. et al. Microclimate measuring and fluid dynamic simulation in an industrial broiler house: testing of an experimental ventilation system. *Veterinaria Italiana*. 2015;51(2):85-92. <https://doi.org/10.12834/VetIt.689.5112.03>
9. Calvet S., Estellés F., Cambra-López M., Torres A.G. et al. The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*. 2011;90(11):2449-2458. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01580>
10. Ezenwosu C., Udeh V.C., Onyimonyi A.E. Litter Treatment Using Zeolite as a Management Protocol to Enhance Broiler Performance and Control Ammonia Emission in Broiler Production in the Humid Tropics. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture*. 2022;4(2):27-41. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1307938/v1>
11. Harrouz J.P., Katramiz E., Ghali K., Ouahrani D. et al. Comparative analysis of sustainable desiccant – Evaporative based ventilation systems for a typical Qatari poultry house. *Energy Conversion and Management*. 2021;245(3):114556. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114556>
12. Daniel K.F., Choi L.-Y., Lee S.-Y., Lee C.-R. et al. Preliminary Evaluation of an Advanced Ventilation-Control Algorithm to Optimise Microclimate in a Commercial Broiler House. *Animals (Basel)*. 2024;14(23):3430. <https://doi.org/10.3390/ani14233430>
13. Choi L.-Y., Daniel K.F., Lee S.-Y., Lee C.-R. et al. CFD Simulation of Dynamic Temperature Variations Induced by Tunnel Ventilation in a Broiler House. *Animals (Basel)*. 2024;14(20):3019. <https://doi.org/10.3390/ani14203019>
14. Guo L., Zhao B., Jia Y., He F. et al. Mitigation strategies of air pollutants for mechanical ventilated livestock and poultry housing – A review. *Atmosphere*. 2022;13(3):452. <https://doi.org/10.3390/atmos13030452>
15. Park J., Choi L.-Y., Lee S.-Y., Daniel K.F. et al. Evaluation of Performance on Cooling Pad System according to non-uniform saturation of in Broiler House. *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers*. 2024;66(6):37-46. <https://doi.org/10.5389/KSAE.2024.66.6.037>
16. Efimov D.N., Egorova A.V., Emanuilova Zh.V. et al. *Manual for working with meat cross poultry «Smena 9» with an autosex maternal parental form: Guidelines*. Sergiev Posad, Russia: Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Poultry Institute”, 2021:95. (In Russ.)

Сведения об авторах

Виктор Викторович Малородов, канд. с.-х. наук, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская

Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: malorodov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

Артём Карлович Османиян, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; <https://orcid.org/0000-0002-0677-4264>

Гульфия Салаватовна Сафиулина, аспирант кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; <https://orcid.org/0009-0002-4620-2452>

Information about the authors

Viktor V. Malorodov, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Specific Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: malorodov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

Osmanyar Artyom Karlovich, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Specific Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-0677-4264>

Safiulina Gulfiya Salavatovna, postgraduate student of the Department of Specific Animal Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; <https://orcid.org/0009-0002-4620-2452>