



Алгоритм организации светодиодного освещения при содержании птицы на полу

Глади́н Д.В., кандидат сельскохозяйственных наук, технический директор ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП»

Кавтара́швили А.Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник - зав. лабораторией технологии производства яиц ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук (ФНЦ «ВНИТИП» РАН)

Аннотация: Изучена организация светодиодного освещения в птичниках напольного содержания птицы. Рассмотрена последовательность и способы определения состава, технических характеристик и расположения источников света светодиодных систем освещения при напольном содержании промышленного стада яичных кур, цыплят-бройлеров, ремонтного молодняка и родительского стада.

Ключевые слова: источники света, светодиодные светильники, птичники, линии освещения, равномерность освещения, родительское стадо.

В мясном и яичном птицеводстве для родительского стада, ремонтного молодняка, промышленного стада яичных кур и цыплят-бройлеров существуют два основных способа содержания птицы: напольное и клеточное [1-3]. Напольное содержание является более естественным и экономичным с точки зрения первоначальных затрат на оборудование, и хотя оно считается экстенсивным по сравнению с клеточным, родительское стадо и ремонтный молодняк, как правило, стараются содержать на полу. Кроме того, в настоящее время на некоторых крупнейших предприятиях России цыплята-бройлеры также выращиваются в птичниках напольного содержания.

Освещение при напольном и клеточном содержании является составной и необходимой частью микроклимата в месте нахождения птицы и обеспечивает ее нормальную жизнедеятельность [4,5]. Изменения параметров освещения в

помещении, таких как интенсивность, цветовая температура (спектр излучения), а также распределение освещенности в различных местах птичника, позволяя птице видеть корм и воду, особенно на ранних стадиях развития, и влияя на обменные процессы в организме, обеспечивают управление ее поведением с целью стимулирования потребления корма и воды, снижения агрессивности или, наоборот, увеличения активности [6,7].

С целью определения алгоритма расчета состава, технических характеристик и расположения источников света светодиодных систем освещения для содержания цыплят-бройлеров на полу нами были проведены соответствующие исследования.

Подход к организации освещения при напольном и клеточном содержании имеет существенные различия. При напольном содержании вся птица содержится на одном уровне (на полу или на под-

стилке), поэтому расчет освещенности относительно прост, в отличие от клеточного, где птица находится на нескольких уровнях (клеточных ярусах), а также возникает загромождение света конструкциями клеточных батарей [8,9].

В некоторых случаях можно условно выделить комбинированный способ организации освещения, при котором в гнездах дополнительно устанавливается локальное освещение. Этот способ используется, например, при напольном содержании родительского стада, как мясной, так и яичной птицы [10,11].

Основным параметром, который используется в определении качества освещения, в том числе и при содержании птицы, является освещенность. Для мясной и яичной птицы, родительского стада, ремонтного молодняка и промышленного стада указываются различные уровни освещенности, которые позволяют наиболее эффективно содержать и выращивать пти-



цу, улучшая зоотехнические показатели.

В настоящее время в свободном доступе имеется программное обеспечение, позволяющее производить расчет освещенности, в том числе в птичниках, при наличии определенных исходных данных об источниках света и условиях их размещения в птичниках.

Наиболее распространенной программой является **DIALux**, она бесплатна и находится в сети в свободном доступе.

Все необходимые данные об источниках света (световом потоке, кривой силы света и др.) загружаются в виде файлов с расширением **.ies**, и создаются специализированными предприятиями, имеющими лицензию на этот вид деятельности, на основе замеров параметров образцов источников света, которые предоставляются им фирмами, выпускающими светильники для птицеводства.

Непосредственно в программу при расчете освещенности (светотехническом расчете) необходимо также ввести:

- геометрические параметры (длина, ширина, высота) помещения или места установки светильников;
- высоту подвеса светильников;
- количество светильников и их расположение;
- коэффициенты эксплуатации источников света, связанные с прогнозом падения светового потока за время эксплуатации, а также запыленности помещения;
- коэффициенты эксплуатации помещения или места установки светильников, связанные с отражательной способностью стен, потол-

ка, пола.

Один из светотехнических расчетов распределения освещенности для корпуса напольного содержания птицы размером 18 x 96 м и высотой подвеса светильников 3 м представлен на рис. 1. Исходя из того, что различные производители светильников используют светодиоды с примерно одинаковой эффективностью 130-150 лм/Вт, а высота подвеса светильников составляет 3 м, зная общую мощность необходимого светодиодного осветительного оборудования $P_{общ}$ и площадь освещаемой поверхности птичника $S_{пом}$, можно вывести формулу (1) для расчета коэффициента единичной мощности $K_{нап 60}$ при уровне освещенности 60 лк, имеющего физический смысл мощности светодиодного осветительного оборудования в птичнике на единицу площади освещаемой поверхности при напольном содержании:

$$(1) K_{нап 60} = P_{общ} / S_{пом}$$

В помещении площадью 1728 м² (18 x 96 м) используется 80 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт (рис. 1 слева), общей мощностью 1120 Вт и уровнем освещенности 60 лк. Тогда:

ценности 60 лк. Тогда:

$$K_{нап 60} = 1120 / 1728 = 0,65.$$

Теперь, зная коэффициент единичной мощности $K_{нап 60}$ и площадь освещаемой поверхности в птичнике, можно определить общую мощность светодиодного осветительного оборудования для обеспечения освещенности 60 лк при высоте подвеса светильников 3 м.

При этом необходимо учитывать, что требуемую общую мощность можно обеспечить большим количеством светодиодных светильников меньшей мощности, что будет способствовать улучшению равномерности освещения (рис. 1 справа).

Как видно из этого рисунка, использование 160 светильников СН325-7-12-Т мощностью 7 Вт при одновременном увеличении числа линий освещения с 4 до 5 позволяет существенно улучшить равномерность освещения. Однако надо учитывать, что стоимость осветительного оборудования при этом возрастет на 10-20%.

Высота подвеса светильников в расчетах на рис. 1 составляет 3 м. При изменении высоты подвеса

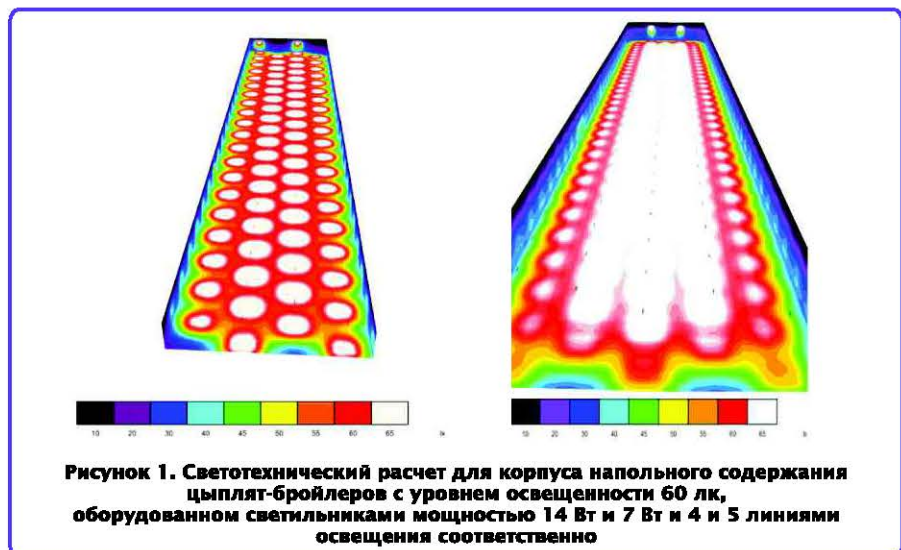


Рисунок 1. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания цыплят-бройлеров с уровнем освещенности 60 лк, оборудованном светильниками мощностью 14 Вт и 7 Вт и 4 и 5 линиями освещения соответственно



необходимо учитывать изменение освещенности по «закону обратных квадратов» расстояния от источников света до освещаемой поверхности и кривую силы света светодиодных светильников. Она в подавляющем большинстве случаев не может превышать 120^0 по половинной яркости, характерной для широко распространенных в настоящее время светодиодов белого свечения на основе люминофоров. Как показывают расчеты и практическое использование светодиодного освещения, увеличение или снижение высоты подвеса светильников относительно 3 м для напольного содержания птицы дает увеличение или снижение общей мощности системы освещения на 10% на каждые 0,5 м изменения высоты подвеса. Например, при высоте подвеса 2,5 м для корпуса 18 x 96 м и освещенности 60 лк достаточное количество светильников будет составлять 144-145 светильников мощностью 7 Вт при общей мощности около 1 кВт, а при высоте подвеса 3,5 м - 88-90 светильников мощностью 14 Вт при общей мощности около 1,3 кВт.

На основе экспериментальных данных установлено, что для сохранения достаточной равномерности освещения необходимо учитывать, что рекомендуемое расстояние между линиями освещения и светильниками на каждой из них не должно превышать 140% от значения высоты подвеса. Например, для высоты подвеса 2,5 м это расстояние должно быть не более 3,5 м; для высоты подвеса 4 м – не более 5,6 м, а для 3 м это расстояние не должно превышать 4,2 м.

Таким образом, для обеспечения равномерности освещения в зависимости от высоты подвеса можно предложить следующую эмпирическую формулу (2) для определения единичной площади пола на каждый светильник ($S_{\text{един}}$) в зависимости от высоты подвеса ($H_{\text{под}}$):

$$(2) S_{\text{един}} = (H_{\text{под}} \times 1,4)^2,$$

где эмпирический коэффициент 1,4 позволяет упростить зависимость величин в формуле (2).

Для высоты подвеса 3 м, согласно формуле (2), на каждый светильник для обеспечения равномерности площадь освещаемой поверхности не должна превышать 17,64 м², для 2,5 м - 12,25 м², для 4 м - 31,36 м².

Исходя из общей площади 1728 м² для корпуса 18 x 96 м, определяется оптимальное количество светодиодных светильников с округлением в большую сторону - 98 штук. При освещенности 60 лк, высоте подвеса светильников 3 м и общей мощности 1120 Вт оптимальная мощность одного светильника составляет 11-12 Вт.

При повышении требований к равномерности освещения, а также исходя из экономических воз-

можностей, можно выбрать более дорогой вариант - на 160 светильниках мощностью 7 Вт, или более дешевый - на 80 светодиодных светильниках мощностью 14 Вт (см. рис. 1).

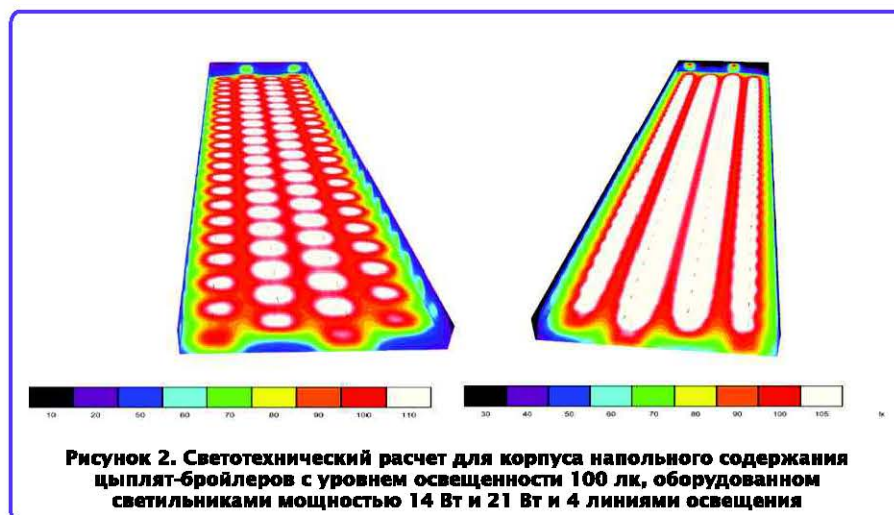
В случае необходимости обеспечить другой уровень освещенности при одинаковых прочих условиях, коэффициент единичной мощности $K_{\text{нап } E_N}$ для уровня освещенности в птичнике E_N (лк) вычисляется с поправкой на этот уровень освещенности по формуле (3):

$$(3) K_{\text{нап } E_N} = K_{\text{нап } 60} \times E_N / 60$$

Например, для освещенности 40 лк коэффициент $K_{\text{нап } 40} = 0,44$; для освещенности 80 лк коэффициент $K_{\text{нап } 80} = 0,86$.

Далее, используя значение площади освещаемой поверхности (для корпуса 18 x 96 м она равна 1728 м²), можно определить необходимую для заданного уровня освещенности общую мощность системы освещения. Для корпуса 18 x 96 м, высоты подвеса 3 м и средней освещенности 40 лк она равна 760 Вт, для 100 лк при аналогичных условиях - 1880 Вт.

Исходя из этого, для обеспечения средней освещенности 100 лк





в таком корпусе необходимо 135 светильников мощностью 14 Вт (рис. 2 слева), но, согласно требованиям по единичной площади, можно использовать 88 светильников СН825-21-36-Т мощностью 21 Вт (рис. 2 справа).

Для корпуса 18 x 96 м, высоты подвеса 3 м и требуемой средней освещенности 40 лк, исходя из общей мощности системы светодиодного освещения 760 Вт и других требований, достаточную равномерность обеспечат 108 светильников СН375-7-12-Т мощностью 7 Вт.

При других размерах корпусов общая мощность и необходимое количество светильников увеличивается или уменьшается пропорционально изменению площади освещаемой поверхности.

При напольном содержании родительского стада или промышленного стада яичных кур в помещении с птицей устанавливаются гнезда для снесения яиц. При этом освещенность гнезд, согласно реко-

мендациям, должна быть ниже остального пола (подстилки) корпуса на 20-40% для привлечения птицы к снесению яиц именно в гнездах, а не на подстилке. При определении коэффициента единичной мощности светодиодной системы освещения в птичнике с родительским стадом согласно формуле (1) и его пересчете по формуле (3) для разных уровней освещенности, для обеспечения более низкого уровня освещенности в гнездах, из общей площади освещаемой поверхности птичника ($S_{\text{пом}}$) вычитается площадь зоны гнезд ($S_{\text{гнезд}}$), которая вычисляется по формуле (4):

$$(4) S_{\text{гнезд}} = n \times L \times a,$$

где n - количество линий гнезд; L - длина птичника (м); a - ширина гнезда (м, обычно от 3 до 6 м).

Например, для корпуса 18 x 96 м с одной линией гнезд шириной 3 м эта площадь будет равна 288 м². Общая площадь пола, на котором находится птица, равна 1728 м². Эффективная площадь для расчета необходимой мощности светодиодной системы освещения соответственно составит 1440 м². Для уровня освещенности 100 лк, используя формулы (1) и (3), получаем коэффициент $K_{\text{нап } 100} = 1,08$. Общая мощность системы светодиодного освещения должна составить 1555 кВт, в составе системы может быть 112 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт, либо 224 светильника СН375-7-12-Т мощностью 7 Вт.

На рис. 3 представлены два варианта обеспечения требуемой освещенности различными по мощности светильниками. В правой части рисунка для освещения половины

птичника используются 2 линии освещения по 28 светильников мощностью 14 Вт, в левой части - 3 линии освещения по 37 светильников мощностью 7 Вт. При использовании большего числа менее мощных светильников и 3 линий освещения равномерность освещения значительно лучше, что предпочтительнее при содержании родительского стада птицы. В тоже время, стоимость осветительного оборудования в этом случае выше на 10-20%.

Для определения оптимального расположения линий освещения по ширине птичника можно использовать эмпирические формулы (5) и (6):

$$(5) P_{\text{от стены}} = H_{\text{под}} \times (0,5 \dots 0,65);$$

$$(6) P_{\text{между лин}} = H_{\text{под}} \times (1,0 \dots 1,5),$$

где $P_{\text{от стены}}$ - расстояние от стены до крайних линий освещения (м); $P_{\text{между лин}}$ - расстояние между линиями освещения (м); $H_{\text{под}}$ - высота подвеса светильников (м).

Коэффициенты в формулах (5) и (6) выбираются исходя из того, что их меньшие значения (0,5 и 1,0 соответственно) обеспечивают лучшую равномерность освещения при одновременном возрастании стоимости оборудования.

Для родительского стада при напольном содержании из-за наличия гнезд, над которыми отсутствуют линии освещения, сокращение освещаемой площади птичника определяется по формуле (4). Расстояния от крайних линий освещения до стен и между линиями освещения в этом случае также сокращаются для обеспечения оптимальной равномерности освещенности и определяются по формулам (7) и (8):

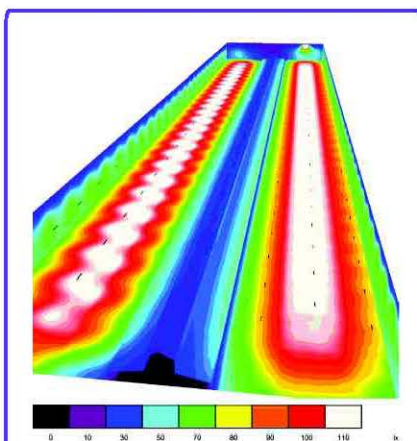


Рисунок 3. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания родительского стада с необходимым уровнем освещенности 100 лк и использованием 2 линий по 28 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт в каждой (слева), либо 3 линий освещения по 37 светильников СН375-7-12Т мощностью 7 Вт (справа)



- (7) $P_1 \text{ от стены} = N_{\text{под}} \times (0,4 \dots 0,5);$
(8) $P_1 \text{ между лин} = N_{\text{под}} \times (0,8 \dots 1,2).$

Таким образом, в настоящее время с появлением светодиодных источников света освещение превращается из вспомогательного инструмента в один из основных элементов микроклимата в птичнике, позволяя существенно повысить зоотехнические показатели птицы при сокращении в десятки раз затрат на электроэнергию и обслуживание оборудования.

Технология светодиодного освещения птичников, разработанная специалистами ФНЦ «ВНИТИП» РАН совместно с предприятием ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП», выпускающим осветительное оборудование и современное программное обеспечение, общедоступное в сети Интернет, позволяет компаниям и специалистам птицефабрик самостоятельно определять состав и организацию освещения в птичнике, достигая при этом высокой эффективности использования осветительного оборудования.

Литература

1. Промышленное птицеводство / под

общ. ред. В.И. Фисинина. - Сергиев Посад, 2016. - 531 с.

2. Адаптивная ресурсосберегающая технология производства яиц / В.И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, И.А. Егоров, В.С. Лукашенко [и др.]. - Под общ. ред. В.И. Фисинина и А.Ш. Кавтарашвили. - Сергиев Посад, 2016. - 351 с.

3. Фисинин В.И. Локальное светодиодное освещение - путь повышения эффективности птицеводства / Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш., Новоторов Е.Н., Гладин Д.В. // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №6. - С. 61-63.

4. Parvin R. 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 Poult. Sci. J. - 2014. - V. 70, No 3. - P. 557-562.

5. Lewis P.D. Poultry and coloured light / P.D. Lewis, T.R. Morris // World's Poult. Sci. J. - 2000. - V. 56. - P. 189-207.

6. Кавтарашвили А. Новый способ светодиодного освещения / А. Кавтарашвили, Е. Новоторов, Д. Гладин, Т. Колокольникова // Животноводство России. - 2011. - №6. - С. 15-16.

7. Кавтарашвили А.Ш. Сравнительная

эффективность различных систем освещения в птицеводстве / А.Ш. Кавтарашвили, Д.В. Гладин // Птицеводство. - 2016. - №4. - С. 37-50.

8. Гладин Д.В. Светодиодное локальное освещение при производстве яиц кур: дис. ... канд. с.-х. наук. - Сергиев Посад, 2017. - 178 с.

9. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга и Г.В. Бооса. - 4-е изд., перераб и доп. - М., 2019. - 892 с.

10. Кавтарашвили А.Ш. Светодиодное освещение при содержании родительского стада / А.Ш. Кавтарашвили, Е.Н. Новоторов, Д.В. Гладин, Т.Н. Колокольникова // Птицеводство. - 2012. - №5. - С. 15-17.

11. Гладин Д.В. Повышение равномерности освещения при содержании родительского стада в многоярусных клеточных батареях // Эффективное животноводство. - 2018. - №8. - С. 5659.

Для контакта с авторами:

Гладин Дмитрий Викторович

E-mail: info@ntp-ts.ru

Тел.+7 921 255 61 51

Кавтарашвили Алексей Шамилович

E-mail: alexx@vnitip.ru

Тел.+7 926 319 43 82

The Algorithm for the Optimization of LED Lighting System for Floor Housing of Poultry

Gladin D.V.¹, Kavtarashvili A.Sh.²

¹TECHNOSVET GROUP, Ltd.; ²Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry" of Russian Academy of Sciences

Summary: The optimization of lighting within the poultry houses for floor housing by light-emitting diode (LED) equipment is described. The algorithm and methods for the selection of lamps, their technical parameters, and location schemes within the houses are presented for floor housing of commercial layers, broilers, growing and adult parental flocks.

Key words: light sources, light-emitting diode (LED) lamps, poultry houses, lighting lines, uniformity of lighting, parental flock.