

# АДАПТИВНАЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯИЦ



Сергиев Посад 2016

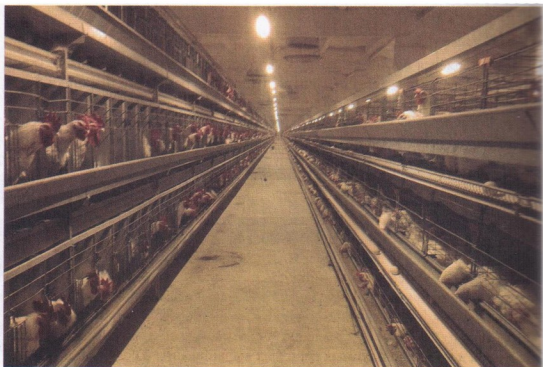
Гладиш Д.В.

Свет является одним из важных факторов окружающей среды, активно влияющим на жизнь, рост и развитие птицы. Современные птичники представляют собой изолированные от внешней среды системы, в которых создается управляемый человеком микроклимат, направленный на повышение производственных показателей. Отсутствие солнечного света обуславливает необходимость использования в птичниках искусственного освещения. Источники света в составе такого освещения объединены в осветительные системы, в централизованном управлении которыми используются современные высокоэффективные режимы прерывистого освещения.

В современном птицеводстве в качестве источников света используются лампы накаливания и люминесцентные лампы, а также светодиоды. Причем, в настоящее время светильники на основе светодиодов активно вытесняют другие источники света. Практически каждый новый проект по строительству птичников предусматривает использование светодиодного освещения. Активно ведется замена устаревшего осветительного оборудования на светодиодное в уже используемых корпусах выращивания и содержания птицы. Только научно-техническое предприятие «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП», являющееся российским лидером в производстве светодиодных систем освещения для птицеводства, с 2009 года установило более 1600 комплектов современного светодиодного осветительного оборудования для птичников на 170 предприятиях России, Казахстана, Украины, Таджикистана и других стран.

В 50 корпусах в настоящий момент используются светодиоды в агрохолдинге «ЧЕБАРКУЛЬСКАЯ ПТИЦА» (рис. 61), оснащает свои корпуса современным светодиодным освещением птицеводческий комплекс «АК БАРС», ЗАО «ГАЛИЧЕСКОЕ» ПО ПТИЦЕВОДСТВУ», «ПТИЦЕФАБРИКА «ВАРАКСИНО», ЗАО «ПТИЦЕФАБРИКА «ШАРЬИНСКАЯ», ЗАО «ПТИЦЕФАБРИКА «ЧАЙКОВСКАЯ», белорусское предприятие ОАО «1-я МИНСКАЯ ПТИЦЕФАБРИКА» и другие.

На предприятиях по производству мяса птицы также активно ведется внедрение светодиодного освещения. На таких предприятиях, как ГАП «РЕСУРС» системы светодиодного освещения производства этой компании установлены в 50% от общего числа птичников для выращивания бройлеров и на репродукторах (рис. 62). Активно ведется замена осветительного оборудования в агрохолдинге «БЕЛАЯ ПТИЦА» – более 70 корпусов ремонтного молодняка и родительского стада в 2015 году оборудованы светодиодным освещением. Группа «ЧЕРКИЗОВО» в 2015 году произвела модернизацию освещения на светодиодное в более чем 180 корпусах выращивания бройлеров, содержания ремонтного молодняка и родительского стада. В Казахстане на АО «АЛЕЛЬ АГРО» с 2011 года оборудовано светодиодным освещением более 80 птичников по выращиванию бройлеров.



**Рис. 61.** Светодиодное освещение «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» в корпусе репродуктора 18×132 метров на предприятии ООО «ЧЕБАРКУЛЬСКАЯ ПТИЦА»

Основными критериями, по которым можно сравнить источники света, используемые в птицеводстве, являются:

### **1. Энергоэффективность**

Считается, что основные затраты птицеводческого предприятия на электроэнергию связаны с освещением птичников, особенно когда используются лампы накаливания. Светодиодные светильники за счет высокоэффективных источников света – светодиодов и их направленных свойств позволяют снизить потребление электроэнергии по сравнению с лампами накаливания в 10–12 раз, с люминесцентными в 1,5–3 раза при сохранении нормативной освещенности.

### **2. Безопасность эксплуатации осветительного оборудования**

Лампы накаливания и люминесцентные лампы, как правило, имеют напряжение питания промышленной сети – переменное 220 В. Птичники согласно 1.1.13 Правил устройства электроустановок (ПУЭ-7) можно отнести к категории помещений с повышенной опасностью поражения людей электрическим током, особенно в период мойки и обслуживания оборудования. Светодиоды, являясь источниками света, напряжение питания которых составляет не более 3,5 В, позволяют использовать светильники напряжением 24, 36 и 48 В постоянного напряжения. Использование электропитания осветительного оборудования с такими параметрами позволяет существенно повысить безопасность обслуживающего персонала в течение всего процесса выращивания или содержания птицы.



**Рис. 62. Светодиодное освещение «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» в корпусе 18×96 метров напольного выращивания цыплят-бройлеров на предприятии ГАП «РЕСУРС»**

### **3. Управление освещением, реализация современных режимов прерывистого освещения**

В настоящее время практически все птицеводческие хозяйства не только в России, но и во всем мире используют те или иные режимы прерывистого освещения. Их эффективность по сравнению с постоянным освещением доказана не только научными исследованиями, но и опытом практического применения. Позволяя корректировать в определенных пределах поведение и развитие птицы, прерывистое освещение обеспечивает дополнительное сокращение расходов на электроэнергию. Реализация режимов прерывистого освещения подразумевает наличие технической возможности в осветительном оборудовании птичника управлять интенсивностью светового потока каждого светильника от 0 до 100%, где 0% – полное отключение источника света, 100% – максимальное значение его светового потока. Причем, для использования функции «рассвет-закат», при которой нарастание при включении и убывание при выключении освещения происходит не скачком, а равномерно в течение заданного времени, необходимо, чтобы количество градаций (значений) светового потока светильников обеспечивало ощущение непрерывного изменения освещенности в птичнике.

Тепловой принцип действия ламп накаливания позволяет управлять ими в соответствии с режимами прерывистого освещения. В то же время необходимо помнить, что семисторные (тиристорные) схемы управления напря-



жением питания промышленной сети 220 В, необходимые для регулировки светового потока ламп накаливания, создают помехи в промышленной сети и могут оказывать влияние на другое не менее важное оборудование в птичнике, например, на управление другими системами микроклимата, вплоть до их выхода из строя.

Люминесцентные лампы, относящиеся к типу разрядных источников света, по принципу своей работы менее всего приспособлены к управляемому изменению их светового потока. Устройства, позволяющие обеспечить необходимое управление яркостью люминесцентных ламп, как правило, дорогостоящие и их использование приводит к сокращению срока службы источников света. Кроме того, большинство предложений на рынке не позволяют осуществить плавную «глубокую» регулировку от полного выключения до максимального уровня яркости. Некоторые технические решения для управления световым потоком компактных люминесцентных ламп, предложенные как российскими, так и зарубежными производителями, к сожалению, приводят к их быстрому выходу из строя.

Светодиодные системы освещения на современном этапе лучше всего подходят по своим техническим параметрам для реализации режимов прерывистого освещения любой сложности. Обусловлено это как физическими свойствами самих светодиодов, так и возможностями построения электрической схемы электропитания и управления осветительным оборудованием на базе светодиодных светильников. Светодиоды являются твердотельными полупроводниковыми источниками света, обладающими высоким быстродействием. Благодаря этому управление интенсивностью светового потока светильников можно организовать на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) питающего напряжения, не меняя номинальные значения напряжения и тока питающей цепи. В этом случае с частотой порядка нескольких кГц происходит постоянное включение и выключение светодиодных светильников, причем, чем больше промежутки времени выключения питания светильников при неизменном периоде, тем меньше освещенность, которая фиксируется органами зрения живых организмов. В данном случае важно понимать, что зрение человека, животных и птицы обладает определенной инертностью (персистенцией) и может фиксировать вспышки света, частота следования которых меньше некоторого значения. Согласно санитарным нормам это значение равно 300 Гц. Все что выше этого значения не фиксируется органами зрения как мерцание и не создает негативных последствий. Применение ШИМ позволяет обеспечить более высокий коэффициент полезного действия (КПД) осветительной системы на базе светодиодов, при этом достигается практически линейная зависимость светового потока светильников от управляющего воздействия, в отличие от ламп накаливания и люминесцентных ламп. Кроме того, использование ШИМ позволяет создавать на основе современных технологий недорогие и надежные системы управления освещением.

#### **4. Срок службы осветительного оборудования**

Средний срок службы ламп накаливания принято считать равным 1000 часам непрерывной эксплуатации. Для сравнения: 1 месяц (в тридцать дней) – это 720 часов. Таким образом, теоретически замена вышедших из строя ламп накаливания необходима каждые полтора месяца. Для увеличения срока службы лампы накаливания выпускают рассчитанными на напряжение: 220–235, 230–240 и 235–245В, которые при нормальном напряжении имеют световой поток на 6–8% ниже, чем у обычных ламп, а срок службы удлинён более чем вдвое, т.е. до 3000 часов. Даже при малой стоимости таких ламп, общие затраты предприятия на обслуживание и частую замену вышедших из строя, представляют довольно существенную сумму.

В свое время снять остроту проблемы позволило использование трубчатых, а затем и компактных люминесцентных ламп. Срок службы разрядных источников света составляет 5 000 часов, а по заявлениям некоторых производителей до 10 000 часов. Следует отметить, что к концу срока службы, световой поток снижается на 30–35%.

Использование светодиодов позволяет говорить о продлении срока службы источников света до 50 000 часов и выше. В настоящее время находятся в эксплуатации системы светодиодного освещения компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» на предприятии ГАП «РЕСУРС», установленные в ноябре 2009 года. За шесть лет работы (практически 52 000 часов) освещенность в корпусах выращивания бройлеров в настоящий момент не ниже нормативной, а количество источников света, вышедших из строя по различным причинам за это время, не более 4–5%.

#### **5. Экологическая безопасность и обязательная утилизация**

Люминесцентные лампы по причине наличия в их составе ртути являются небезопасными с точки зрения экологии и подлежат утилизации. Даже относительно небольшое количество соединений ртути в каждой лампе при их разрушении в птичнике приводит к необходимости проводить комплекс специальных мероприятий по нейтрализации ядовитых веществ и предотвращению их попадания в корм, воду и на кожу птицы, а также негативного воздействия на обслуживающий персонал. Кроме того, утилизация неисправных люминесцентных ламп в обычном порядке запрещена действующим законодательством и требует передачи их специализированным организациям, занимающимся переработкой и нейтрализацией ядовитых веществ. Соответственно, это требует дополнительных расходов птицеводческого предприятия. В то же время лампы накаливания и светодиодные светильники не требуют специальных мер по утилизации и являются безопасными в экологическом плане.

Указанные выше сравнительные характеристики в большей степени относятся к самим источникам света, а не к системам освещения, в которых они хоть и самые важные, но, тем не менее, не единственные компоненты.

Под системой освещения следует понимать совокупность источников света, оборудования электропитания и управления освещением в

помещении, позволяющем синхронно по заданной программе изменять яркость светильников в автоматическом или ручном режиме.

Осветительное оборудование в птичниках на современном этапе развития птицеводства уже невозможно рассматривать как простое совместное размещение независимых источников света, в птичниках они объединены в системы освещения, к которым предъявляются дополнительные требования:

- одновременное синхронное управление яркостью как можно большего количества светильников в соответствии с режимами прерывистого освещения;
- обеспечение лучшей равномерности освещения в заданных местах, в горизонтальной или вертикальной плоскости для создания одинаковых условий содержания всего поголовья птицы, в том числе возможность применения маломощных источников света от 0,3 до 1,5 Вт и световым потоком от 30 до 200 Лм при клеточном содержании птицы;
- создание электро- и пожаробезопасных систем освещения, частично или полностью исключающих негативное воздействие на человека, птицу и окружающую среду как в рабочем, так и в аварийном режимах;
- возможность выбора цветовой температуры или цвета (длины волны) источников света в зависимости от необходимых условий;
- обеспечение высокой цветопередачи источников света в целях улучшения условий содержания птицы и труда обслуживающего персонала.

Естественно, что вышеизложенные требования должны обеспечиваться при стоимости оборудования, монтажа и обслуживания, допускающей окупаемость в разумные сроки.

### **Системы освещения на лампах накаливания**

Еще 30–40 лет назад в птичниках практически повсеместно использовались лампы накаливания. Свет, как правило, был включен круглосуточно, что вело к огромным затратам на электроэнергию и снижало производственные показатели. Освещенностью в помещении пытались управлять путем отключения части светильников, расположенных в одной линии или, например, через один светильник. Появление первых в мире исследований в области режимов прерывистого освещения во Всероссийском научно-исследовательском и технологическом институте птицеводства г. Сергиев Посад в 90-х годах прошлого века позволило поднять на качественно новый уровень эффективность производства яйца и мяса птицы и определило необходимость объединения осветительного оборудования птичников в полноценные системы освещения.

Система освещения птичника на лампах накаливания в общем случае состоит из двух компонентов – непосредственно из самих ламп накаливания и устройства (блока) электропитания и управления освещенностью. Наибольшее распространение в Российской Федерации имеют лампы нака-

ливания, параметры электропитания которых рассчитаны на подключение непосредственно (без преобразования) к промышленной сети 220 В переменного тока, хотя существуют лампы накаливания 36 В переменного тока, а также постоянного тока. В таблице 80 приведены параметры наиболее распространенных ламп накаливания. Как видим, световая эффективность не превышает 15,5 Лм/Вт, в связи с чем, на законодательном уровне в нашей стране ограничено использование ламп накаливания с мощностью более 100 Вт в интересах создания благоприятных условий для перехода на гораздо более эффективные источники света – люминесцентные лампы, а особенно – светодиоды.

**80. Соотношение электрической мощности, светового потока и световой отдачи для ламп накаливания в виде «груши», популярных в России, цоколь E27**

Электрическая мощность, Вт	Световой поток, Лм	Световая отдача, Лм/Вт
15	90	6
25	230	9,2
40	420	10,5
60	720	12
75	940	12,5
100*	1360	13,6
150*	2200	14,6
200*	3100	15,5

Примечание. \* – не допускаются к использованию на территории России согласно Федеральному Закону Российской Федерации № 261-ФЗ от 11.11.2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»

Устройства управления освещением на лампах накаливания представляют собой, как правило, *тиристорные или симисторные регуляторы напряжения*, которые позволяют изменять яркость источников света, меняя напряжение, подаваемое в нагрузку. В таких регуляторах ключ, которым является тиристор или симистор, отпирается один раз за полупериод сетевого напряжения. Путем изменения фазы отпираания достигается возможность плавно и в широком диапазоне изменять напряжение в нагрузке, однако при этом существенно искажается форма напряжения, что приводит к уменьшению коэффициента мощности, росту процентного содержания высших гармоник в сетевом токе и увеличению пульсаций светового потока источника света. Искажение параметров тока промышленной сети, наблюдаемое при этом, может негативно сказаться на работе других устройств и электрических приборов в птичнике, особенно систем управления ими.

Первоначальное впечатление о системах освещения на лампах накаливания складывается на основе беспрецедентно низкой по сравнению с другими источниками света начальной стоимости оборудования, но малая энергоэффективность ламп накаливания приводит к очень большим затратам на электроэнергию для создания нормированной освещенности в птичнике. В



вечном итоге в ходе эксплуатации стоимость таких систем освещения будет существенно превышать осветительное оборудование и на люминесцентных лампах и на светодиодных светильниках. Попытки улучшить равномерность освещения в птичнике за счет увеличения количества источников света приведет только к несоразмерному возрастанию затрат на электроэнергию. Кроме того, лампы накаливания являются ненаправленными источниками света и излучают световой поток практически одинаково во все стороны, что негативно влияет на равномерность освещения при их использовании в случае клеточного содержания птицы и расположении источников света в проходах между батареями. Различия в уровне освещенности на нижних и верхних ярусах клеток в таких случаях может достигать до нескольких десятков. Тем не менее, необходимо отметить гораздо лучшую цветопередачу ламп накаливания как источников света, перед люминесцентными лампами и даже перед светодиодами. Принцип действия ламп накаливания не позволяет изменять цветовую температуру или цвет излучения. Как правило, их цветовая температура находится в диапазоне от 2700 К до 3500 К и зависит в том числе, от изменений напряжения в промышленной сети.

#### **Системы освещения на люминесцентных лампах**

В отличие от ламп накаливания, принцип действия которых основан на излучении нити накаливания при ее нагревании электрическим током, люминесцентные лампы (ЛЛ) представляют собой разрядные источники света, в которых ультрафиолетовое излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в длинноволновое видимого спектра. Первые образцы отечественных люминесцентных ламп были созданы в 1936–1940 гг. группой московских ученых и инженеров под руководством С.И. Вавилова. Перед разработчиками люминесцентных ламп всегда стояла задача уменьшения их размеров. Возможность резкого сокращения размеров и создания компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) появилась только в начале 90-х годов с появлением технологий производства редкоземельных люминофоров. В настоящее время, несмотря на активное внедрение светодиодных технологий освещения, осветительные установки с люминесцентными лампами составляют в развитых странах более 60% вырабатываемой световой энергии. В птицеводстве также достаточно широко используются разрядные источники света, но в основном это трубчатые люминесцентные лампы (ТЛЛ), градация которых по мощности представлена в таблице 81. В 2000 годах были популярны системы освещения на КЛЛ голландской компании «GASOLEC», которые представляли собой наиболее качественное осветительное оборудование для птицеводства. Использование других компактных люминесцентных ламп, особенно тех, которые предлагаются для широкого потребления с низкой стоимостью, как показала практика, для птицеводства не пригодны по причине невозможности управления их световым потоком и крайне низкой надежности. В таблице 82 показана мощность, световой поток и световая отдача наиболее распространенных КЛЛ.

**81. Стандартные параметры люминесцентных трубчатых ламп белого света с колбой диаметром 26 мм (Т8) и цоколем G13**

Электрическая мощность, Вт	Световой поток, Лм	Световая отдача, Лм/Вт
15	720–800	53
18	950–1150	63
30	1800–2250	75
36	1900–2850	80
58	3750–4600	80
70	5450–5550	80

**82. Параметры некоторых компактных люминесцентных ламп белого света со встроенным электронным пускорегулирующим аппаратом (ЭПРА) и резьбовым цоколем**

Электрическая мощность, Вт	Световой поток, Лм	Световая отдача, Лм/Вт
5	200–240	48
7	400	57
11	480	43
15	900	60
20	1200	60
23	1500	65
30	1900	63

Современная система освещения с люминесцентными лампами в птичнике состоит из непосредственно светильников, электронных пускорегулирующих аппаратов (ЭПРА), установленных в корпусах светильников и устройства управления, представляющего собой контроллер или ПЭВМ. В таких системах освещения в отличие от ламп накаливания появляется разделение цепей электропитания и управления для каждого светильника. ЭПРА, способные обеспечить регулировку светового потока люминесцентных ламп, как и сами корпуса светильников и люминесцентные лампы массово выпускаются как в нашей стране, так и за рубежом. Контроллеры управления системой освещения, доступные в массовом производстве, как правило, не приспособлены к эксплуатации в птичниках. Поэтому, специализированные устройства управления системами освещения на трубчатых люминесцентных лампах для птицеводства разрабатываются компаниями, занимающимися выпуском оборудования именно в этой области сельского хозяйства. Как правило, у крупных фирм функция управления освещением интегрирована в устройство управления общим микроклиматом в птичниках. Управляющий аналоговый сигнал от 0 до 10 В является универсальным для большинства выпускаемых ЭПРА, что позволяет легко конфигурировать систему освещения в птичнике и снижает стоимость оборудования. Такой ЭПРА устанавливается в корпусе светильника на ТЛЛ. В КЛЛ он находится в

самой лампе и для большинства источников света не предназначен для внешней регулировки светового потока, что и приводит при попытках управлять яркостью к выходу ее из строя.

Отечественная компания «РЕЗЕРВ» г. Тула разработала и выпускает устройство управления системами освещения на люминесцентных лампах, используемых в птицеводстве. Регулятор освещения РЛО-02 (рис. 63) позволяет управлять до 300 люминесцентных светильников, подключаемых к выходу управляющего аналогового сигнала 0...10 В и обеспечивает изменение освещенности в птичнике согласно заданных режимов прерывистого освещения с реализацией в современном варианте функции «рассвет-закат».



Рис. 63. Регулятор освещения РЛО-02 компании «РЕЗЕРВ» г. Тула

Несмотря на преимущества люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания, которые заключаются в лучшей энергоэффективности (60–90 Лм/Вт у разрядных источников света против 15–20 Лм/Вт у ламп накаливания) и большем сроке службы (до 15 000 часов у люминесцентных ламп и до 3 000 часов у ламп накаливания), системы освещения на люминесцентных лампах обладают существенными недостатками.

**Во-первых**, как уже отмечалось ранее, сложность реализации управления световым потоком источников света, необходимого для осуществления режимов прерывистого освещения в птичниках. Если для ТЛЛ существуют вполне надежные способы изменения яркости ламп с плавной регулировкой от полного выключения до максимального светового потока, то для КЛЛ в настоящее время надежных систем управления яркостью светильников нет. Некоторые отечественные компании представляли на рынок свои технические решения в этой области, но на практике в процессе эксплуатации ис-

пользование таких устройств, как правило, приводило к массовому выходу из строя КЛЛ и не решало поставленной задачи. Необходимо также помнить, что для ТЛЛ использование систем освещения с полноценной регулировкой освещенности в помещении связано с увеличением стоимости, в настоящее время такое осветительное оборудование, как правило, стоит дороже светодиодного.

**Во-вторых**, при использовании ЛЛ может наблюдаться пульсация светового потока, вызванная пульсацией ультрафиолетового излучения столба разряда. Для промышленной сети с частотой 50 Гц частота пульсаций составляет 100 Гц. Коэффициент пульсаций ЛЛ может достигать до 50–60%, при максимально допустимых 5–20% в зависимости от назначения помещения с постоянным присутствием людей (СП 52.13330.2011). Наиболее заметна пульсация яркости свечения концевых участков ЛЛ, так как здесь частота пульсаций в два раза ниже, чем в середине лампы. Такие пульсации могут негативно отражаться на здоровье обслуживающего персонала и птицы. Снизить воздействие пульсаций позволяет включение в электрическую схему нескольких светильников с ЛЛ так, чтобы их токи были сдвинуты по фазе (трехфазное питание). Радикальным средством снижения пульсаций является применение ЭПРА, которые преобразуют частоту тока питания ламп из 50 Гц в более высокую. В некоторых случаях это позволяет достичь величины пульсаций менее 1%.

**В-третьих**, люминесцентные лампы в процессе эксплуатации генерируют радиопомехи в диапазоне от 0,15 до 1,5 МГц (длинные и средние волны). В таблице 83 приведены данные о радиопомехах различных по мощности ЛЛ.

**83. Уровни радиопомех, создаваемых некоторыми типами ЛЛ**

Мощность ламп, Вт	Уровень радиопомех, дБ, при частоте, МГц				
	0,15	0,25	0,5	1,0	1,5
20	67	67	73	70	65
40	78	76	66	48	40
60	76	80	77	67	59

Снизить уровень радиопомех до безопасного согласно ГОСТ Р 51318.14.1–99, позволяет применение фильтра, являющегося элементом электрической схемы люминесцентного светильника.

Кроме того, как уже отмечалось ранее, использование ЛЛ влечет за собой дополнительные расходы на специальную утилизацию с учетом токсичности ртути, содержащейся в наполнении лампы (до 30 мг).

Люминесцентные лампы, выпускаемые отечественной и зарубежной промышленностью, могут иметь различный цвет свечения, а источники белого света различную цветовую температуру. При этом необходимо помнить, что ЛЛ красного, розового, зеленого или синего цвета имеют спектральный состав излучения, отличающийся от монохромных источников указанных



цветов. Получение цветного оттенка излучения таких ламп достигается увеличением мощности на тех длинах волн, которые соответствуют необходимым цветам, другие составляющие, характерные для ЛЛ белого света, также присутствуют, но имеют меньшую мощность. Поэтому данные некоторых исследований в нашей стране и за рубежом, связанные с выявлением влияния излучения источников света определенных цветов (длин волн) на развитие птицы могут быть некорректны для ЛЛ.

Люминесцентные лампы выпускаются с различной цветовой температурой свечения. Общий диапазон цветовой температуры (цветности) источников белого света делится согласно рекомендациям международной комиссии по освещению (МКО) на 3 группы, как представлено в таблице 84.

**84. Группы цветности (цветовой температуры) источников белого света, согласно рекомендациям МКО**

Цветовая температура, К	Наименование группы
Менее или равно 3300	теплый (теплый белый)
3300—5300	средний (нейтральный белый)
Более или равно 5300	холодный (холодный белый)

Необходимо помнить, что спектр излучения ЛЛ может содержать в себе ультрафиолетовые составляющие. Это обусловлено излучением в этом диапазоне паров ртути. На долю такого резонансного излучения приходится больше 60% мощности лампы. Фильтром, значительно подавляющим ультрафиолетовое излучение ЛЛ, является обычное силикатное стекло колбы лампы, поэтому этот материал является обязательным элементом конструкции этого источника света. Исключение составляют ультрафиолетовые ЛЛ, в которых колба лампы состоит из кварца.

Индекс цветопередачи (ИЦ) люминесцентных ламп, выпускаемых промышленностью, может колебаться от 40 до 95. При этом источником света с максимальным индексом цветопередачи, равным 100, считают излучение абсолютно черного тела. ИЦ, практически равный 100, имеет естественное излучение Солнца на поверхности Земли, поэтому в большинстве случаев его считают эталонным. Индекс цветопередачи определяет правильность и естественность восприятия цветов окружающих предметов человеком. Безусловно, что и для других живых организмов на нашей планете он важен. Таким образом, чем выше ИЦ источника искусственного освещения, тем больше полезной информации об окружающей среде получит живое существо, у которого в процессе эволюции развилась способность различать длины волн (цвет) отраженного от окружающих предметов излучения.

Электропитание люминесцентных ламп осуществляется напряжением промышленной сети 220 В, поэтому по электро- и пожаробезопасности это ставит их в один ряд с лампами накаливания, в отличие от светодиодов.

### Светодиодные системы освещения

Использование твердотельных источников света (светодиодов), развитие аппаратных и программных средств управления и низковольтного электропитания позволяют создавать современные системы освещения, в том числе и в птицеводстве. Такие системы освещения представляют сложный комплекс аппаратных устройств, программного обеспечения, элементов управления, средств контроля и защиты не только самой системы, но и внешней среды. В качестве примера, на рисунке 64 представлена структура системы светодиодного освещения компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП».

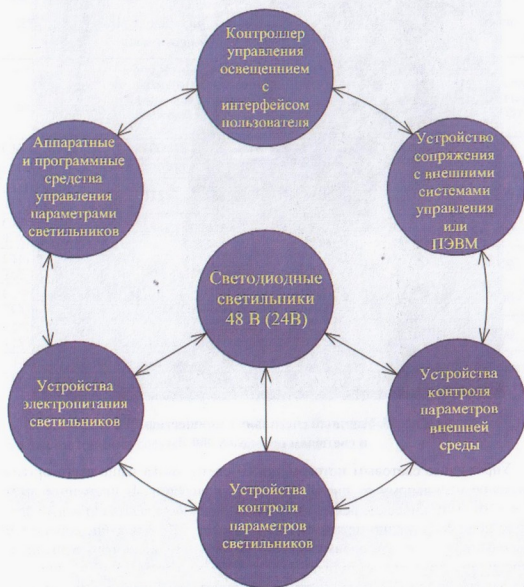


Рис. 64. Структура системы светодиодного освещения «ХАМЕЛЕОН» компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП»

Светодиодные светильники в составе систем освещения могут быть с питанием непосредственно от промышленной сети 220 В или пониженным напряжением. На рис. 65 изображен уличный светильник компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» мощностью 70 Вт и световым потоком 8 000 Лм.



**Рис. 65. Уличный светильник мощностью 70 Вт  
и световым потоком 8 000 Лм**

Управление световым потоком такого светильника чаще всего организуется по отдельному от питания каналу управления. В настоящее время появляются технические решения, позволяющие передавать сигналы управления непосредственно по промышленной сети 220 В, но они дороги и не позволяют реализовать преимущество систем светодиодного освещения по сравнению с другими источниками света, а именно возможность существенно повысить электробезопасность в птичниках, используя пониженное напряжение.

Компания «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» в системах светодиодного освещения для птицеводства использует пониженное напряжение питания светодиод-

ных светильников 48 В, кроме того, есть возможность изменения параметров оборудования под использование постоянного напряжения 24 В. Такое напряжение позволяет производить системы освещения, для питания которых используются альтернативные экологически чистые источники энергии, такие как солнечные батареи, ветряные и водяные компактные электростанции, установки, использующие биогаз. В таблице 85 представлены некоторые, наиболее распространенные модели светодиодных светильников компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП». Всего компания выпускает более 50 разновидностей светодиодных источников света.

**85. Технические характеристики некоторых светодиодных светильников с пониженным напряжением питания 48 В**

Артикул светильника	Габаритные размеры, (длина и диаметр), мм	Кол-во светодиодов, шт.	Мощность*, Вт	Световой поток, Лм	Световая отдача, Лм/Вт
СК-100Т(Х)	100×15	6	0,6	60	100
СК-400Т(Х)	400×15	12	1,5	150	100
СН375-6-12-Т(Х)	375×15	12	6	600	100
СН375-7-12-Т(Х)	375×15	12	7	700	100
СН675-12-24-Т(Х)	675×15	24	12	1200	100
СН675-14-24-Т(Х)	675×15	24	14	1400	100
СН975-18-36-Т(Х)	975×15	36	18	1800	100
СН950-21-36-Т(Х)	750×15	36	21	2100	100

Примечание. \* – указана максимальная мощность.

Основными элементами светодиодного светильника являются твердотельные источники света – светодиоды (рис. 66).



**Рис. 66. Светодиодный светильник на напряжение питания 48 В (24 В)**



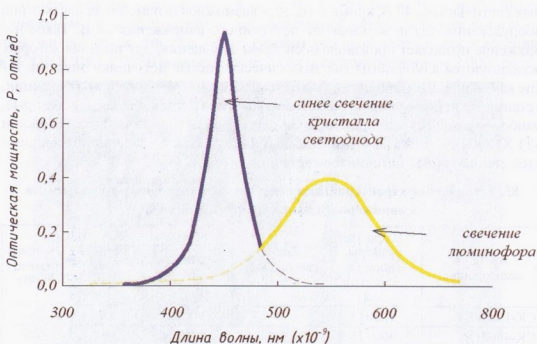
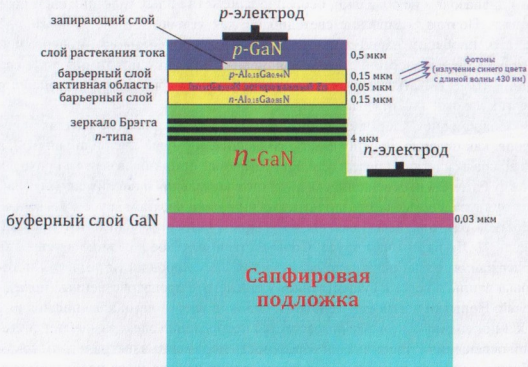


Рис. 67. Спектр излучения светодиода белого света на основе люминофора YAG

Светодиод состоит из кристалла (кристаллов), корпуса, контактных групп и оптической системы, которая обеспечивает вывод от кристалла и определенную направленность светового потока. В случае светодиодов белого свечения в их состав входит люминофор или краситель, обеспечивающий преобразование части излучения кристаллов в синей области видимого спектра (430–470 нм) в излучение видимого спектра меньшей энергии (500–700 нм), например, желтой и (или) красной области. На рисунке 67 изображен спектр излучения светодиода с цветовой температурой 5000 К. Такой суммарный спектр органы зрения человека будут воспринимать как белый свет.

**Кристаллы светодиодов** представляют собой твердый раствор химических веществ, произведенных (или, как говорят, выращенных) по определенной технологии. Например, кристаллы светодиодов, излучающих свет в зеленой и синей части видимого спектра, содержат растворы  $InGaN/AlGaIn/GaN$  (основные химические элементы — индий, галлий, азот, алюминий), для светодиодов, излучающих свет в красной и желтой части видимого спектра этот состав —  $AlInGaP/GaP$  (основные химические элементы кристалла — индий, галлий, алюминий, фосфор). Для светодиодов  $InGaIn$ , излучающих свет в голубой и синей части (430–470 нм) строение кристалла представлено на рисунке 68. Использование светодиодных светильников пониженного напряжения в птичниках больших размеров определяет необходимость учета потерь в протяженных кабельных линиях электропитания. Нелинейность зависимости светового потока светодиода от рабочего тока и напряжения может приводить к неравномерности освещенности в начале и конце птичника на 20% и более. Для обеспечения одинаковых параметров питания светодио-



**Рис. 68. Структура кристалла светодиода, излучающего свет в синей части видимого спектра (длина волны 430 нм)**

дов и выравнивания их светового потока на всех светильниках в птичнике в состав электрической схемы источника света ставят стабилизаторы тока. Несмотря на снижение энергоэффективности источника света на 10–15%, светильники достигают световой отдачи в 100–110 Лм/Вт и позволяют создать одинаковые условия по освещению для всего поголовья птицы при использовании пониженного напряжения.

Пониженное напряжение питания источников света также позволяет использовать компактные герметичные корпуса светодиодных светильников. Размеры такого корпуса определяются габаритами светодиодного модуля и включают в себя конструктивные элементы, выполняющие роль радиатора для отвода тепла от светодиодов. Эти элементы состоят из материалов, обладающих хорошей теплопроводностью. С точки зрения «эффективности-стоимости» в настоящее время наиболее подходит алюминий и его сплавы, хуже теплопроводность у стали, все более активно применяются специальные полимерные материалы с улучшенной теплопроводностью. По сравнению с корпусами светодиодных светильников, состоящих полностью из поликарбоната или обычной пластмассы, использование теплопроводящих конструктивных элементов может продлить срок службы светодиодного источника света на 20–30%. Малые размеры светодиодов позволяют создавать светодиодные светильники различного светового потока в диапазоне от 30 до 20 000 и выше Лм в одном корпусе. Лампы накаливания и люминесцентные лампы, которые производятся в настоящее время промышленностью, та-

ким диапазоном не обладают, особенно в области малых значений светового потока. Поэтому появление светодиодов, как источников света, позволило решить проблему равномерности освещения при клеточном содержании птицы. При всех достоинствах выращивания и содержания птицы в клетке, одним из недостатков всегда являлось неудовлетворительное освещение в местах нахождения птицы.

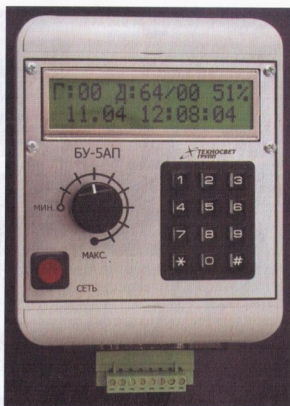
Современное клеточное оборудование для выращивания цыплят-бройлеров, как правило, предполагает размещение кормушек и поилок внутри, а не по краям клетки. В результате, при установке источников света в проходах между батареями, освещенность на фронте кормления и поения сильно зависит от яруса. Она может различаться на нижнем и верхнем ярусе в несколько десятков раз, от 200 и более Лк на верхнем четвертом или пятом ярусе, и менее 10 Лк на нижнем ярусе. Соответственно, такое различие в условиях содержания птицы негативно сказывается на однородности развития поголовья птицы и ведет к существенному снижению производственных показателей. Попытки установки непосредственно в клетки ламп накаливания или КЛЛ приводили к резкому возрастанию потребления электроэнергии системой освещения и увеличивали вероятность поражения электрическим током обслуживающего персонала и возникновения пожара из-за необходимости монтажа линий электропитания источников света напряжением промышленной сети 220 В непосредственно по металлическим конструкциям клетки. В 2009 году компания «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» одной из первых разработала и внедрила систему локального светодиодного освещения для клеточной технологии производства яйца и мяса птицы. На рис. 69 в птичнике с клеточным оборудованием для откорма цыплят-бройлеров установлена система светодиодного освещения компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП». Оборудование известной немецкой фирмы «BIG DUTCHMAN» на корпус размерами 18×96 метров включает шесть батарей в четыре яруса. Светодиодные светильники размещаются над каждой кормушкой и развернуты, как видно на фотографии, поперек направления батареи, что позволяет обеспечить необходимую освещенность на кормовом фронте. Кроме того, как показывает практика, такое расположение светильников создает нормативный уровень освещения на поилках по обе стороны от линии кормушек, особенно необходимый в начале цикла выращивания, при заселении в клетки цыплят, и позволяет снизить падеж птицы. Мощность каждого светодиодного светильника СК-400 Т(Х), используемого в таких системах освещения компанией «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» составляет 1,5 Вт, при использовании 1776 источников света, общее максимальное энергопотребление осветительного оборудования не превышает 2,8 кВт/час. По сравнению с подобным локальным освещением на лампах накаливания, разница в энергопотреблении может быть в 36 раз, с люминесцентными источниками света в 10 раз.



**Рис. 69. Система локального светодиодного освещения в клеточном оборудовании для откорма бройлеров (максимальная освещенность на уровне кормушек не менее 100 лк)**

Пониженное напряжение питания 48 В (24 В) позволяет обеспечить безопасность персонала даже при мойке оборудования и включенных светильниках.

Применение светодиодов в качестве источников света позволяет использовать для изменения их яркости современные способы управления световым потоком источников света. Использование ШИМ с частотой от 800 до 1 кГц позволяет эффективно регулировать освещенность с высокой надежностью оборудования и относительно малой стоимостью по сравнению с другими способами регулировки яркости светильников. Кроме того, способы автоматического (согласно жестко заданного алгоритма) и автоматизированного (с возможностью вмешательства персонала в заданный алгоритм для локального изменения освещенности) управления освещенностью на весь цикл выращивания и содержания птицы можно реализовать на оборудовании малых габаритных размеров с использованием интуитивно понятного для персонала интерфейса и с небольшой стоимостью. Нельзя забывать, что в этом случае появляется возможность использовать для снижения стресса птицы, включение и выключение освещения с плавным возрастанием и убыванием уровня освещенности с заданной продолжительностью (имитация «рассвета» и «заката»). На рис. 70 представлен блок управления БУ-5АП из состава систем светодиодного освещения компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП». Его технические характеристики приведены в таблице 86.



**Рис. 70. Блок управления светодиодным освещением БУ-5АП**

Система светодиодного освещения включает в себя элементы внутреннего контроля температуры и рабочего тока светодиодных светильников, параметров промышленной сети 220 В. Предусмотрена возможность подключения внешних датчиков освещенности и вывода рабочих параметров системы освещения на внешние устройства.

В настоящее время специалистами компании «ТЕХНОСВЕТ ГРУПП» активно ведется разработка систем светодиодного освещения, в которых будут использоваться цифровые сигналы управления, что позволит существенно расширить возможности оборудования.

#### **86. Технические характеристики блока управления БУ-5АП**

Техническая характеристика	Значение
Мощность, Вт	20
Максимальное количество светодиодных светильников регулирования, шт	до 10 000
Питание, В, Гц	220, 50
Диапазон рабочих температур, °С	от -10 до +40
Срок службы, лет	не менее 10
Выходной сигнал управления, В	ШИМ, 12 В



Техническая характеристика	Значение
Внешний управляющий сигнал	аналоговый 0–10 В, 4–20 мА или «сухие контакты»
Количество событий (изменений яркости) в астрономических сутках	до 18
Количество дней (суток) в каждой группе дней	от 1 до 99
Количество групп дней (суток)	от 1 до 47
Точность (шаг) программирования времени переключения, мин	1
Время изменения яркости при включении (выключении) светильников, сек	0; 30; 60; 90; 120; 180; 300; 600; 1200 с точностью $\pm 10\%$
Диапазон установки уровня освещения, % от максимального	от 0 до 99
Точность установки уровня освещения, % от максимального	1
Возможность добавить/убавить яркость во время работы программы на время до следующего переключения, % относительно заданной программно	от 1 до $\pm 49$
Режим ручной регулировки яркости освещения с выходом из работы программы по расписанию, от регулятора на лицевой панели блока	есть
Автоматическое сохранение всех текущих параметров и режима работы блока при аварийном выключении питания и возврата в них при включении питания	возврат происходит в группу дней и день расписания, в котором произошло отключение питания
Защита от несанкционированного доступа	доступ к изменению настроек блока и программы по паролю (пин-коду)

На современном этапе развития производства твердотельных источников света, в системах светодиодного оборудования можно использовать светодиоды практически любой цветовой температуры согласно таблицы 84. Индекс цветопередачи светодиодных светильников может достигать до 95, что ставит их в один ряд по этому параметру с лампами накаливания.

Кроме существенного сокращения затрат на электроэнергию, системы светодиодного освещения позволяют осуществить прорыв и в области обеспечения равномерности освещения в птичнике. Выше было показано использование светодиодных светильников при локальном освещении клеточного оборудования, но и при традиционном размещении светильников в проходах между клеточными батареями, а также и при напольном содержании и выращивании птицы светодиодные источники света могут существенно повысить равномерность освещения. Основным способом здесь является использование большего количества менее мощных светильников. При этом общая стоимость осветительного оборудования увеличивается незначительно при неизменном общем энергопотреблении.

Таким образом, основные преимущества светодиодных систем освещения в птицеводстве перед лампами накаливания и люминесцентными лампами можно свести к следующему:

- гораздо меньшее энергопотребление;
- обеспечение большей безопасности обслуживающего персонала;
- обеспечение более высокой равномерности освещения;
- возможность использования современных режимов прерывистого освещения;
- отсутствие вредного влияния на окружающую среду;
- сокращение затрат предприятия на обслуживание осветительного оборудования.

Следует отметить, что светодиодные технологии в настоящее время переживают период бурного развития, их стоимость постоянно уменьшается при улучшении технических параметров, что делает их все более привлекательными для использования в том, числе и в птицеводстве.

### **Приборы для контроля и наладки систем жизнеобеспечения птицы**

Для настройки системы вентиляции на экономичный режим работы необходимы приборы для определения концентрации  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , скорости движения воздуха, даны характеристики приборов (табл. 87).

**87. Приборы для оперативного контроля параметров микроклимата**

Параметр воздуха	Прибор	Диапазон измерения	Погрешность
Температура	Метеометр МЭС-2, «Kestrel-3000» (США)	-70 до +50°C -50 до +50°C	±1°C ±0,1°C
Влажность	Психрометр МВ-4М, МЭС-2, «Kestrel-3000»	10 до 100%	±3%
Скорость движения	МЭС-2, «Kestrel-3000»	0,3–40 м/с	±3%
Концентрация $\text{CO}_2$	Газоанализатор ПГА-К-25, Fluke 975 AirMeter	0–2% 0–70 мг/м <sup>3</sup>	±5% ±25%
Концентрация $\text{NH}_3$	Газоанализатор ПГА-К-25	2–30 мг/м <sup>3</sup>	±25%
Концентрация $\text{H}_2\text{S}$	Аспиратор АМ-5 с трубкой индикаторной	0–100 мг/м <sup>3</sup>	±0,01%
Концентрация пыли	Анализатор пыли 8520, электроаспиратор 822 с фильтром АФА	0–100 мг/м <sup>3</sup>	±0,1%
Бак. обсемененность	Чашка Петри, Тестер М Air T	20–500 тыс.	
Уровень шума	Алгоритм-03	0–120Дб	–
Освещенность	Люксметр АТТ-1507, ПроКИП-Ю-116	0–100000 лк 0–100000 лк	±5% ±3%