

ISSN 2587-666X

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный аграрный университет
имени Н.В. Парахина»

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-70703 от 15 августа 2017 г.



Вестник аграрной науки

№ 1(94) Февраль, 2022

DOI 10.17238/issn2587-666X.2022.1



eLIBRARY.RU



УДК / UDC 631.22:628.9

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ В ПТИЦЕВОДСТВЕ A MODERN LIGHTING CONCEPT IN POULTRY

Гладин Д.В., кандидат сельскохозяйственных наук, технический директор
Gladin D.V., Candidate of Agricultural Sciences, Technical Director
ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП», Череповец, Россия
TECHNOSVET GROUP LLC, Cherepovets, Russia
E-mail: info@ntp-ts.ru

Кавтарашвили А.Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник – заведующий лабораторией технологии производства яиц
Kavtarashvili A.Sh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher – Head of the Egg Production Technology Laboratory

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, Сергиев Посад, Россия

Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Scientific Center "All-Russian Research and Institute of Technology of Poultry Farming" of the Russian Academy of Sciences, Sergiev Posad, Russia
E-mail: alexk@vnitip.ru

Свет является одним из важнейших элементов окружающей среды, оказывающих влияние на жизнеспособность и физиологическое состояние птицы. Он является универсальным синхронизатором большинства биологических ритмов организма и используется в птицеводстве как фактор, регулирующий рост и половое развитие молодняка, продуктивность птицы. Появление светодиодов, как источников света, позволило качественно улучшить принципы и способы освещения в птицеводстве, обеспечить не только повышение энергоэффективности осветительного оборудования, но и существенно улучшить зоотехнические показатели птицы. Опыт эксплуатации систем светодиодного освещения показывает, что сокращение потребления электроэнергии по сравнению с лампами накаливания составляет до 10-12 раз, а с люминесцентными источниками света – 3 раза. Использование пониженного напряжения питания светодиодных светильников (до 50 В) позволяет обеспечить принципиально новый уровень электробезопасности обслуживающего персонала и птицы, дает возможность использовать индивидуальное освещение каждой клетки. Современное управление световым потоком светильников на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) питающего напряжения позволяет эффективно использовать современные режимы прерывистого освещения в птичнике. Исследования, проведенные в ФНЦ «ВНИТИП РАН», позволяют говорить о положительном влиянии использования светодиодных систем освещения на зоотехнические показатели птицы и улучшении условий ее содержания, в том числе за счет управления такими параметрами светового излучения как цветовая температура (длина волны). Накопленные данные и опыт использования светодиодных систем освещения в настоящее время требуют обобщения, систематизации и анализа, а результатом этого процесса станет современная концепция освещения в птицеводстве, как система взглядов, положений и рекомендаций, позволяющая максимально эффективно использовать существующее светодиодное освещение и определить пути его дальнейшего развития.

Ключевые слова: светодиодные источники света, светодиодные системы освещения, световой поток, освещенность, равномерность освещения, цветовая температура, длина волны излучения, надежность и срок службы осветительного оборудования, светотехнический расчет освещенности.

Light is one of the most important environmental elements, which has an impact on the health and physiological state of poultry. It is all purpose synchronizer of the most organism biologic cycles and it is used in poultry keeping as the factor, which regulates poultry productivity, growth and sexual maturation of growing birds. Actually almost all new build construction poultry houses are equipped with LED lighting systems, and in present poultry houses incandescent lamps and fluorescent light sources are substituted for LED lamps as soon as possible. Appearance of LEDs as light sources let improve lighting concepts and methods in poultry keeping in a good quality, provide not only raising of light equipment energy efficiency but also improvement of poultry zootechnical indexes significantly. Operation experience of LED light systems shows that electricity consumption reduces to 10-12 times in comparison with incandescent lamps, and with fluorescent light sources – to 3 times. Usage of lower supply voltage of LED lamps (up to 50 Volt) helps to provide whole new electrical safety level of operating personnel and poultry, gives an opportunity to use individual lighting of each cage. Modern management of lamps luminous flux on the basis of pulse-width modulation of supply voltage provides an opportunity to make the best use of modern regimes of intermittent light in poultry houses. Studies, carried out in Federal Scientific Center “All-Russian Research and Technological Poultry Institute”, make it possible to state about positive effect of LED light systems usage on poultry zootechnical indexes and improvement of poultry keeping conditions, also with the help of control of such light radiation parameters as colour temperature (wavelength). Currently accumulated data and experience of using of LED light systems need generalizing and analysis. This process is resulted in modern conception of lighting in poultry keeping as the system of views, aspects and recommendations, which allows to use present LED lighting to maximum effect and define the way of further development.

Key words: LED light sources, LED light systems, luminous flux, illumination, uniformity of illumination, colour temperature, emission wavelength, reliability and operational life of lighting equipment, lighting technical calculation of illumination.

Основная часть. В настоящее время практически все вновь возводимые птичники оборудуются светодиодными системами освещения, а в существующих при первой возможности заменяются лампы накаливания и люминесцентные источники света на светодиодные светильники [1-3].

Основой такой концепции в настоящее время можно считать выбор и использование в целях увеличения энергоэффективности, надежности и срока службы, улучшения экономических характеристик, безопасности осветительного оборудования и зоотехнических показателей птицы следующих параметров.

1). **Коррелированной цветовой температуры (КЦТ) и длины волны (ДВ) излучения светодиодных источников света.** КЦТ – характеристика излучения широко используемых, в том числе в птицеводстве, светодиодных источников белого света, а ДВ – монохромных светодиодов различного цвета (красного, зеленого, синего и др.). Следует помнить, что свечение белым светом большинство современных светодиодов приобретает с помощью люминофора, нанесенного поверх полупроводникового кристалла, излучение которого лежит в области синего цвета [4,5].

Из-за особенностей светодиодов при производстве они делятся на группы по цветовой температуре, называемые «bin» или «ганк». Как правило, КЦТ выпускаемой партии светодиодов, а значит и светодиодных источников света в птичнике, представляет собой диапазон значений в пределах, например, 2800-3200 К для теплого белого цвета со средним значением 3000 К, 3800-4200 К для нейтрального белого 4000 К и соответственно 4800-5200 К для среднего значения 5000 К холодного белого и может различаться для разных производителей.

Для монохромных светодиодов следует помнить, что их спектр представляет излучение на практически одной ДВ, что принципиально отличает их от цветных люминесцентных источников света, где спектр включает в себя излучение и других видимых ДВ. В этом случае, ощущение определенного цвета достигается использованием люминофоров, преобразующих основную энергию в соответствующую ДВ излучения, преобладающую в общем спектре.

Следует учитывать особенности зрения птицы – их диапазон ДВ видимого излучения шире человеческого, а в его нижней части (синий цвет) и верхней (красный цвет) чувствительность зрения выше [6].

Как показывают исследования, КЦТ светодиодных источников света оказывает существенное влияние на зоотехнические показатели [7]. В общем случае рекомендуется использование теплого белого цвета (3000 К). Однако также следует ориентироваться и на рекомендации производителей кросса птицы.

В настоящее время изучена и подтверждена эффективность использования нескольких значений КЦТ и/или ДВ излучения светодиодных источников света в период содержания птицы, ее изменение происходит совместно с уровнем освещенности и представляет единый механизм влияния на зоотехнические показатели птицы в режиме прерывистого освещения птичника [8].

Компания «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП», обладает технологиями, позволяющими производить системы освещения, в которых источники света по заданной программе изменяют не только световой поток, но и КЦТ (длину волны) излучения.

2). **Уровень освещенности.** Базовое значение освещенности и место, где она должна обеспечиваться, определяется рекомендациями по выращиванию птицы. В тоже время реальное значение освещенности в начале эксплуатации должно учитывать деградацию (потерю светового потока) светодиодов с течением времени, снижение коэффициента светопропускания корпуса светильников, влияние их загрязненности, а также пыли в помещении. Как показывает практика, деградация светодиодов при планируемой эксплуатации в течение 6-7 лет на современном этапе развития светодиодных технологий составит 10-15% от начального значения светового потока. Такой же запас будет нужен для компенсации загрязненности светильников и птичника. Таким образом, общее превышение заданного значения освещенности в птичнике в начале эксплуатации должно составлять 25-30%.

3). **Равномерность освещения.** Обеспечение одинакового уровня освещенности в требуемых местах птичника является важным фактором создания равных условий для всего поголовья птицы и в общем случае зависит от количества используемых источников света, их расположения и геометрических размеров [9]. Важным фактором, влияющим на равномерность освещения, является кривая силы света (КСС) светодиодных светильников, показывающая как распределяется в пространстве их световой поток. Большинство производителей систем светодиодного освещения для птицеводства используют в составе светильников светодиоды SMD (Surface Mount Devices), легко монтируемые на поверхность алюминиевой платы и имеющие КСС с углом половинной яркости равной 120°-140°.

В настоящее время ФНЦ «ВНИТИП» РАН и компания «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» проводят исследование по определению оптимальной КСС светодиодных светильников для клеточного содержания птицы, его целью является улучшение равномерности освещения многоярусных клеточных батарей.

Порядок определения количества и расположения светильников различается для напольного и клеточного содержания птицы. В общем случае, как показывает практика, для обеспечения достаточной равномерности освещения при напольном содержании птицы при высоте подвеса от 2,5 до 3,5 метра на один светодиодный светильник должно приходиться от 10 до 20 м² площади освещаемой поверхности. При этом требуемый уровень освещенности достигается выбором мощности светильника, а, следовательно, значением и его светового потока. На рис. 1 представлены два варианта обеспечения требуемой освещенности различными по мощности светильниками. Справа – для освещения половины птичника

используются 2 линии освещения по 28 светильников мощностью 14 Вт, слева – 3 линии освещения по 37 светильников мощностью 7 Вт. При использовании большего числа менее мощных светильников и 3 линий освещения равномерность освещения значительно лучше. В тоже время, стоимость осветительного оборудования в этом случае выше на 10-15%.

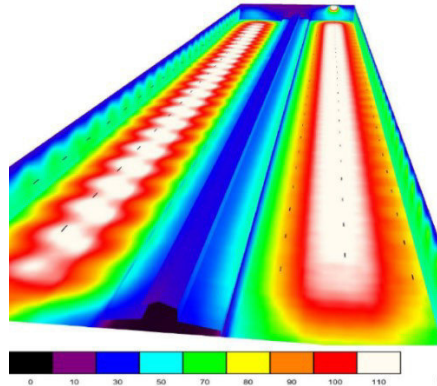


Рисунок 1 – Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания родительского стада с необходимым уровнем освещенности 100 лк и использованием 2 линий по 28 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт в каждой (слева) либо 3 линий освещения по 37 светильников СН375-7-12Т мощностью 7 Вт (справа)

При использовании клеточного оборудования в птичнике размещение светодиодных источников света возможно тремя основными способами [10]:

- традиционный способ размещения светильников в проходах между клеточными батареями;
- локальный способ расположения маломощных светодиодных светильников, при котором в каждой клетке с птицей организуется индивидуальное освещение;
- комбинированный способ, при котором в дополнение к традиционному способу размещения светильников в проходах между батареями, часть клеток (как правило, на нижних ярусах клеточных батарей) оборудуется индивидуальными светодиодными светильниками.

Локальный способ является предпочтительным для обеспечения одинакового светового микроклимата в клетках на разных ярусах, но для его реализации, например, в птичнике размерами 18х96 метров с четырехъярусным клеточным оборудованием для выращивания цыплят-бройлеров и содержания кур-несушек понадобится соответственно свыше 1700 и 5000 светильников.

Сегодня практически каждый комплект клеточного оборудования для выращивания цыплят-бройлеров устанавливается с локальным светодиодным освещением, а клеточное оборудование для содержания кур-несушек с ним практически не используется.

Локальное освещение экономически целесообразно в случаях расположения кормушек и поилок внутри клетки, а также при нахождении внутри клетки только поилок, если в нее сажаются цыплята. При использовании локального светодиодного освещения существенно снижается падеж в начальный период выращивания птицы, она быстрее набирает живую массу и меньше подвержена стрессу.

Расположение светильников при традиционном способе размещения светильников выше человеческого роста и в удалении от металлических частей клеточного оборудования позволяет обеспечивать безопасность при использовании источников света с потенциально опасным напряжением промышленной сети 220 В, особенно в период мойки и санитарной обработки в птичниках.

Существующие нормативы предписывают расположение светильников на расстоянии 2,5-3,5 метра друг от друга. При этом равномерность освещения находится на недопустимо низком уровне, а увеличение количества светильников с целью ее повышения приводит к экономически невыгодному расходу электроэнергии при использовании ламп накаливания и невозможности создания требуемых низких уровней освещенности из-за отсутствия надежного управления световым потоком компактных люминесцентных ламп.

В случае клеточного содержания промышленного стада яичных кур нормативные уровни освещенности находятся в пределах 10 лк, что позволяет использовать светодиодные источники света мощностью от 2 Вт при традиционном способе расположения светильников в проходе между клеточными батареями, расстояние между светильниками сокращается до 1,5 метров для существенного улучшения равномерности освещения (рис. 2).

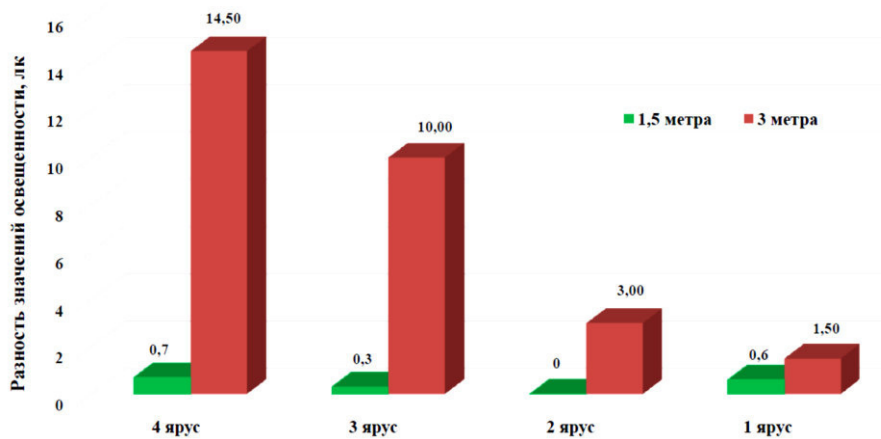


Рисунок 2 – Разность значений освещенности под светильником и между светодиодными светильниками на высоте 3 м от пола по ярусам клеточных батарей птичника для содержания кур-несушек, расстоянии между светильниками 1,5 и 3 метра и средней освещенности 10 лк

Особенностью организации освещения для ремонтного молодняка в клеточных батареях является необходимость создания заданной освещенности 40-60 лк не только на кормовом фронте, но и внутри каждой клетки, особенно на поилках. Для обеспечения требуемого светового микроклимата цыплятам, как показывает практика, уже начиная с четырехъярусной клетки и более, при традиционном способе расположения светодиодных светильников в одну линию недостаточно. В таких случаях освещенность внутри клетки и на поилках с четвертого яруса сверху и ниже не соответствует нормам и ведет к значительному ухудшению равномерности освещения по ярусам. Улучшение равномерности освещения в этом случае можно обеспечить либо опусканием светильников на монтажной цепи, как показано выше, до середины высоты клеточной батареи, либо организацией локального освещения на нижних ярусах. В этом случае способ организации освещения является комбинированным – общее освещение организуется традиционным способом в проходах между батареями, а нижние яруса, либо те, в которые изначально сажаются цыплята, дополнительно оборудуются локальным освещением. При этом светильники могут располагаться в верхней части клетки на краю со стороны прохода между клеточными батареями, как на птицефабрике «КИНЕШЕМСКАЯ» Ивановской области (рис. 3 слева).

Снизить стоимость осветительного оборудования можно использованием одного светильника на две клетки (рис. 3 справа).



Рисунок 3 – Комбинированный способ освещения клеточного оборудования для содержания ремонтного молодняка, при котором светильники локального освещения расположены на краю клетки со стороны прохода между батареями (слева) и между двумя клеточными отсеками

4). *Управление световым потоком светодиодных светильников и реализация современных алгоритмов прерывистого освещения в птичнике.*

Управлять световым потоком светодиодных светильников, а значит и освещенностью в помещении, где они установлены, можно двумя основными способами:

- изменением непосредственно рабочего напряжения и тока светодиода в соответствии с управляющим воздействием с заданной градацией;
- использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) рабочего напряжения и тока питания светодиода.

В настоящее время основным способом управления освещенностью в птичниках является ШИМ питающего напряжения светодиодных светильников, использование которой позволяет существенно повысить эффективность, надежность, снизить себестоимость организации управления светодиодным освещением, а также повысить электробезопасность эксплуатации и обслуживания осветительного оборудования за счет использования низкого до 50 В напряжения питания светильников. В настоящее время ШИМ используется в светодиодных системах освещения на более чем 90% птицеводческих предприятиях России и ближнего зарубежья.

5). *Пульсация освещенности в птичнике.* Условием эффективного управления световым потоком и другими характеристиками светодиодных источников света является использование ШИМ их питающего напряжения, для которой характерен максимальный коэффициент пульсации (мерцания) освещенности 100% и частота изменения от нескольких сотен Гц до нескольких кГц. Для выходящих из обращения, но все еще используемых в птичниках лампах накаливания и люминесцентных источников света, пульсации светового потока достигают значения коэффициента пульсации 50% с частотой от 100 Гц до нескольких сотен кГц. В птичниках, где используются эти источники света, курица и человек, обслуживающий оборудование и обеспечивающий ее жизнедеятельность, находятся в одинаковом световом микроклимате. Поэтому влияние характеристик освещения, в том числе и пульсации освещенности, на птицеводческих предприятиях необходимо рассматривать не только с точки зрения зоотехнических показателей птицы, но и сотрудников, проводящих большое количество времени внутри птичника.

Анализ показывает, что воздействие пульсации освещенности на птицу в условиях искусственного освещения птичников носит разноплановый характер и может влиять на ее зоотехнические показатели [11]. Домашняя курица довольно часто выступает как экспериментальный организм в различных биомедицинских, физиологических и поведенческих опытах, а ее зрительная система достаточно изучена. Исследования в целях определения пороговых значений параметров

пульсации освещенности для птицы основываются на анализе поведенческой реакции цыплят и взрослых особей, и дают возможность сравнивать результаты с реакцией человека на аналогичное воздействие. Развитие современных систем светодиодного освещения в птицеводстве позволяет производить их с параметрами, снижающими до безопасного уровня негативное влияние пульсации освещенности на зоотехнические показатели птицы.

Исследования, проведенные в ФНЦ «ВНИТИП» РАН с компанией «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» показали, что влияние на зоотехнические показатели птицы отсутствуют при использовании ШИМ для управления световым потоком светодиодных светильников с частотой изменения рабочего напряжения более 488 Гц.

6). **Безопасность и равномерность освещения в птичнике при низковольтном питании светодиодных светильников.** Использование светодиодных светильников с питанием от источников постоянного напряжения номиналом до 50 В в отличие от ламп накаливания и люминесцентных светильников, требующих питания от сети переменного напряжения 220 В, позволяет обеспечить высокий уровень электробезопасности при эксплуатации и, особенно, при обслуживании и мойке оборудования в птичниках. Кроме того, впервые дало возможность организовать индивидуальное освещение каждой клетки с птицей, обеспечив одинаковый световой микроклимат для всего поголовья, что существенно повышает зоотехнические показатели.

Однако снижение напряжения питания приводит к пропорциональному возрастанию рабочего тока в линиях электропитания светодиодных светильников и увеличению потерь электроэнергии [12, 13]. Показателем этого являются потери напряжения в системе электроснабжения, в нашем случае выраженные в различии напряжения на светильниках по линии электропитания от одного источника, в зависимости от расстояния до него. Так как световой поток светодиодов зависит от проходящего через них тока, а он, в свою очередь, имеет нелинейную зависимость от напряжения на входе светильника, то в птичниках, длина которых составляет, как правило, несколько десятков, а то и сотен метров, освещенность может отличаться в несколько раз. Все это крайне негативно сказывается на зоотехнических показателях, так как световой микроклимат для птицы совершенно отличается в разных местах птичника или в клетках.

Использование стабилизаторов тока в каждом низковольтном светодиодном светильнике, электрических кабелей сечением медных жил до 2,5 мм² включительно, позволяет обеспечить равномерность освещения при высоком классе электробезопасности в птичниках длиной до 120 метров с расположением оборудования электропитания вне помещений с птицей. Кроме того, в настоящее время существуют современные технические решения, позволяющие сохранять равномерность освещения и при больших размерах корпусов с птицей.

Линейный стабилизатор тока в светодиодных светильниках рабочим напряжением 48 В позволяет использовать в птичниках относительно небольших размеров (длиной до 96 метров) кабель с меньшим сечением жил, что существенно снижает стоимость систем светодиодного освещения. Спектр излучения светодиодов в определенной степени зависит от режима их работы и стабилизация тока в каждом светильнике позволяет сохранить одинаковые оптические характеристики всех источников света в птичнике. Следует также отметить, что стабилизатор тока в светодиодных модулях выполняет в определенных пределах и функции защиты светодиодов от превышения напряжения и перегрева.

7). **Надежность и срок службы осветительного оборудования.** Как показывает опыт, безотказная работа осветительного оборудования в птичниках во многом зависит от надежности мест соединения и подключения электрооборудования. Герметичность светильников и блоков сопряжения, где

находятся блоки питания и управление освещением, должна быть не ниже IP-65 по ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013). При этом необходимо учитывать, что класс защиты оболочками начиная с IP-67 предполагает погружение изделия в воду, не обязывая производителя обеспечивать герметичность при воздействии струй воды, что и происходит при мойке. Коммутационные коробки рекомендуется использовать с классом IP не менее 56 с герметичными вводами для кабеля (без использования сальников). Кабельно-проводниковая продукция должна соответствовать требованиям ГОСТ (не ТУ) и иметь соответствующий сертификат. Все соединения в шкафах и блоках управления и питания выполняются на основе стационарно установленных клеммных зажимов с подпружиненными контактами, на входах и выходах всех блоков питания должны быть предусмотрены автоматические выключатели с отключением по току. Внутренняя коммутация оборудования в шкафах должна быть выполнена по ГОСТ с использованием кабель-каналов для проводов. Для коммутации проводов в коммутационных коробках использовать клеммы WAGO или их аналоги.

Заключение. Таким образом, формирование современной концепции использования светодиодов в качестве источников света в системах освещения для птицеводства уже сейчас позволяет поднять на новый уровень эффективность систем освещения и имеет потенциал дальнейшего развития.

Энергоэффективность светодиодов уже в следующем году может возрасти на 20-30%, а модификации корпусов светодиодов позволяют создавать светильники разной мощности и формы для обеспечения оптимального светового поля в птичнике, что обеспечит, в том числе, и увеличение энергосбережения.

Развитие технологий управления световым потоком светодиодов позволяет не только эффективно управлять таким параметром как уровень освещенности, но и использовать в программах освещения для повышения эффективности изменение спектра (цветовой температуры) излучения на различных этапах развития птицы.

Современное развитие светодиодных технологий позволяет существенно улучшить качество освещения, исключив негативное воздействие пульсаций освещенности, характерной для ламп накаливания и люминесцентных ламп за счет достижения безопасных уровней частоты и коэффициента пульсаций.

Отсутствие в спектре ультрафиолетового и инфракрасного излучения делает светодиодные источники света более безопасными. Кроме того, появление новых технологий люминофоров и кристаллов светодиодов позволяет максимально приблизить их спектр к естественному солнечному, что положительно отражается на зоотехнических показателях птицы.

Использование современных оптико-волоконных технологий для светодиодного освещения клеточного оборудования позволяет уже сейчас обеспечить равномерное освещение в каждой клетке, создать одинаковый световой микроклимат для птицы.

Малое напряжение питания и небольшое энергопотребление светодиодов позволяет достаточно легко создавать системы автономного освещения с источниками возобновляемой энергии (солнечными батареями, ветро- и водогенераторами и т.п.). При этом срок окупаемости таких систем стремительно уменьшается с каждым годом за счет повышения эффективности ее составляющих и внедрения новых технологий.

Светодиодные источники света, которые революционным образом изменили технологии освещения в птицеводстве, придя на смену лампам накаливания и люминесцентным лампам, имеют большой потенциал развития в будущем, что, несомненно, позволит увеличить эффективность птицеводства в ближайшие годы. Уже сейчас более 70 % птицеводческих предприятий России используют светодиодное освещение, и их число неуклонно растет.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Фисинин В.И. Неиспользуемые резервы и экономика предприятий // Животноводство России. 2003. № 6. С. 2-4.
2. Давыдов В.М., Мальцев А.Б., Спиридонов И.П. Ресурсосберегающие технологии производства птицеводческой продукции. Омск, 2004. 352 с.
3. Пигарев Н.В. Задачи совершенствования светового режима для кур в системе энергосберегающей технологии производства птицепродуктов // Пути ускорения интенсификации и разработка энергосберегающих технологий производства яиц и мяса птицы: тез. докл. науч. конф. Горки: БСХА, 1988. С. 52-57.
4. Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behavior, physiology and welfare of poultry / R. Parvin, M.M.H. Mushtaq, M.J. Kim, H.C. Choi // World's Poultry Sci. J. 2014. Vol. 70(3). P. 557-562.
5. Lewis P.D., Morris T.R. Poultry and coloured light // World's Poultry Sci. J. 2000. Vol. 56. P. 189-207.
6. Prescott N.B., Wathes C.M. Spectral sensitivity of the domestic fowl // Brit. Poultry Sci. 1999. Vol. 40. P. 332-339.
7. Продуктивность кур при светодиодном освещении с изменяемой цветовой температурой / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, В.А. Гусев, Д.В. Гладин // Птицеводство. 2017. № 3. С. 27-29.
8. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 320 с.
9. Гладин Д.В., Кавтарашвили А.Ш. Алгоритм организации светодиодного освещения при содержании птицы на полу // Птицеводство. 2020. № 9. С. 48-52.
10. Гладин Д.В., Суровегин С.В., Кавтарашвили А.Ш. Организация светодиодного освещения при клеточном содержании птицы // Птица и птицепродукты. 2020. № 6. С. 35-38.
11. Ошурков И.С. Обоснованный подход к нормативам пульсаций светодиодного освещения // Современная электроника. 2013. № 4 С. 68-71.
12. Справочная книга по светотехнике / Под Ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса 4-е изд. Перераб. и доп. М., 2019. 892 с.
13. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 496 с.

REFERENCES

1. Fisinin V.I. Neispolzuemye rezervy i ekonomika predpriyatiy // Zhivotnovodstvo Rossii. 2003. № 6. S. 2-4.
2. Davydov V.M., Maltsev A.B., Spiridonov I.P. Resursosberegayushchie tekhnologii proizvodstva ptitsevodcheskoy produktsii. Omsk, 2004. 352 s.
3. Pigarev N.V. Zadachi sovershenstvovaniya svetovogo rezhima dlya kur v sisteme energosberegayushchey tekhnologii proizvodstva ptitseproduktov // Puti uskoreniya intensivatsii i razrabotka energosberegayushchikh tekhnologiy proizvodstva yaits i myasa ptitsy: tez. dokl. nauch. konf. Gorki: BSKhA, 1988. S. 52-57.
4. Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behavior, physiology and welfare of poultry / R. Parvin, M.M.H. Mushtaq, M.J. Kim, H.C. Choi // World's Poultry Sci. J. 2014. Vol. 70(3). P. 557-562.
5. Lewis P.D., Morris T.R. Poultry and coloured light // World's Poultry Sci. J. 2000. Vol. 56. P. 189-207.
6. Prescott N.B., Wathes C.M. Spectral sensitivity of the domestic fowl // Brit. Poultry Sci. 1999. Vol. 40. P. 332-339.
7. Produktivnost kur pri svetodiodnom osveshchenii s izmenyaemoy tsvetovoy temperaturoy / A.Sh. Kavtarashvili, Ye.N. Novotorov, V.A. Gusev, D.V. Gladin // Ptitsevodstvo. 2017. № 3. S. 27-29.
8. Aleshkevich V.A. Kurs obshchey fiziki. Optika. M.: FIZMATLIT, 2010. 320 s.
9. Gladin D.V., Kavtarashvili A.Sh. Algoritm organizatsii svetodiodnogo osveshcheniya pri sodержanii ptitsy na polu // Ptitsevodstvo. 2020. № 9. S. 48-52.
10. Gladin D.V., Surovegin S.V., Kavtarashvili A.Sh. Organizatsiya svetodiodnogo osveshcheniya pri kletochnom sodержanii ptitsy // Ptitsa i ptitseprodukty. 2020. № 6. S. 35-38.
11. Oshurkov I.S. Obosnovanny podkhod k normativam pulsatsiy svetodiodnogo osveshcheniya // Sovremennaya elektronika. 2013. № 4 S. 68-71.
12. Spravochnaya kniga po svetotekhnike / Pod Red. Yu.B. Ayzenberga, G.V. Boosa 4-e izd. Pererab. i dop. M., 2019. 892 s.
13. Shubert F. Svetodiody / Per. s angl. pod red. A.E. Yunovicha. 2-e izd. M.: FIZMATLIT, 2008. 496 s.