

УДК 631.227:628.9

ББК 46.8

Авторский коллектив:

А. Ш. Кавтарашвили, Д. В. Гладин, Е. Н. Новоторов,
В. С. Лукашенко, И. П. Салеева, В. А. Гусев, А. В. Иванов,
Л. М. Присяжная, С. В. Суровегин, Д. В. Аншаков

Под общей редакцией доктора с.-х. наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ **А. Ш. Кавтарашвили** и кандидата с.-х. наук **Д. В. Гладина**.

Н32 Наставления по использованию светодиодного
освещения в птицеводстве / М.: Лика, 2020.— 172 с.

ISBN 978-5-98020-234-7

Наставления предназначены для специалистов птицеводческих предприятий, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов сельскохозяйственных вузов.

© Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный научный центр
«Всероссийский научно-исследовательский
и технологический институт птицеводства»
Российской академии наук (ФНЦ «ВНИТИП» РАН), 2020.
© Оформление Издательство «Лика», 2020.

Содержание

Введение	3
1. Системы освещения, используемые в птицеводстве	6
1.1. Системы освещения на лампах накаливания	6
1.2. Системы освещения на люминесцентных лампах	8
1.3. Светодиодные системы освещения	15
2. Анализ современного состояния технологического освещения птичников при напольном и клеточном содержании птицы	25
2.1. Порядок определения состава и расположения источников света при напольном содержании птицы	27
2.2. Порядок определения состава и расположения источников света при клеточном содержании птицы	38
3. Управление освещением, реализация современных режимов прерывистого освещения и интеграция осветительного оборудования в общую систему микроклимата в птичнике	61
4. Основные технические параметры систем освещения, влияющие на зоотехнические показатели птицы. Срок службы осветительного оборудования	74
5. Приборы для контроля параметров освещения. Методика измерения основных светотехнических характеристик источников света	88
6. Технология выращивания ремонтного молодняка яичных кур при светодиодном освещении	95
7. Технология содержания родительского стада яичных кур при светодиодном освещении	109
8. Технология содержания промышленного стада яичных кур при светодиодном освещении	114

9. Технология выращивания и содержания мясных кур при светодиодном освещении	119
10. Технология выращивания цыплят-бройлеров при светодиодном освещении	129
10.1. Технология выращивания бройлеров на подстилке ..	129
10.2. Технология выращивания бройлеров в клеточных батареях	143
11. Экологическая безопасность и обязательная утилизация систем освещения	148
12. Основные технические характеристики, рекомендуемые при проектировании светодиодного освещения в птичниках	151
13. Перспективы развития систем освещения в птицеводстве	162
Список использованной литературы	166

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация промышленного производства яиц в последние годы обусловила его высокую энергоемкость [1]. При этом одним из наиболее энергоемких технологических процессов является освещение, на которое приходится значительная часть потребляемой электроэнергии [2, 3].

Свет является одним из важнейших элементов окружающей среды, оказывающих влияние на жизнеспособность и физиологическое состояние птицы [4]. Он является универсальным синхронизатором большинства биологических ритмов организма и используется в птицеводстве как фактор, регулирующий рост и половое развитие молодняка, продуктивности птицы [5, 6].

Традиционно для освещения птицеводческих помещений, в основном, используют лампы накаливания и люминесцентные лампы [7]. При использовании указанных типов светильников освещенность в клетках, расположенных на разных ярусах клеточной батареи, варьирует в широком диапазоне [8]. Установлено, что как повышенная, так пониженная освещенность вызывает у птицы состояние хронического стресса и, в конечном счете, приводит к снижению ее жизнеспособности и продуктивности. При этом более сильным стресс-фактором является чрезмерная освещенность [9].

Большие перепады по освещенности и значительные суммарные затраты на электроэнергию при традиционных источниках света, а также Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ, устанавливающий ряд ограничений в области использования ламп накаливания, вынуждают птицеводческие предприятия провести модернизацию осветительных систем птичников, а исследователей – заняться разработкой новых энергосберегающих источников, способов и режимов освещения.

Особенно повышенный интерес в последнее время появляется к светодиодным лампам, благодаря их высокой энергоэффективности [10], большому сроку службы (от 50 до 100 тыс. ч) и доступности разной длины волны и цветовой температуры излучения [11, 12], низкому потреблению электроэнергии и незначительным затратам на обслуживание [13].

Светодиодные светильники за счет высокоэффективных источников света – светодиодов и их направленных свойств позволяют значительно (в 3-10 раз) снизить потребление электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света при сохранении нормативной освещенности [10]. Безопасность эксплуатации и обслуживания оборудования в птичниках, особенно в период мойки обеспечивается за счет использования низкого напряжения питания (24-48 В) светодиодных светильников [14].

Кроме того, одним из основных преимуществ светодиодов является их миниатюрность, это дает возможность обеспечения локального освещения птицы, позволяет создать одинаковую освещенность по всем ярусам клеточных батарей и снизить негативное воздействие различных стресс-факторов, а, следовательно, повысить сохранность поголовья, однородность стада по живой массе и развитию, продуктивность кур, снизить расклев и каннибализм [15].

Следует отметить, что потенциал совершенствования и повышения эффективности светодиодного освещения еще далеко не исчерпан. В настоящее время светодиоды не достигли предела своих технических возможностей. Например, их световая эффективность, максимальные значения которой сейчас составляют чуть больше 200-250 лм/Вт, в ближайшем будущем достигнут 300-350 лм/Вт. Об экономической эффективности использования светодиодного освещения говорит тот факт, что при возрастании световой отдачи стоимость светодиодных светильников по данным министерства энергетики США, каждый год сокращается в среднем на 20 %, и если в 2011 году качественная светодиодная лампа стоила 50 долларов США, то к 2020 году ее стоимость может составить всего 5 долларов. При этом надежность и срок службы светодиодных источников света за этот период существенно возросли, что в принципе позволяет говорить о замене светодиодами всех других известных в настоящее время источников света [16].

В ФНЦ «ВНИТИП» РАН совместно с предприятием, выпускающим осветительное оборудование ООО «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» проведена серия

исследований по изучению современного состояния технологического освещения птичников при выращивании и содержании яичных и мясных кур на полу и в многоярусных клеточных батареях [17]; влияния на жизнеспособность, продуктивность и воспроизводительные качества яичной и мясной птицы различных источников и спектров освещения [18, 19]; влияния светодиодных источников белого «теплого» и белого «холодного» спектров освещения, а также способов их размещения на жизнеспособность и продуктивность яичных кур промышленного и родительского стад [20, 21, 22, 23, 24]; эффективности имитации «восхода» и «заката» солнца на фоне режима прерывистого освещения при светодиодных источниках света [25]; влияния светодиодных источников света с изменяемой цветовой температурой на различных этапах «субъективного» дня при прерывистом освещении [26, 27]; эффективности использования светодиодных источников света с применением оптико-волоконных технологий для локального освещения при клеточном содержании кур [28, 29].

Результаты исследований прошли производственную апробацию и убедительно доказали эффективность и целесообразность замены устаревших источников света – ламп накаливания и люминесцентных светильников на твердотельные светодиодные источники света.

Вследствие вышесказанного, а также для широкого внедрения в производство технологий светодиодного освещения возникла необходимость разработки настоящих наставлений.

2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПТИЧНИКОВ ПРИ НАПОЛЬНОМ И КЛЕТОЧНОМ СОДЕРЖАНИИ ПТИЦЫ

В мясном и яичном птицеводстве для родительского стада, ремонтного молодняка и промышленного стада существует два основных способа содержания птицы: напольное и клеточное. Клеточное содержание наиболее эффективно и приемлемо в условиях непрерывно возрастающей интенсификации птицеводства. При этом способе содержания реализуются основные особенности, свойственные промышленным предприятиям: концентрация поголовья птиц путем увеличения плотности их посадки в 2-4 раза сравнительно с напольным содержанием, устранение сезонности в производстве продукции при помощи создания оптимального регулируемого микроклимата. При клеточном содержании механизированы и автоматизированы практически все процессы производства.

Освещение при напольном и клеточном содержании является составной и необходимой частью микроклимата в месте нахождения птицы и обеспечивает ее нормальную жизнедеятельность. Изменения параметров света в помещении, таких как интенсивность, цветовая температура (спектр излучения), а также распределение освещенности в различных местах нахождения птицы, позволяя птице видеть корм и воду особенно на ранних стадиях развития, а также влияя на обменные процессы в организме, обеспечивают управление поведением птицы с целью стимулирования потребления корма и воды, снижения агрессивности или наоборот увеличения активности. Правильные световые режимы, в которых учтено влияние различной интенсивности света на птицу позволяет существенно повысить продуктивные показатели при выращивании и содержании, снизить падеж молодняка, оптимизировать конверсию корма и снизить негативное влияние ее агрессивного поведения.

Подход к организации освещения при напольном и клеточном содержании имеет существенные различия. При напольном содержании вся птица

содержится на одном уровне (полу или подстилке), поэтому расчет освещенности относительно прост, в отличие от клеточного, где птица находится на нескольких уровнях (клеточных ярусах), а также возникает загораживание света конструкциями клеточных батарей.

В некоторых случаях можно условно выделить комбинированный способ организации освещения, например, напольное содержание родительского стада, как мясной, так и яичной птицы.

Основным параметром, который указывается в нормативных документах по содержанию 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 птицу, улучшая зоотехнические показатели.

В настоящее время в свободном доступе существует 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 и клеточном оборудовании.

Наиболее распространенной программой является DIALux, она бесплатна и находится в свободном доступе в интернете. Интерфейс программы представлен на рис.4.

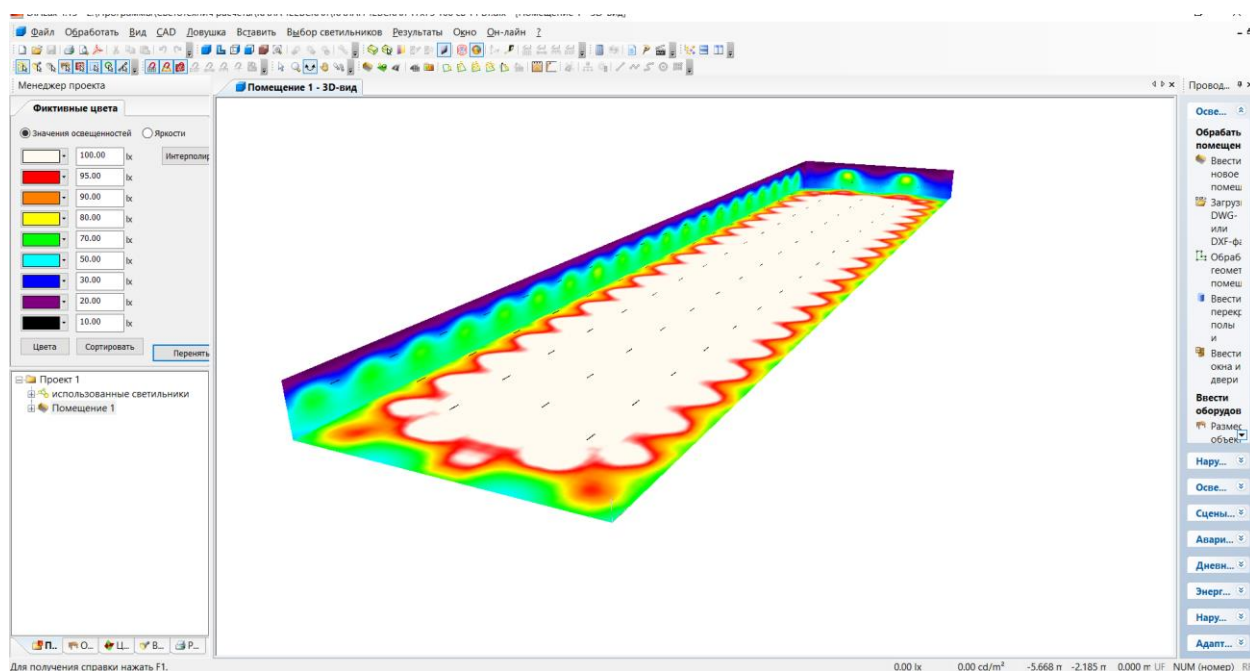


Рис. 4 Интерфейс программы DIALux 4.13.

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, потолка, пола.

2.1. Порядок определения состава и расположения источников света при напольном содержании птицы

Один из светотехнических расчетов распределения освещенности для корпуса напольного содержания птицы размером 18х96 высотой подвеса светильников 3 метра представлен на рис. 5. Исходя из того, что различные производители светильников используют светодиоды с примерно одинаковой эффективностью 130-150 лм/Вт, можно вывести формулу (1) для расчета необходимой мощности на единицу площади при напольном содержании птицы и использования светодиодного освещения.

$$K_{\text{нап } 60} = \frac{P_{\text{общ}}}{S_{\text{пом}}} \quad (1)$$

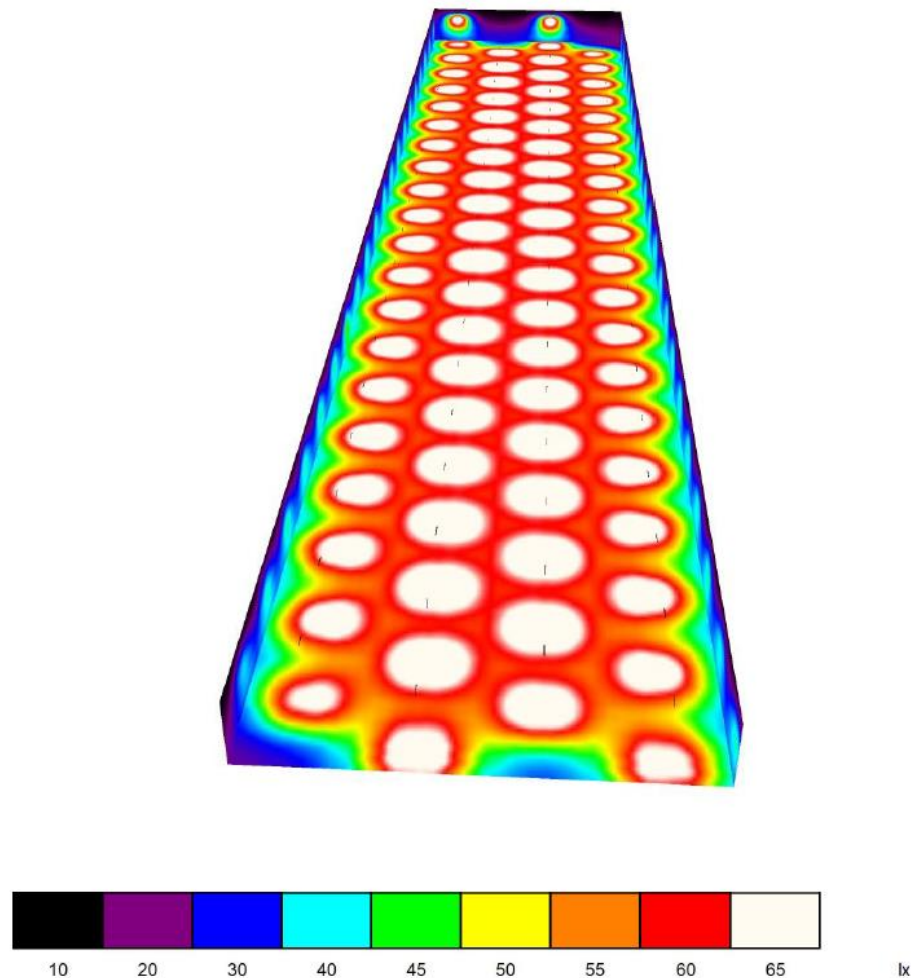


Рис. 5. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания бройлеров с необходимым уровнем освещенности 60 лк и светильниками мощностью 14 Вт 4 линии освещения

В помещении площадью ($S_{\text{пом}}$) 1728 м² (18 x 96 м) используется 80 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт, общей мощностью ($P_{\text{общ}}$) 1120 Вт и уровнем освещенности 60 лк. Тогда $K_{\text{нап } 60} = 0,65$.

При этом необходимо учитывать, что требуемую общую мощность можно обеспечить большим количеством светодиодных светильников меньшей мощности, что будет способствовать улучшению равномерности освещения рис. 6.

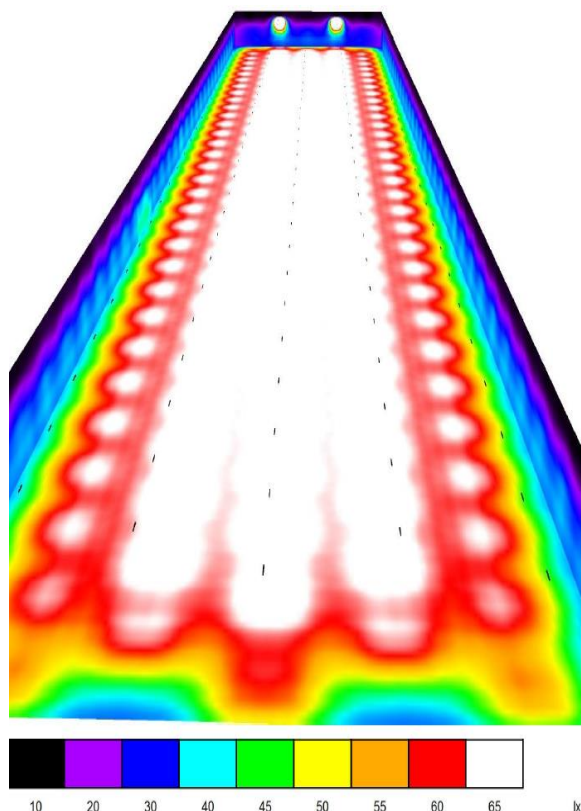


Рис. 6. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания бройлеров с необходимым уровнем освещенности 60 лк и светильниками мощностью 7 Вт 5 линий освещения

Как видно из рисунка использование светильников СН325-7-12-Т мощностью 7 Вт при одновременном увеличении линий освещения до 5 позволяет существенно улучшить равномерность освещения. При этом необходимо учитывать, что стоимость осветительного оборудования при этом возрастет на 10 – 20 %.

Высота подвеса светильников для расчета на рис. 5 и 6 составляла 3 метра.

При изменении высоты подвеса светильников необходимо учитывать изменение освещенности по «закону обратных квадратов» пропорционально квадрату расстояния от источников света до освещаемой поверхности и кривую силы света светодиодных светильников. Она в подавляющем большинстве случаев не может превышать 120° по половинной яркости, характерной для широко распространенных в настоящее время светодиодов белого свечения на основе люминофоров. Как показывают расчеты и практическое ис-

пользование светодиодного освещения, в общем случае, каждое увеличение или снижение высоты подвеса светильников относительно 3 метров для напольного содержания птицы дает увеличение или снижение общей мощности системы освещения – 10 % на каждые 0,5 метра. Например, при высоте подвеса 2,5 метра для корпуса 18х96 метров и освещенности 60 лк достаточное количество светильников будет 144 –145 светильников мощностью 7 Вт при общей мощности около 1кВт, а при высоте подвеса 3,5 метра – 88-90 светодиодных светильников 14 Вт при общей мощности около 1,3 кВт.

Для сохранения достаточной равномерности освещения необходимо учитывать, что расстояние между линиями освещения и светильниками на каждой из них рекомендуется не превышать значение высоты подвеса, увеличенное на 40 %. Например, для высоты подвеса 2,5 метра это расстояние не более 3,5 метров, для 4 метров – 5,6 метров, а 3 метров – 4,2 метра.

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

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

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

Далее исходя из общей площади освещаемой поверхности, например, для корпуса 18х96 метров – 1728 м² определяется оптимальное количество светодиодных светильников с округлением в большую сторону – 98 шт. Исходя из показанной выше необходимой для обеспечения освещенности в 60 лк при высоте подвеса светильников 3 метра общей мощности 1120 Вт, оптимальная мощность одного светильника составляет 11-12 Вт. На рис. 7 представлен светотехнический расчет для корпуса 18х96 метров средней освещенности 60 лк при использовании 96 светильников СН575-12-26-Т мощностью 12 Вт.

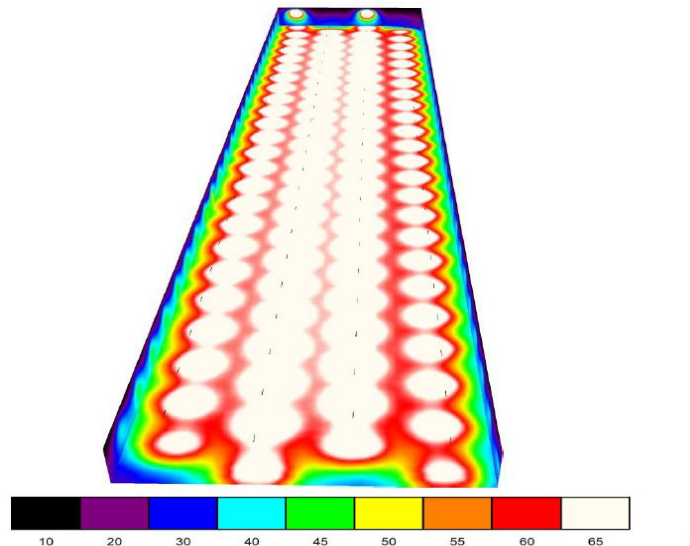


Рис. 7. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания бройлеров с необходимым уровнем освещенности 60 лк и светильниками мощностью 12 Вт 4 линии освещения

Далее, исходя из требований к равномерности освещения, а также экономических возможностей можно выбрать более дорогой вариант на 160 светильниках мощностью 7 Вт или более дешевый на 80 светодиодных светильниках мощностью 14 Вт.

В случае необходимости обеспечить другой уровень освещенности коэффициент $K_{\text{нап } 60}$ в формуле (1) вычисляется с поправкой для необходимого уровня освещенности, которая определяется по формуле (3):

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

где E_N – среднее значение освещенности в люксах;

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 18x96 она равна 1728 м²) можно определить необходимую для заданного уровня освещенности общую мощность системы освещения. Для корпуса

18x96, высоте подвеса 3 метра 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 корпусе 18x96 необходимо 135 светильников 14 Вт (рис. 8), но согласно требованиям по единичной площади на один светильник можно использовать 88 светильников СН825-21-36-Т мощностью 21 Вт (рис. 9).

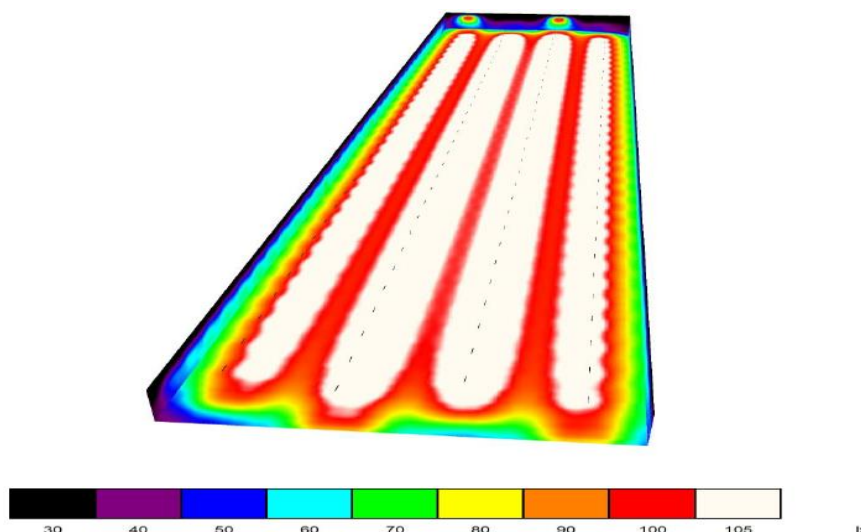


Рис. 8. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания бройлеров с необходимым уровнем освещенности 100 лк и 135 светильниками мощностью 14 Вт 4 линии освещения

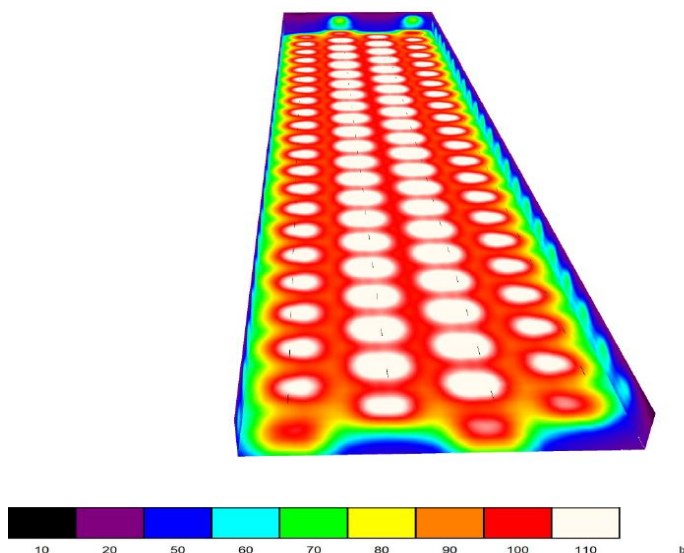


Рис. 9. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания бройлеров с необходимым уровнем освещенности 100 лк и 88 светильниками мощностью 21 Вт 4 линии освещения

Для корпуса 18x96 высотой подвеса 3 метра 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 (рис. 10).

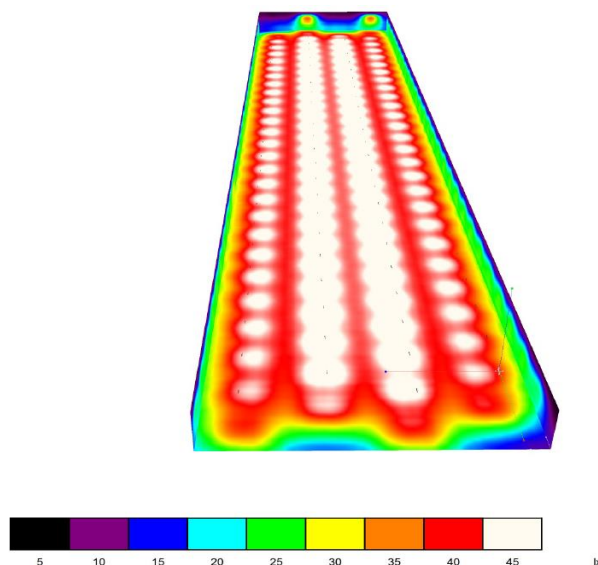


Рис. 10. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания бройлеров с необходимым уровнем освещенности 40 лк и 108 светильниками мощностью 7 Вт 4 линии освещения

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 рекомендациям, 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 необходимой мощности светодиодной системы освещения в птичнике с родительским стадом согласно формуле (1), для обеспечения более низкого уровня освещенности в гнездах, из общей площади птичника вычитается площадь по формуле:

$$S_{\text{гнезд}} = n \times L \times 3 \quad (4)$$

где L – длина птичника в метрах;

n – количество линий гнезд;

Например, для корпуса 18х96 метров с одной линией гнезд 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 составит 1440 м². Используя формулу (3), получаем коэффициент $K_{\text{нап } 100} = 1,08$. Общая мощность системы светодиодного освещения должна составить 1555 кВт, в составе которой может быть 112 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт, либо 224 светильника СН375-7-12-Т мощностью 7 Вт.

На рис. 11 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, что предпочтительнее при содержании родительского стада птицы. В тоже время, стоимость осветительного оборудования в этом случае выше на 10-20 %.

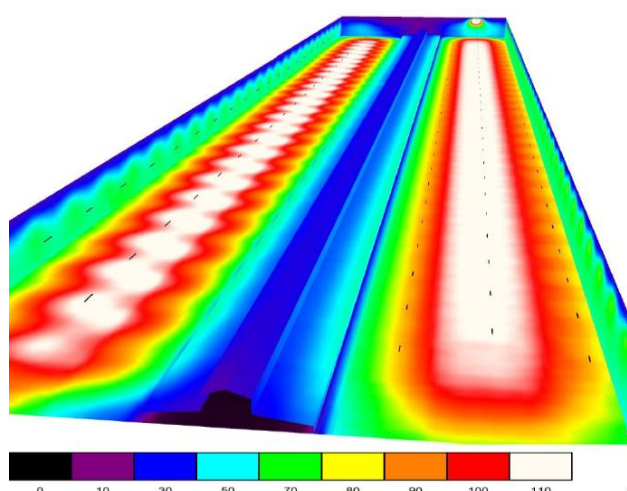


Рис. 11. Светотехнический расчет для корпуса напольного содержания родительского стада с необходимым уровнем освещенности 100 лк и использованием 2 линий по 28 светильников СН575-14-24-Т мощностью 14 Вт в каждой (слева) либо 3 линий освещения по 37 светильников СН375-7-12Т мощностью 7 Вт (справа)

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

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

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

где $H_{\text{под}}$ – высота подвеса светильников в метрах;

$P_{\text{от стены}}$ – расстояние от стены до крайних линий освещения в метрах;

$P_{\text{между лин}}$ – расстояние между линиями освещения в метрах;

Для родительского стада при напольном содержании из-за наличия гнезд, над ними отсутствуют линии освещения по ширине расстоянием, определяемым по формуле 6 и 8. Расстояния от крайних линий освещения до стен и между линиями освещения в этом случае сокращаются для обеспечения оптимальной равномерности освещенности и определяются по формулам:

$$P_1 \text{ от стены} = H_{\text{под}} \times (0,4 - 0,5) \quad (7)$$

$$P_1 \text{ между лин} = H_{\text{под}} \times (0,8 - 1,2) \quad (8)$$

где $H_{\text{под}}$ – высота подвеса светильников в метрах;

$P_1 \text{ от стены}$ – расстояние от стены до крайних линий освещения в метрах;

$P_1 \text{ между лин}$ – расстояние между линиями освещения в метрах.

Таким образом, специалистам птицефабрик с помощью программы DIALux, используя параметры птичников и источников света, можно самостоятельно определять перед приобретением состав систем светодиодного освещения, а также планировать максимально эффективное использование