



УДК 631.227.2:628.94

DOI 10.30975/2073-4999-2021-23-3-18-20

ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСАЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ПТИЦЕВОДСТВЕ

LIGHT RIPPLE EFFECTS USING MODERN LIGHT SOURCES IN POULTRY BREEDING



Гладин Д. В., технический директор, канд. с.-х. наук

D. V. Gladin, technical director, PhD in Agriculture

ООО «Техносвет групп», Вологодская обл.

“Technosvet Group” LLC, Vologda region

Кавтарашвили А. Ш., главный научный сотрудник — заведующий лабораторией технологии производства яиц, д-р с.-х. наук, профессор

A. Sh. Kavtarashvily, chief researcher, head of the egg production technology laboratory, Dr. Sci. in Agriculture, full professor

ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН (ФНЦ «ВНИТИП» РАН), Московская обл.

FSBSI Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Poultry Institute” RAS (FSC ARRTPI RAS), Moscow region

Аннотация: В статье рассматривается влияние пульсации освещенности на физиологическое состояние человека и птицы, некоторые аспекты ее возникновения, основные зоотехнические показатели выращивания птицы и предполагаемые причины их ухудшения.

Abstract: The effects of light ripple have been considered in the paper on poultry and man physiologic condition, on some aspects of this ripple origin, on poultry raising main traits and its decline alleged reasons.

Ключевые слова: искусственное освещение, источники света, пульсация освещенности, пульсация светового потока, глубина и частота пульсации.

Key Words: artificial lighting, light sources, light ripple, light flow ripple, ripple depth and frequency.

В настоящее время в птицеводстве России широко используется светодиодное освещение, которое успешно заменяет лампы накаливания и люминесцентные источники света. Оно повышает энергоэффективность освещения и создает одинаковый световой микроклимат для всего поголовья птицы [1, 2]. Условием эффективного управления световым потоком и другими характеристиками светодиодных источников света является использование широтно-импульсной модуляции питающего напряжения, для которой характерен максимальный коэффициент пульсации (мерцания) освещенности 100% и частота изменения амплитуды: от нескольких сотен Гц до нескольких кГц [3]. В выходящих из обращения, но все еще используемых в птичниках лампах накаливания и люминесцентных источниках света коэффициент пульсации светового потока достигает 50% с частотой от 100 Гц до нескольких сотен кГц [4]. В птичниках, где используются эти источники света, куры

и человек, обслуживающий оборудование и обеспечивающий жизнедеятельность поголовья, находятся в одинаковом световом микроклимате. В связи с этим влияние освещения, в том числе и пульсацию освещенности, на птицеводческих предприятиях необходимо рассматривать не только в отношении зоотехнических показателей птицы, но и с точки зрения сохранения здоровья сотрудников, проводящих большое количество времени внутри птичника.

Целью настоящей работы являлось обобщение и анализ современных научных знаний о влиянии пульсации освещенности (света) на птицу и изучение ее характеристик, особенно при ухудшении зоотехнических показателей поголовья. Полученные данные могут составить концептуальную основу понимания механизмов, связанных с этим явлением.

Влияние пульсации освещенности лучше всего изучено на человеке, благодаря накопленным знаниям о строении его организма,

происходящих в нем биологических и физиологических процессах, а также возможности получить информацию о воздействии не только с помощью приборов, но и непосредственно от испытуемого.

Влияние мерцания освещенности на птицу изучено гораздо меньше, однако в условиях постоянной интенсификации отрасли такие характеристики освещения становятся важным элементом повышения эффективности птицеводческих хозяйств. Рациональным способом определения пороговых значений пульсации освещенности для птицы представляется проведение исследований, основанных на ее поведенческих реакциях при разном мерцании освещения и его непосредственном влиянии на зоотехнические показатели поголовья. Анализ полученных результатов целесообразно проводить в сравнении с достаточно хорошо изученным влиянием этого фактора на человека, но с учетом особенностей зрительной системы птицы.



Считается, что пульсация освещенности может осознанно фиксироваться человеком до достижения определенной частоты, которая называется критической частотой слияния световых мельканий (КЧССМ). Согласно данным А.С. Шаракшанэ и др. [5], ее значение находится в пределах от 60 до 100 Гц, а конкретное значение КЧССМ индивидуально для каждого человека. Пульсация освещенности ниже этой частоты способна оказывать негативное действие: вызывать недомогание, нарушения координации и сна, головные боли, эпилептические припадки и т.п. Особенно опасна частота пульсации ниже 25 Гц, совпадающая с альфа- и тета-ритмами головного мозга человека [6].

Пульсации на частотах выше КЧССМ не ощущаются, не фиксируются в сознании, но также могут оказывать негативное влияние. Свет с высокочастотными пульсациями детектируется зрительными рецепторами человека. При этом он не обрабатывается как визуальная информация, а напрямую воздействует на супрахиазматические клетки, паравентрикулярное ядро гипоталамуса и шишковидную железу. В свою очередь, это влияет на гормональный фон человека, его циркадные ритмы, эмоциональное самочувствие и работоспособность [8].

В разных исследованиях и документах даны различные значения критической частоты пульсации освещенности. Так, в ГОСТ Р 54945-2012 [9] порогом является частота в 300 Гц, выше которой допустима любая глубина пульсации освещенности, а в рекомендациях Института инженеров электротехники и электроники *IEEE PAR1789* приведен расчет критической частоты пульсации света — она равна 5,4 кГц, при более высокой пульсации освещение является для человека комфортным.

Существует исследование, позволяющее сравнить реакцию человека и курицы на одинаковые воздействия светового стимула с различной частотой и глубиной мерцаний [10]. Предлагается усовершенствование модели чувствительности человека, которое позволяет согласовать ее с данными наблюдений за курами. Также для сравнения представлены данные

по чувствительности человека к мерцанию в условиях применения того же светового стимула, что и для кур. У людей чувствительность к фотопическому мерцанию как функция предельной глубины его модуляции демонстрирует высоко- и низкочастотное падение уровня чувствительности, достигая максимума в диапазоне 10–15 Гц [11]. Два важнейших процесса, происходящих в сетчатке глаза, определяют чувствительность к пульсации света у человека. Первый процесс — фильтр нижних частот, включающий обработку сигнала, во время которой фоторецепторы выступают в роли главных элементов. Второй — фильтр высоких частот, состоящий из ингибиторной обратной связи, формирующейся в основном из соединений горизонтальной и амакриновой клеток во внутренних и внешних слоях сетчатки. Этот ингибиторный процесс также отвечает за влияние перепадов яркости [12]. Для каждого фильтра чувствительность к пульсации света в количественном отношении может быть описана соответствующей функцией передачи модуляции (ФПМ). Математические исследования чувствительности к пульсации показали, что данные, полученные с помощью ФПМ, передаются каскадами, для того, чтобы выявить восприятие человеком мерцания огромного количества различных конфигураций стимула. Более современные исследования чувствительности человека к мерцанию основываются на методе моделирования ФПМ, включающем внутренние шумы нейросенсорного происхождения, реакцию на фильтр обнаружения сигналов, расположенный в мозге, а также на внешние шумы самого стимула.

В исследовании *G.W. Brundrett* [13] кур-несушек 8-месячного возраста разместили под лампами накаливания в условиях естественной смены дня и ночи (12Т:12С) при освещенности в диапазоне от 5 до 50 лк. Перед этим кур выращивали на открытом воздухе при естественном освещении на специально огороженном участке. Также были выбраны 12 добровольцев (женщин и мужчин) в возрасте от 20 до 30 лет с нормальным зрением. Чувствительность птицы к мерцанию света определяли в диапазоне

яркости стимула и сравнивали с уровнем чувствительности человека к световому мерцанию, измеряемой в тех же самых условиях. Обнаружено, что на пяти уровнях яркости (10, 100, 200, 500 и 1000 кд/м²) общая чувствительность птицы выше, чем у человека. В условиях увеличивающегося уровня яркости светового стимула показатели КЧССМ у кур (39,2; 54,0; 54,0; 57,4 и 71,5 Гц) в среднем превышали значения аналогичных показателей у человека (40,8; 50,4; 53,3; 58,2 и 57,4 Гц). Зрительная система кур быстрее обрабатывала сигнал по сравнению с человеком и была более развитой в некоторых аспектах.

Для человека характерно трихроматическое зрение, которое включает 3 типа фоторецепторов — колбочек в сетчатке глаза с максимальным поглощением (λ_{max}) на уровне 420, 530 и 560 нм, чувствительных соответственно к синей, зеленой и красной частям видимого спектра. Куры обладают 4 особыми видами одинарных и двойных колбочек [14]. Дополнительный тип одинарных колбочек в сетчатке глаза птицы делает ее зрение тетрахроматическим, то есть теоретически она может различать в 2 раза больше цветов, чем человек [15]. Четвертый тип одинарных колбочек может быть чувствительным к ультрафиолетовой (УФ) и фиолетовой частям спектра [16]. В обоих случаях чувствительность относится к коротким волнам и позволяет птицам видеть в области, близкой к УФ-спектру в той части, которая является невидимой для человека. Зрительную чувствительность в УФ-диапазоне птицы используют для принятия решения о выборе партнера и для поиска пищи [17]. Кроме различий в цветовом восприятии птицы обнаруживали мерцание света на более высоких частотах, чем человек, а также быстрее реагировали на визуальные стимулы [18] благодаря более короткому проводящему пути нервной системы.

Изучение чувствительности кур к мерцающему свету началось в результате беспокойства человека качеством жизни домашней птицы. Люминесцентные лампы производят мерцающий свет с частотой 100 или 120 Гц. Если птица обнаруживает мерцание, то оно может создать



дискомфорт и даже стресс. Существуют противоречивые мнения по вопросу восприятия птицей света от люминесцентных ламп как мерцающего. J.L. Barbur и др. [19] измеряли критическую частоту слияния мерцаний и предположили, что мерцание с частотой в 100 Гц не воспринимается курами даже при высокой яркости. В другом источнике [20] результаты, достигнутые методом экстраполяции функции КЧССМ, указывают на то, что куры могут воспринимать свет от низкочастотных люминесцентных ламп как мерцающий. Они основаны на наблюдении, что бройлеры в условиях такого освещения снижают физическую активность.

В работе [21] были проведены замеры критической частоты пульсации света у цыплят белых кур-несушек с использованием светодиодных ламп с четырьмя разными спектрами излучения (белым, белым с добавлением УФ, желтым с длиной волны 590 нм и УФ с длиной волны 400 нм) и четырьмя уровнями интенсивности света. Уровни определенной яркости света (290, 174, 86 и 43 кд/м²) были адаптированы к относительной чувствительности колбочек глаза домашних кур для достижения одинаковых стимулов для различных спектров. Обнаружены значительно более высокие показатели КЧССМ для белого света с УФ (74, 65, 57 и 47 Гц) в сравнении с белым светом (63, 57, 50 и 45 Гц) по отношению к высоким критическим частотам пульсации освещенности (76, 70, 60, 58 Гц) для желтого и (83, 75, 65, 55 Гц) для чистого УФ-света. Сравнение результатов для белого света и белого света с УФ показало, что, несмотря на выращивание кур в условиях искусственного освещения, их зрительная система лучше реагирует на световые условия, к которым они были изначально адаптированы во внешней среде. Кроме того, есть основания полагать, что присутствие УФ-света, используемого для поиска партнера и пищи, также может быть важным для зрительных функций, таких как чувствительность к пульсации света.

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что воздействие на птицу мерцания в условиях искусственного освещения носит

разноплановый характер и может влиять на ее зоотехнические показатели. Домашних кур довольно часто используют как экспериментальный организм в различных биомедицинских, физиологических и поведенческих опытах, и их зрительная система хорошо изучена. Исследования в целях определения КЧССМ для птиц основываются на анализе поведенческой реакции цыплят и взрослых особей и дают возможность сравнить результаты с откликом человека на аналогичное воздействие. Развитие современных систем искусственного освещения в птицеводстве позволяет обеспечивать такие их параметры, которые снижают до безопасного уровня негативное влияние пульсации освещенности на зоотехнические показатели поголовья.

Литература

1. Промышленное птицеводство: моногр. / Под общ. ред. В.И. Фисинина. — Сергиев Посад, 2016. — 531 с.
2. Наставления по использованию светодиодного освещения в птицеводстве / Под общ. ред. А.Ш. Кавтарашвили и Д.В. Гладина. — Сергиев Посад, 2020. — 171 с.
3. Гладин Д.В. Управление светодиодным освещением в птичнике на основе широтно-импульсной модуляции питающего напряжения / Д.В. Гладин, А.Ш. Кавтарашвили // Птица и птицепродукты. — 2020. — № 4. — С. 52–56.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга и Г.В. Бооса. — 4-е изд., перераб. и доп. — М., 2019. — 892 с.
5. Шаракшанэ А.С. Фактические значения пульсации освещенности, создаваемой современными источниками света / А.С. Шаракшанэ, С.В. Мамаев, Р.Ш. Ротфуллин [и др.] // Оптический журн. — 2017. — Т. 84 (1). — С. 41–47.
6. Wilkins A. LED lighting flicker and potential health concerns: IEEE standard PAR1789update / A. Wilkins, J. Veitch, B. Lehman // Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE). — Atlanta: GA, 2010. — P. 171–178.
7. Kennedy A. The effects of intermittent illumination on avial inspection tasks / A. Kennedy, M. Brysbaert, W.S. Murray // The Quarterly J. Experimental Psychol. — 1998. — Vol. 51 (1). — P. 135–151.
8. Ильянок В.А. Влияние пульсирующих источников света на электрическую активность мозга человека / В.А. Ильянок, В.Г. Самсонова // Светотехника. — 1963. — № 5. — 5 с.

9. ГОСТ Р 54945-2012. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности. — Введ. 2013-01-01. — М.: Стандартинформ, 2012. — 16 с.

10. Jarvis J.R. Measuring and modelling the photopic flicker sensitivity of the chicken (*Gallus g. domesticus*) / J.R. Jarvis, N.R. Taylor, N.B. Prescott et al. // Vision Res. — 2002. — Vol. 42 (1). — P. 99–106.

11. Kelly D.H. Theory of flicker and transient responses I: uniform fields // J. of the Optical Society of America. — 1971. — Vol. 61. — P. 537–546.

12. Ratliff F. Enhancement of flicker by lateral inhibition / F. Ratliff, B.W. Knight, J.I. Toyoda et al. // Science. — 1967. — Vol. 158 (3799). — P. 392–393.

13. Brundrett G.W. Human sensitivity to flicker // Lighting Res. and Technol. — 1974. — Vol. 6. — P. 127–143.

14. Bowmaker J.K. Visual pigments and oil droplets from six classes of photoreceptor in the retinas of birds / J.K. Bowmaker, L.A. Heath, S.E. Wilkie et al. // Vision Res. — 1997. — Vol. 37. — P. 2183–2194.

15. Osorio D. Colour vision of domestic chicks / D. Osorio, M. Vorobyev, C.D. Jones // J. of Experimental Biol. — 1999. — Vol. 202. — P. 2951–2959.


16. Maier E.J. Spectral sensitivities including the ultraviolet of the passeriform bird *Leiothrix lutea* / E.J. Maier // J. of Comparative Physiol. — 1992. — Vol. 170. — P. 709–714.

17. Bennet A.T.D. Ultraviolet vision and mate choice in zebra finches / A.T.D. Bennet, I.C. Cuthill, J.C. Partridge et al. // Nature. — 1996. — Vol. 380. — P. 433–435.

18. Prescott N.B. Light, vision and the welfare of poultry / N.B. Prescott, C.M. Wathes, J.R. Jarvis // Animal Welfare. — 2003. — Vol. 12. — P. 269–288.

19. Barbur J.L. A comparative study of stimulus-specific pupil responses in the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*) and the human / J.L. Barbur, N.B. Prescott, R.H. Douglas [et al.] // Vision Res. — 2002. — Vol. 42. — P. 249–255.

20. Boshouwers F.M.G. Responses of broiler chickens to high-frequency and low-frequency fluorescent light / F.M.G. Boshouwers, E. Nicaise // British Poult. Sci. — 1992. — Vol. 33. — P. 711–717.

21. Rubene D. Functional differences in avian colour vision: a behavioural test of critical flicker fusion frequency (CFF) for different wavelengths and light intensities. — Uppsala: Uppsala University, 2009. — 21 p. 

Для контактов с авторами:
Гладин Дмитрий Викторович
 e-mail: info@ntp-ts.ru
Кавтарашвили
Алексей Шамилович
 e-mail: alexk@ynitip.ru