Обзорная статья

УДК 636.52/.58:636.083.312.5

Основные способы повышения равномерности освещения при содержании птицы в многоярусных клеточных батареях

Дмитрий Викторович Гладин[1], Алексей Шамилович Кавтарашвили[2]

[1]ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП»; [2]ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук (ФНЦ «ВНИТИП» РАН)

Аннотация: *Изучены особенности организации светодиодного освещения в птичниках с клеточным содержанием птицы. Рассмотрены способы повышения равномерности освещения промышленного стада яичных кур, цыплят-бройлеров, ремонтного молодняка и родительского стада, при их содержании в многоярусных клеточных батареях и расположении светодиодных светильников в проходах между ними.*

Ключевые слова: *светодиодные светильники, птичники, многоярусное клеточное оборудование, равномерность освещения, расстояние между светильниками, кривая силы света, вторичная оптика светильников, индивидуальные и линейные линзы.*

Для цитирования: *Гладин, Д.В. Основные способы повышения равномерности освещения при содержании птицы в многоярусных клеточных батареях / Д.В. Гладин, А.Ш. Кавтарашвили // Птицеводство. – 2022. – №7-8. – С. 44-51.*

doi: 10.33845/0033-3239-2022-71-7-8-44-51

Основными преимуществами содержания птицы в многоярусных клеточных батареях является существенное увеличение поголовья в птичнике и возможность обеспечить высокую степень механизации и автоматизации технологических процессов, что положительно сказывается на зоотехнических показателях птицы и производительности труда [1,2]. Использование изолированных от внешней среды закрытых птичников позволяет создавать для птицы оптимальный микроклимат, характеризуемый заданными значениями температуры, влажности, воздухообмена и содержания вредных веществ в воздухе, а также рациональным режимом освещения [3].

Технологии с использованием твердотельных источников света – светодиодов (СД) в составе современного осветительного оборудования активно применяются относительно недавно [4]. Однако за эти два с небольшим десятилетия индустрия современного энергоэффективного светодиодного освещения заполнила практически все ниши возможного применения в сфере жизнедеятельности человека.

Вполне закономерно, что и в птицеводстве СД нашли применение, которое, как показывают исследования, позволяет не только существенно сократить потребление электроэнергии на освещение птичника, но и значительно повысить зоотехнические показатели птицы за счет улучшения его характеристик освещения [5].

По некоторым данным, еще относительно недавно на освещение расходовалось до 50% потребляемой птичником электроэнергии. Так, при использовании ламп накаливания (ЛН) на создание требуемого уровня освещенности приходилось 45-48% всех затрат электроэнергии, что в промышленных условиях содержания кур-несушек составляло 70-100 тыс. кВт▪ч в год [6].

СД-освещение, как показывает опыт эксплуатации осветительного оборудования компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» на птицеводческих предприятиях, позволило сократить энергопотребление на освещение в 10-15 раз по сравнению с ЛН и в 2-3 раза – по сравнению с люминесцентными источниками света (ЛЛ), а экономический эффект в течение последних нескольких лет составил более 0,4 млрд. рублей в год [7].

Как показывает практика и исследования, проводимые в ФНЦ «ВНИТИП» РАН, не менее важной характеристикой освещения в птичнике является его равномерность. Создание одинаковой освещенности для всего поголовья является необходимым для схожести условий содержания птицы и, в конечном итоге, достижения высоких зоотехнических показателей [8].

Клеточное содержание птицы отличается от напольного и значительно усложняет задачу обеспечения равномерности освещения. Основной причиной является необходимость практически для каждого варианта «количество ярусов – ширина прохода между батареями» использовать источники света с разным световым потоком и характеристиками кривой силы света (КСС).

Однако существуют способы, позволяющие существенно улучшить равномерность освещения для всего поголовья птицы на разных ярусах при клеточном содержании:

- использование локального (индивидуального) освещения каждой или нескольких клеток с птицей;
- увеличение количества светильников и сокращение расстояния между ними при их расположении традиционным способом в проходах между клеточными батареями;
- использование СД с различной КСС или их расположения под различным углом по отношению к нормали горизонтальной плоскости светодиодных светильников (СД) и формирование на их основе общей КСС источника света, позволяющей компенсировать силой света в определенных направлениях различия в расстоянии до разных ярусов клеточных батарей;
- использование современных линейных линз в качестве вторичной оптики СД с КСС, позволяющей компенсировать силой света в определенных направлениях различия в расстоянии до разных ярусов клеточных батарей.

Локальное СД-освещение, при котором впервые в промышленных масштабах стало возможным в каждой клетке создавать схожие условия освещенности за счет одинакового расположения источников света в каждой из них, является наиболее эффективным способом улучшения равномерности освещения и положительно влияет на зоотехнические показатели птицы [9,10]. При этом энергопотребление в птичнике остается относительно небольшим благодаря использованию СД-светильников мощностью от 0,5 до 1,5 Вт и составляет не более 2 Вт/м² полезной площади помещения для содержания птицы. Однако первоначальные затраты на приобретение и монтаж систем локального СД-освещения существенно выше из-за большого количества маломощных СД-источников света, которых для птичника размерами 18х96 метров может потребоваться более 6 тыс. шт. при содержании промышленного стада яичных кур в многоярусных клеточных батареях.

В этом случае более предпочтительным является размещение светильников традиционным способом в проходах между клеточными батареями. В качестве примера, на рис. 1 представлено размещение источников света в проходах между клеточными 4-ярусными батареями UV 600 (Big Dutchman) для содержания промышленного стада яичных кур. Высота их подвеса на 250 мм выше верхнего края клеточной батареи (2,8 м от пола) и выбрана исходя из опыта оборудования СД-освещением подобных птичников. При содержании взрослой птицы принято обеспечивать нормированную освещенность на уровне кормушек. В общем случае, освещенность E определяется силой света I_n в соответствующем направлении с углом β_n и кратчайшим расстоянием R_n от источника света до освещаемой поверхности по формуле (1):

$$E = \frac{I \times \cos\beta}{R^2} \quad (1)$$

Уровень освещенности на уровне кормушек 4 ярусов левой и правой клеточных батарей, обращенных к источнику света, расположенному посередине прохода (рис. 1), можно определить по формулам (2-5):

$$E_{1я} = \frac{I_1}{R1^2} = \frac{I \times \cos\beta 1}{R1^2} \quad (2)$$

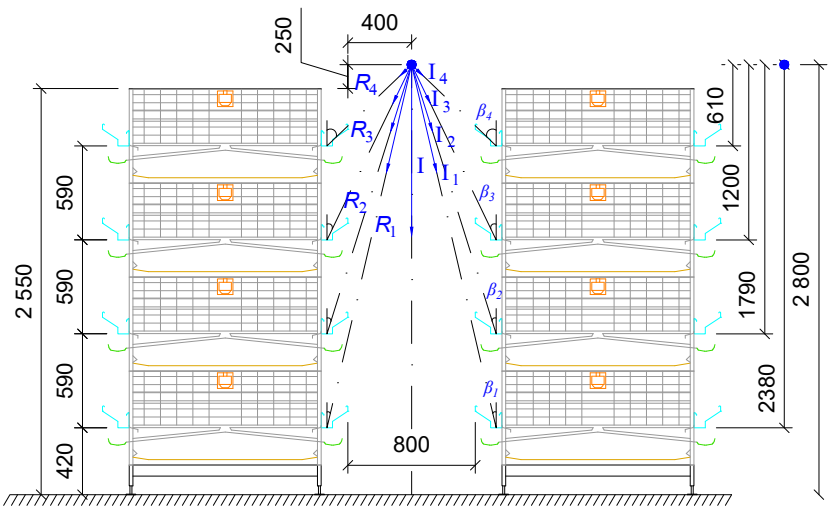

Рисунок 1. Размещение источников света традиционным способом в проходах между клеточными батареями UV 600 фирмы Big Dutchman для содержания промышленного стада яичных кур

$$E_{2я} = \frac{I_2}{R2^2} = \frac{I \times \cos\beta 2}{R2^2} \quad (3)$$

$$E_{3я} = \frac{I_3}{R3^2} = \frac{I \times \cos\beta 3}{R3^2} \quad (4)$$

$$E_{4я} = \frac{I_4}{R4^2} = \frac{I \times \cos\beta 4}{R4^2} \quad (5)$$

Принимая, что *E* должна быть одинакова на уровне кормушек всех 4 ярусов по условию равномерности, а числитель, определяющий силу света в заданном направлении, должен «компенсировать» изменение расстояния в квадрате, можно рассчитать необходимое для равномерности освещения соотношение силы света в направлении каждого из ярусов:

$$I_4 : I_3 : I_2 : I_1 = 1 : 2{,}6 : 5{,}3 : 9{,}1 \quad (6)$$

Сила света в направлении нижнего яруса по сравнению с верхним должна быть в 9 раз больше, на основании чего можно сделать вывод, что КСС источника света должна быть концентрированной, согласно градации представленной в табл. 1 и на рис. 2 [11,12].

На практике при наличии других источников света, расположенных вдоль клеточных батарей на одной линии, в указанных на рис. 1 точках будет наблюдаться суперпозиция силы света и от соседних светильников, но из-за большего расстояния – в меньших значениях. При этом можно показать, что в плоскости, перпендикулярной изображенной на рисунке, вдоль клеточных батарей КСС источников света должна быть также узконаправленной, но с другими характеристиками, так как расстояние между светильниками в общем случае отличается от длины промежутка между клеточными батареями.

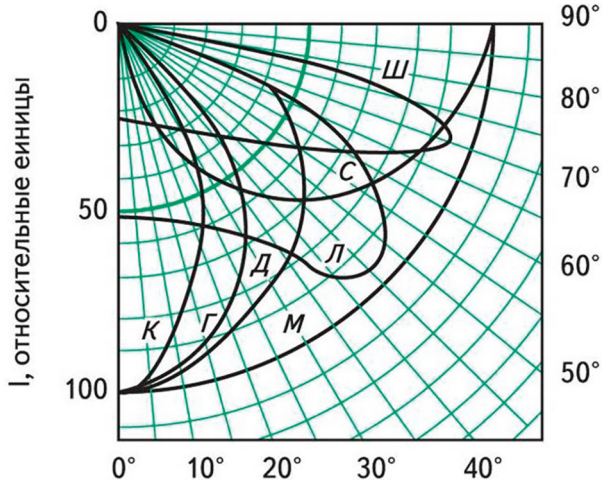

Рисунок 2. Типы КСС светильников

До недавнего времени при использовании традиционных источников света – ЛН и ЛЛ, ввиду относительно большой мощности каждого источника, расстояние между светильниками, согласно рекомендациям, составляло 2,5-3,5 м. При этом общее энергопотребление осветительного оборудования, например на ЛН в птичнике 18х96 м по 30 шт. в каждом проходе между 6 клеточными батареями в 4 яруса для содержания птицы составляло 12,6 кВт/ч. На рис. 3 представлен светотехнический расчет освещенности при размещении ЛН мощностью 60 Вт традиционным способом в проходах между клеточными батареями UV 600 фирмы Big Dutchman для содержания промышленного стада яичных кур в программе DIALux EVO, а на рис. 4 – КСС ЛН мощностью 60 Вт без плафона. Они расположены на расстоянии 3 м друг от друга на высоте 2,8 м и работают с максимально возможным световым потоком. На рис. 3 внизу представлена градация уровня освещенности, представленная различным цветом. Так как КСС ЛН

Таблица 1. Типы КСС светильников

Обозначение типа КСС	Наименование типа КСС в верхней и нижней полусферах	Значения коэффициентов формы КСС	Зона возможных направлений максимальной силы света, град.	Приближенное математическое выражение КСС
К	Концентрированная	$K_ф \geq 3$	0-15	$I_Y = I_0 \cos mY$
Г	Глубокая	$2 \leq K_ф < 3$	0-30, 180-150	
Д	Косинусная	$1{,}3 \leq K_ф < 2$	0-35, 180-145	$I_Y = I_0 \cos Y$
Л	Полуширокая	$1{,}3 \leq K_ф$	35-55, 145-125	$I_Y = I_0 \left[\frac{\cos Y}{\cos(Ø \sin C_Y)} \right]$
Ш	Широкая	$1{,}3 \leq K_ф$	55-85, 125-95	
М	Равномерная	$K_ф \leq 1{,}3$ при этом $I_{min} > 0{,}7\, I_{max}$	0-90, 180-90	$I_Y = I_0$
С	Синусная	$K_ф < 1{,}3$ при этом $I_{min} > 0{,}7\, I_{max}$	70-90, 110-90	$I_Y = I_0 \sin Y$

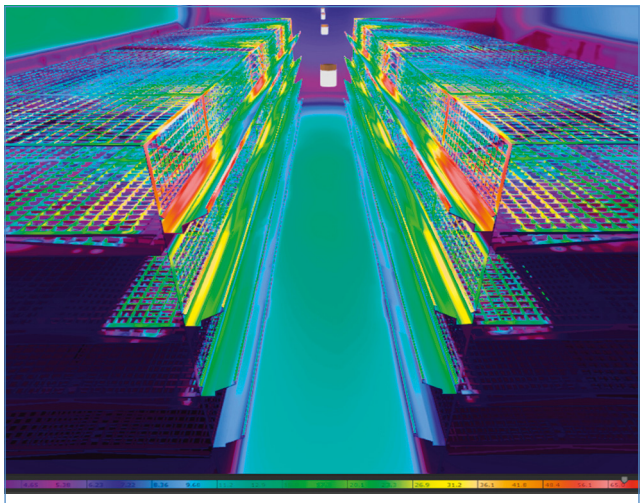

Рисунок 3. Светотехнический расчет освещенности при размещении ЛН мощностью 60 Вт традиционным способом на расстоянии 3 м друг от друга в проходах между клеточными батареями UV 600 фирмы Big Dutchman для содержания кур-несушек

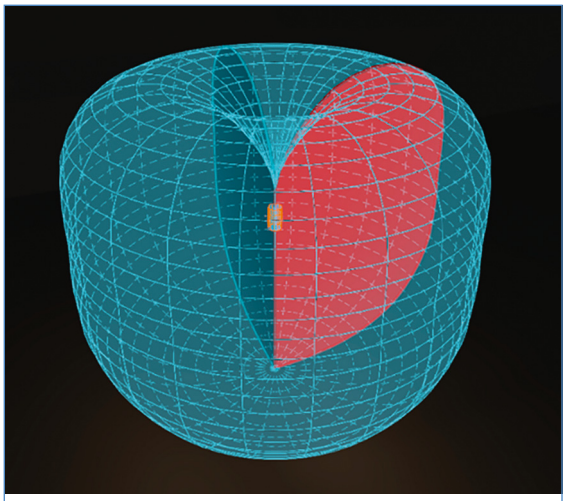

Рисунок 4. КСС лампы накаливания

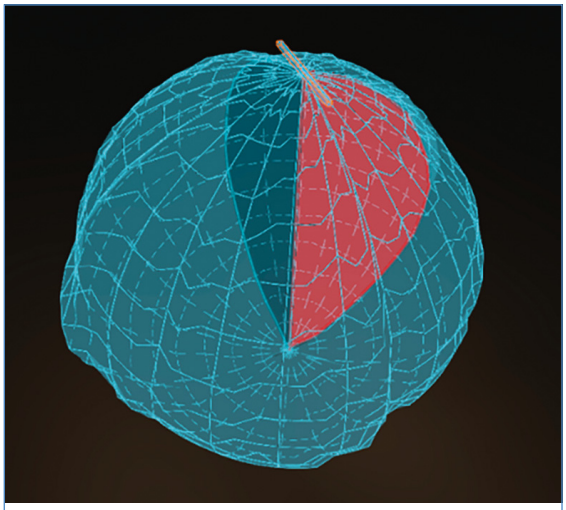

Рисунок 5. КСС светодиодного светильника

имеют равномерную (М) КСС, наблюдается неравномерность освещенности по вертикальным ярусам, а также вдоль некоторых из них. Например, максимальная освещенность (E_{max}) 65 лк наблюдается под ЛН на верхнем ярусе, а минимальная (E_{min}) около 8 лк – на нижнем. Кроме того, вдоль кормового желоба на разных ярусах наибольшая неравномерность освещения – на четвертом ярусе в точках под источниками света и посередине между ними: 65 лк и 20 лк соответственно.

Максимальные значения коэффициентов неравномерности между ярусами и по ярусам можно рассчитать по формулам:

$$K_{\text{нл } 1-4\text{я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{65}{8} = 8{,}1 \qquad (7)$$

$$K_{\text{нл } 4\text{я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{65}{20} = 3{,}25 \qquad (8)$$

В настоящее время подавляющее большинство СД, предназначенных для SMD-монтажа (surface mounted device) на печатные платы, имеют косинусную (Д) КСС (рис. 5), что также гораздо шире концентрированной.

При прямой замене ЛН на СД-светильники мощностью 1 Вт с сохранением расстояния между ними 3 м равномерность становится ощутимо хуже (рис. 6):

$$K_{\text{нсз } 1-4\text{я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{30}{3} = 10 \qquad (9)$$

$$K_{\text{нсз } 4\text{я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{30}{2} = 15 \qquad (10)$$

Однако общая мощность осветительного оборудования при использовании СД уменьшилась в 60 раз, а максимальная освещенность – только в 2 раза, и ее вполне достаточно для содержания кур-несушек. Таким образом, с точки зрения энергоэффективности гораздо предпочтительнее СД, а относительно небольшая в настоящее время себестоимость СД -светильников позволяет для улучшения равномерности увеличить их количество в два раза и сократить расстояние между ними до 1,5 м. На рис. 7 представлен светотехнический расчет освещенности по такой схеме, где увеличивается освещенность нижнего яруса и между светильниками на верхнем ярусе, что существенно снижает коэффициенты неравномерности освещения:

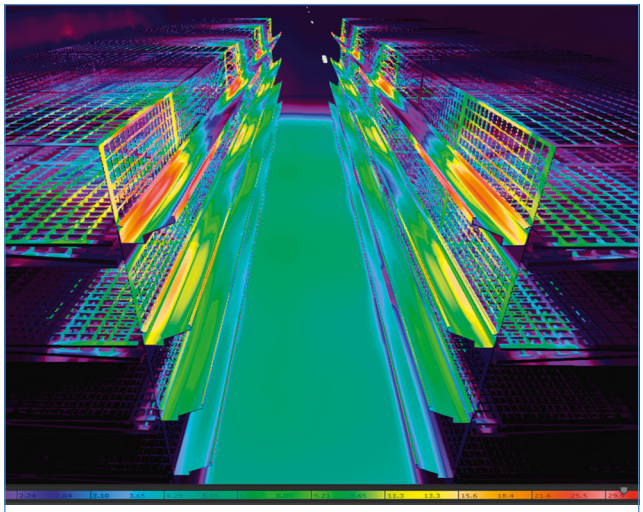

Рисунок 6. Светотехнический расчет освещенности при размещении светодиодных светильников мощностью 1 Вт традиционным способом на расстоянии 3 м друг от друга в проходах между клеточными батареями UV 600 фирмы Big Dutchman для содержания кур-несушек

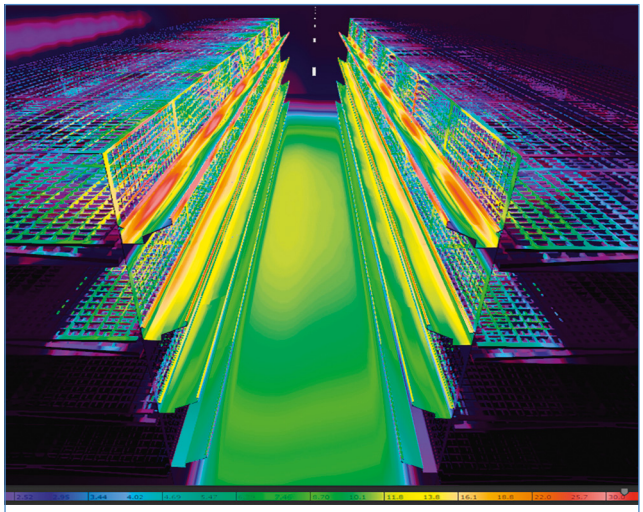

Рисунок 7. Светотехнический расчет освещенности при размещении светодиодных светильников мощностью 1 Вт традиционным способом на расстоянии 1,5 м друг от друга в проходах между клеточными батареями UV 600 фирмы Big Dutchman для содержания кур-несушек

$$K_{\text{нс1,5 1–4я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{30}{9} = 3{,}3 \qquad (11)$$

$$K_{\text{нс1,5 4я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{30}{18} = 1{,}7 \qquad (12)$$

Кроме того, практически равномерной становится освещенность на 1-3 ярусах, хотя и с различиями между ними. На основании этого можно сделать вывод, что, как показано в работе [13], увеличивая высоту подвеса светильников можно добиться высокой равномерности и на 4 ярусе. Однако необходимо учитывать практические ограничения по высоте зданий птичников и вполне понятное желание птицеводческих хозяйств максимально эффективно использовать объем помещений для птицы. В результате далеко не всегда появляется возможность поднять светильники на нужную высоту, что мотивирует к поиску других способов дальнейшего улучшения равномерности, как по ярусам, так и между ними.

Предложенные способы [14], связанные с расположением SMD-светодиодов под разными углами к нормали светильника, могут давать определенный эффект при напольном содержании птицы. В нашем случае, как уже показано выше, необходима концентрированная КСС, в которой наибольшие значения силы света будут в направлениях с малыми углами к нормали светильника на середину прохода между батареями, а создать светодиодами с косинусной КСС общую концентрированную без применения специальной оптики проблематично. СД с отличной от косинусной КСС в настоящее время практически не производятся, а использование индивидуальных линз для каждого светодиода усложняет конструкцию светильника по причине необходимости наличия, помимо них, стекла или другого светопрозрачного материала для обеспечения герметичности светильников. Стоимость такого светильника существенно возрастает, он теряет универсальность, так как оптика на светодиодах будет рассчитана под определенную высоту подвеса и ширину проходами между клеточными батареями. Замена линз во всех светильниках птичника – довольно трудоемкая задача, требующая много времени, так как в светильнике должно быть не менее 10-13 светодиодов для организации схемы питания на 48 В и снижения контрастности тени от конструкций клетки и самой птицы.

Предложения [15], связанные с выбором СД необходимой КСС под определенное количество ярусов клеточных батарей и ширину прохода между ними посредством электрической схемы управления в каждом светильнике, также имеют ряд недостатков. В первую очередь, это существенное увеличение их стоимости из-за необходимости включения в состав всех СД, задействованных для реализации любого из вариантов высоты подвеса и ширины прохода между клеточными батареями, а также элементов управления. Кроме того, с большой вероятностью СД-светильники весь срок эксплуатации будут находиться в птичнике с одним и тем же клеточным оборудованием, так как его срок службы сравним с современным СД-оборудованием. Следовательно, удорожание светильника будет из-

Рисунок 8. Линейная линза для светодиодного модуля в составе светильника

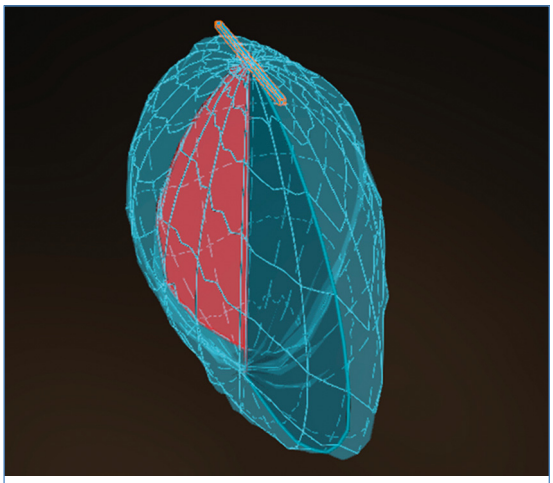

Рисунок 9. КСС светодиодного светильника с линзой DK-286X20-60X110-LENS-XT-H7

быточным, а дополнительные затраты в этом случае должны быть минимизированы. В настоящее время существуют технологии производства линейных линз (ЛЛН), когда на весь светодиодный модуль, включающий до несколько десятков СД, накладывается светопрозрачный материал геометрической формы, обеспечивающей необходимую КСС. Например, ЛЛН с различной КСС компании Ledlink, один из вариантов которых представлен на рис. 8.

ЛЛН крепится на алюминиевую часть корпуса и может обеспечить герметичность светильника, а специальные конструктивные элементы позволяют производить ее замену в случае необходимости. Стоимость ЛЛН на 40-50% больше обычного стекла из поликарбоната или полиметилметакрилата, что в масштабе общей себестоимости светильника составляет 10-15%. Для примера на рис. 10 представлен светотехнический расчет при использовании светильника с линейной линзой DK-286X20-60X110-LENS-XT-H7 компании DARKOO, КСС которой с углами половинной яркости 60x110° представлена на рис. 9.

Как видно из рис. 10, увеличивалась освещенность нижнего яруса и между светильниками на верхнем ярусе, что снижает коэффициенты неравномерности освещения:

$$K_{\text{нслл1,5 1–4я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{18}{9} = 2 \qquad (13)$$

$$K_{\text{нслл1,5 4я}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \frac{18}{13} = 1{,}4 \qquad (14)$$

Таким образом, СД-освещение позволило существенно улучшить равномерность освещения многоярусных клеточных батарей. Сокращение расстояния с 3 м между ЛН до 1,5 м между СД-светильниками для 4-ярусной клетки UV 600 фирмы Big Dutchman снизило максимальные коэффициенты неравномерности освещения между ярусами 2,5 раза, а внутри ярусов – в 2 раза. Использование линейной линзы DK-286X20-60X110-LENS-XT-H7 позволило дополнительно снизить коэффи-

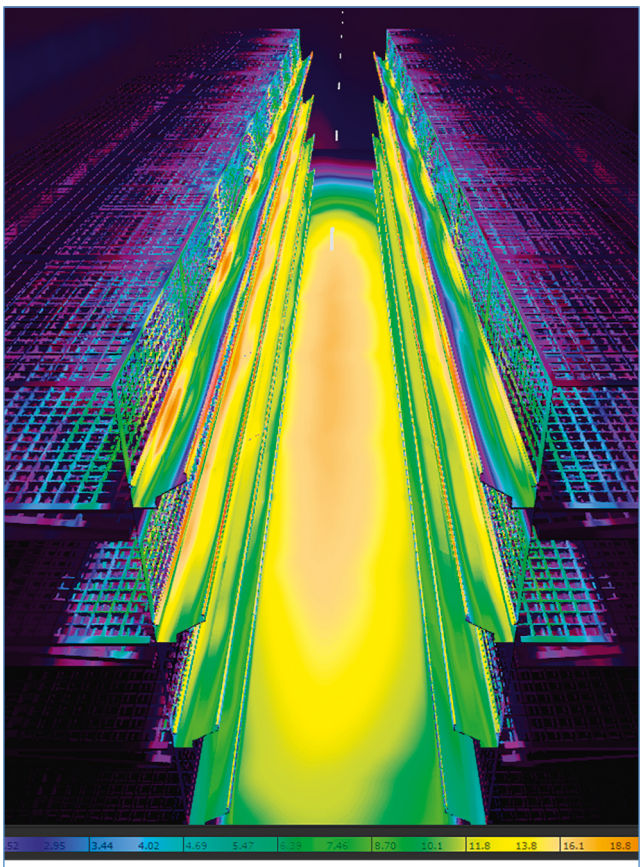

Рисунок 10. Светотехнический расчет освещенности при размещении светодиодных светильников мощностью 1 Вт с линейной линзой DK-286X20-60X110-LENS-XT-H7 традиционным способом на расстоянии 1,5 м друг от друга в проходах между клеточными батареями UV 600 фирмы Big Dutchman для содержания кур-несушек

циенты неравномерности освещения в 1,7 и 1,2 раза соответственно. Следует отметить, что КСС использованной линейной линзы не соответствовала максимально эффективной для данного случая. В дальнейшем на основе математических расчетов ее можно определить под каждый вариант «количество ярусов – ширина прохода» и наладить их массовое производство специализированными предприятиями. При этом конструкция герметичных СД позволит в случае необходимости при малых затратах времени и ресурсов провести замену линейной линзы на необходимую в соответствии с текущим вариантом. Однако это связано с дополнительными финансовыми вложениями, которые скажутся на себестоимости осветительного оборудования. Остается открытым вопрос о целесообразности стремления к идеальной равномерности освещения клеточного оборудования и ее влиянии на птицу. Требуются дополнительные исследования, которые позволят более точно определить границы допустимых отклонений освещенности с минимальным влиянием на зоотехнические показатели птицы, и использовать эти данные в разработке вторичной оптики для СД-светильников в птицеводстве.

Литература

1. Промышленное птицеводство / Я.С. Ройтер, А.В. Егорова, Е.Е. Тяпугин [и др.]; под общ. ред. В.И. Фисинина. – М., 2016. – 534 с.
2. Адаптивная ресурсосберегающая технология производства яиц / В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, И.А. Егоров [и др.]; под общ. ред. В.И. Фисинина, А.Ш. Кавтарашвили. – Сергиев Посад, 2016. – 351 с.
3. Наставления по использованию светодиодного освещения в птицеводстве / А.Ш. Кавтарашвили, Д.В. Гладин, Е.Н. Новоторов [и др.]; под общ. ред. А.Ш. Кавтарашвили, Д.В. Гладина. – Сергиев Посад, 2020. – 172 с.
4. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. – 4-е изд., перераб. и доп. – М., 2019. – 892 с.
5. Гладин, Д. Использование светодиодных технологий в сельском хозяйстве / Д. Гладин // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – Т. 2. – №16. – С. 60-61.
6. Гончарова, Л.Н. Влияние различных источников освещения на яичную продуктивность кур-несушек / Л.Н. Гончарова // Вестник Алтайского ГАУ. – 2016. – №11. – С. 95-98.
7. Гладин, Д. Концепция светодиодного освещения в птицеводстве / Д. Гладин // Полупроводниковая светотехника. – 2022. – №1. – С. 31-42.
8. Давыдов, В.М. Ресурсосберегающие технологии производства птицеводческой продукции / В.М. Давыдов, А.Б. Мальцев, И.П. Спиридонов. – Омск, 2004. – 352 с.
9. Гладин, Д.В. Повышение равномерности освещения клеточных батарей для кур-несушек / Д.В. Гладин, А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, В.А. Гусев // Птицеводство. – 2018. – №7. – С. 17-21.
10. Клеточная батарея для содержания птицы: патент РФ на полезную модель № 154984 / В.А. Гусев, А.В. Дубровин, И.П. Салеева [и др.]. – Заявл. 15.06.2015, опубл. 20.09.2015, бюл. №26.
11. Айзенберг, Ю.Б. О классификации и допусках на кривые силы света / Ю.Б. Айзенберг, Г.Б. Бухман // Светотехника. – 1978. – №6.
12. Коробко, А.А. О некоторых аспектах представления светораспределения световых приборов / А.А. Коробко // Светотехника. – 2001. – №6.
13. Гладин, Д.В. Организация светодиодного освещения при клеточном содержании птицы / Д.В. Гладин, С.В. Суровегин, А.Ш. Кавтарашвили // Птица и птицепродукты. – 2020. – №6. – С. 35-38.
14. Зуев, Д.О. Анализ технических средств освещения птичников с клеточной системой содержания / Д.О. Зуев, Н.Е. Пономарева // Агротехника и энергообеспечение. – 2018. – №2. – С. 60-66.
15. Штенников, И.В. Пути решения проблемы обеспечения равномерности освещения горизонтальных поверхностей на разных высотах / И.В. Штенников, И.М. Новоселов // Мат. XV Всерос. науч.-тех. конф. «Приборостроение в XXI веке – 2019. Интеграция науки, образования и производства». – Ижевск, 2019. – С. 68-75.

Сведения об авторах:

Гладин Д.В.: кандидат сельскохозяйственных наук, технический директор; gdv72.72@mail.ru. **Кавтарашвили А.Ш.:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник – заведующий лабораторией технологии производства яиц; alexk@vnitip.ru.

Статья поступила в редакцию 15.05.2022; одобрена после рецензирования 10.06.2022; принята к публикации 14.07.2022.

Review article

The Approaches to the Improvement of Lighting Uniformity in Poultry Houses with Multi-Tier Cage Batteries

Dmitry V. Gladin[1], Aleksey Sh. Kavtarashvili[2]

[1]«Technosvet Group», LCC; [2]Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry" of Russian Academy of Sciences

Abstract. *The challenges of the application of light emitting diodes (LED) for the lighting systems in poultry houses with cage housing are reviewed. Different approaches to the improvement of lighting uniformity for commercial layers, broilers, layer pullets, broiler breeders housed in multi-tier cage batteries with the use of LED lamps mounted in the passages between the batteries are discussed.*

Keywords: *light emitting diode (LED) lamps, poultry hopuses, multi-tier cage batteries, uniformity of lighting, distance between the lamps, light intensity curve, secondary optics of lamps, individual and linear lenses.*

For Citation: *Gladin D.V., Kavtarashvili A.Sh. (2022) The approaches to the improvement of lighting uniformity in poultry houses with multi-tier cage batteries. Ptitsevodstvo, 71(7-8): 44-51. (in Russ.)*
doi: 10.33845/0033-3239-2022-71-7-8-44-51

References

1. Roiter YS, Egorova AV, Tyapugin EE [*et al.*] (2016) The Commercial Poultry Production; Fisinin VI, Ed. Moscow, 534 pp. (in Russ.). **2.** Fisinin VI, Egorov IA, Kavtarashvili AS [*et al.*] (2016) Adaptive Resource Saving Technology of Commercial Egg Production; Fisinin VI, Kavtarashvili AS, Eds. Sergiev Posad, 351 pp. (in Russ.). **3.** Kavtarashvili AS, Gladin DV, Novotorov EN [*et al.*] (2020) Guide on the Use of LED Lighting in Poultry Production; Kavtarashvili AS, Gladin DV, Eds. Sergiev Posad, 172 pp. (in Russ.). **4.** The Reference Book on Light Technics; Aizenberg YB, Boos GV, Eds; 4th revised ed. Moscow, 2019, 892 pp. (in Russ.). **5.** Gladin D (2012) Application of LED technologies in agriculture. *Semicond. Light Tech.*, **2**(16):60-1 (in Russ.). **6.** Goncharova LN (2016) The effect of various light sources on egg production of laying hens. *Proc. Altay State Agrar. Univ.*, (11):95-8 (in Russ.). **7.** Gladin D (2022) The concept of LED lighting in poultry production. *Semicond. Light Tech.*, (1):31-42 (in Russ.). **8.** Davydov VM, Maltsev AB, Spiridonov IP (2004) Resource Saving Technologies of Poultry Products. Omsk, 352 pp. (in Russ.). **9.** Gladin DV, Kavtarashvili AS, Novotorov EN, Gusev VA (2018) Improving the uniformity of the illumination in the cage batteries for laying hens. *Ptitsevodstvo*, (7):17-21 (in Russ.). **10.** Gusev VA, Dubrovin AV, Saleeva IP [*et al.*] (2015) Cage battery for poultry. Pat. RU 154984. Priority 15.06.2015, publ. 20.09.2015 (in Russ.). **11.** Aizenberg YB, Buchman GB (1978) On the classification and margins of the light intensity curves**.** *Light Tech.*, (6) (in Russ.). **12.** Korobko AA (2001) On certain aspects of the presentation of light distribution by light sources. *Light Tech.*, (6) (in Russ.). **13.** Gladin DV, Surovegin SV, Kavtarashvili AS (2020) *Poult. Chicken Prod.*, (6):35-8; doi: 10.30975/2073-4999-2020-22-6-35-38 (in Russ.). **14.** Zuev DO, Ponomareva NE (2018) Analysis of the technical means of lighting houses with cage management system. *Agric. Tech. Ener. Suppl.*, (2):60-6 (in Russ.). **15.** Shtennikov IV, Novoselov IM (2019) The decisions of the problem of lighting uniformity on horizontal surfaces at different height. In: Instrument Engineering in XXI Century – 2019. Integration of Science, Education, and Production: Proc. XV All-Russ. Sci. Tech. Conf., Izhevsk: 68-75 (in Russ.).

Authors:

Gladin D.V.: Cand. of Agric. Sci., Technical Director; gdv72.72@mail.ru. **Kavtarashvili A.Sh.:** Dr. of Agric. Sci., Prof., Chief Research Officer – Head of Lab. of Egg Production; alexk@vnitip.ru.

Submitted 15.05.2022; revised 10.06.2022; accepted 14.07.2022.

© Гладин Д.В., Кавтарашвили А.Ш., 2022