

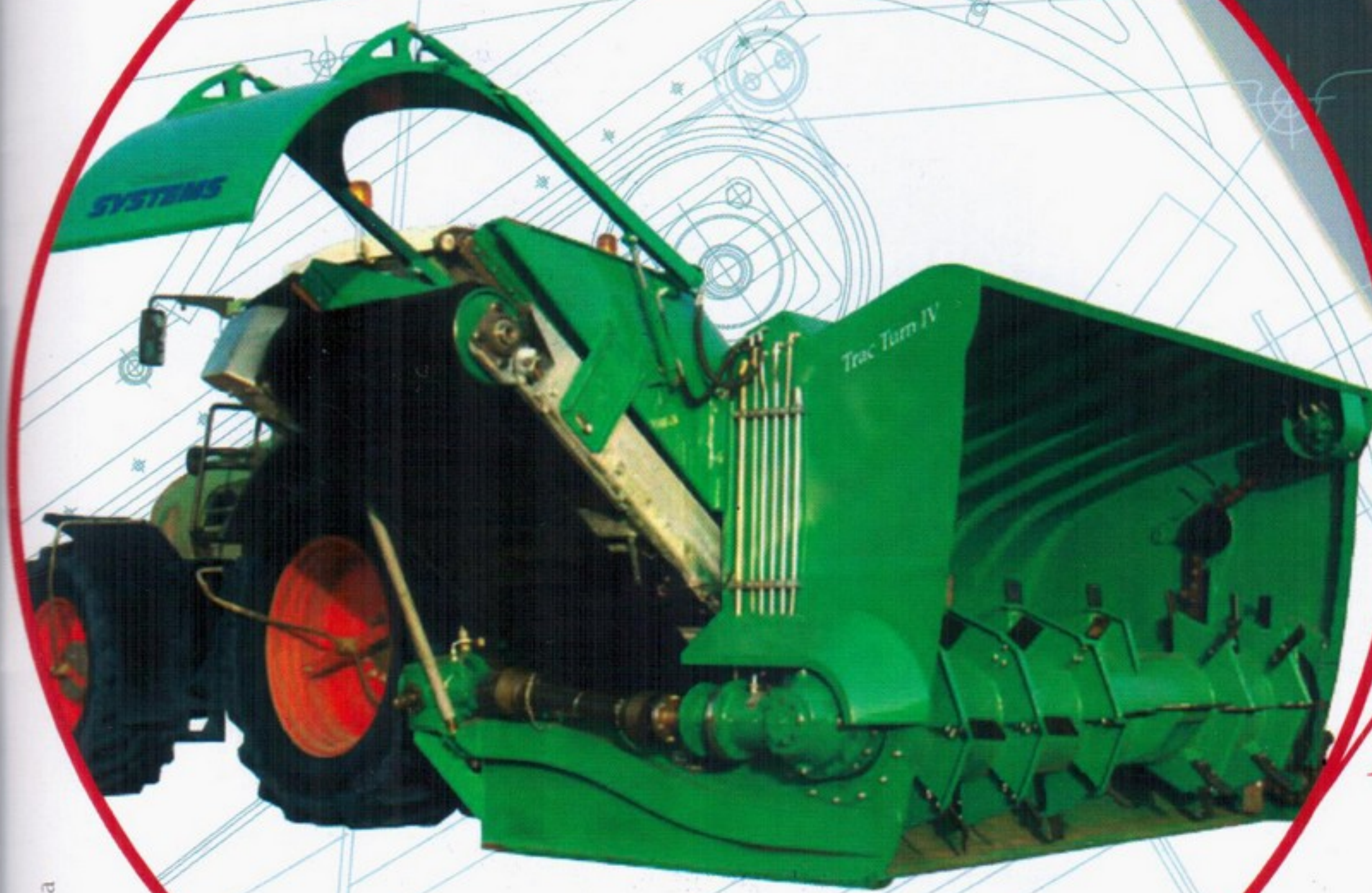
# ПТИЦЕВОДСТВО

ОСНОВАН В ЯНВАРЕ 1951 ГОДА

№ 04 · 2016

## УСКОРЕННОЕ КОМПСТИРОВАНИЕ – ЭТО ВЫГОДНО

- решения «под ключ»
- 100% контроль параметров
- производительность до 500.000 тонн в год



# AGROVO

Агрово Москва  
Рублевское шоссе,  
д. 11, корп. 2, офис 3  
Россия, 121108 Москва  
Тел.: +7 495 937 68 45/46/47  
Факс: +7 495 443 98 35  
E-mail: moscow@agrovo.com  
www.agrovo.com

Agrovo Handelsgesellschaft mbH  
Geusaugasse 8/8  
1030 Vienna  
Austria  
Tel.: +43 1 710 65 27  
Fax: +43 1 710 66 29  
E-mail: office@agrovo.com  
www.agrovo.com

Compost  
**SYSTEMS**



УДК 631.22:628.9

## Сравнительная эффективность различных систем освещения в птицеводстве

Кавтарашвили А.Ш., главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Гладин Д.В., соискатель, ФГБНУ ВНИТИП

### Аннотация.

Материал посвящён осветительному оборудованию, используемому в птицеводстве. Дано понятие и раскрыто содержание элементов, входящих в систему освещения при использовании различных источников света. На основе анализа технических характеристик систем освещения на базе ламп накаливания, люминесцентных ламп и светодиодов показаны преимущества и недостатки указанного оборудования в условиях птицеводческих предприятий. Особое внимание обращено на использование светодиодных технологий, рассмотрен их состав, устройство и технические характеристики, а также преимущества перед другими источниками света.

**Ключевые слова:** птицеводство, системы освещения, лампы накаливания, люминесцентные лампы, светодиоды, управление освещением, спектр, цветовая температура, широтно-импульсная модуляция.

## The Comparative Efficiency of Different Lighting Systems for Poultry

Kavtarashvili A.Sh., Dr. of Agric. Sci., Prof., Chief Scientist

Gladin D.V., Aspirant, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (VNITIP)

### Summary.

The lighting equipment for poultry is discussed. The entire lighting systems and their elements are described for different light sources. The advantages and shortcomings of incandescent, luminescent and LED lamps were determined by analysis of corresponding technical parameters. The special emphasis on LED equipment is made: its structure, technical properties, and comparative advantages are described.

### Key words:

poultry, lighting systems, incandescent lamps, luminescent lamps, LED lamps, light control, specter, color temperature, pulse-duration modulation.

Свет является одним из важных факторов окружающей среды, активно влияющим на рост, развитие, жизнеспособность и продуктивность птицы. Современные птичники представляют собой изолированные от внешней среды системы, в которых создаётся управляемый человеком микроклимат, направленный на повышение производственных показателей. Отсутствие солнечного све-

та обуславливает необходимость применения 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 приме-

няют лампы накаливания и люминесцентные, а также светодиоды. Причём в настоящее время светильники на основе светодиодов активно вытесняют другие источники света. Практически каждый новый проект по строительству птичников предусматривает использование светодиодного освещения. Активно ведётся замена устаревшего осветительного оборудования на светодиод-







ное 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 г. установило более 1700 комплектов современного светодиодного осветительного оборудования для птичников на 175 предприятиях России, Казахстана, Украины, Таджикистана и др. В частности, в ГАП «Ресурс» 50% птичников для выращивания бройлеров имеют светодиодное освещение (рис. 1). Активно ведётся замена осветительного оборудования в агрохолдинге «Белая птица», в 2015 г. оно установлено в более 70 корпусах ремонтного молодняка и родительского стада. Группа «Черкизово» в прошлом году тоже произвела модернизацию освещения на светодиодное в более чем 180 корпусах для бройлеров, ремонтного молодняка и родительского стада.

В хозяйствах по производству яиц также активно ведётся внедрение светодиодного освещения. В 50 корпусах в настоящий момент используются светодиоды в агрохолдинге «Чебаркульская птица» (рис. 2), оснащает свои птичники современным светодиодным освещением комплекс «АК Барс», ЗАО «Галичское» по птицеводству», птицефабрика «Вараксино», «Шарьинская», «Чайковская».

Такие крупные индейководческие предприятия как ГК «Дамате», «Морозовская птицефабрика» с



Рис. 1. Светодиодное освещение «Техносвет Групп» в корпусе 18×96 м напольного выращивания цыплят-бройлеров на предприятии ГАП «Ресурс»



Рис. 2. Светодиодное освещение «Техносвет Групп» в корпусе репродуктора 18×132 м на предприятии ООО «Чебаркульская птица»

2014 г. используют светодиоды в более чем 190 птичниках.

Основные критерии, по которым можно сравнить источники света, применяемые в птицеводстве, следующие.

**Энергоэффективность.** Считается, что большие затраты птицеводческого предприятия на электроэнергию связаны с освещением птичников, особенно лампами накаливания. Светодиодные светильники за счёт высокоэффективных источников света — светодиодов и их направленных свойств — позволяют сни-

зить потребление электроэнергии по сравнению с лампами накаливания в 10–12 раз, с люминесцентными — в 1,5–3,0 раза при сохранении нормативной освещённости. В таблице 1 приведены сравнительные данные по потреблению электроэнергии с применением люминесцентных ламп и светодиодных светильников на одной из площадок по напольному выращиванию бройлеров в ГАП «Ресурс», расположенной в Ставропольском крае.

**Безопасность эксплуатации осветительного оборудова-**



ния. Лампы накаливания и люминесцентные источники света, как правило, имеют переменное напряжение питания 220В промышленной сети. 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 3,5В, позволяют применять светильники напряжением 24; 36 и 48В постоянного напряжения. Осветительное оборудование с такими параметрами существенно повышает безопасность обслуживающего персонала в течение всего процесса выращивания или содержания птицы.

**Управление освещением, реализация современных режимов прерывистого освещения.** В настоящее время более 90% птицефабрик яичного направления России 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 определённых пределах поведение и развитие птицы, прерывистое освещение обеспечивает дополнительное сокращение расходов на электроэнергию. Реализация режимов прерывистого освещения подразумевает наличие техниче-

Таблица 1. Потребление электроэнергии на освещение корпуса 18 × 96 м при напольном выращивании бройлеров

Источник света	Среднее значение освещённости, лк	Потребление электроэнергии за тур (43 дня) выращивания птицы, кВт/ч
Трубчатые люминесцентные лампы	45	3145
Компактные люминесцентные лампы	45	1435
Твердотельные источники света (светодиоды)	45	921

ской 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. Причём 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 освещённости в птичнике.

Тепловой принцип действия ламп накаливания позволяет управлять ими в соответствии с режимами прерывистого освещения. В то же время надо помнить, что семисторные (тиристорные) схемы управления напряжением питания промышленной сети 220В, регулирующие световой поток ламп накаливания, создают помехи и могут оказывать влияние на другое не менее важное оборудование в птичнике, например, на управление системами микроклимата, вплоть до выхода их 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 светильников. Некоторые технические решения для управления световым потоком компактных люминесцентных ламп, предложенные как российскими, так и зарубежными производителями, к сожалению, приводят к быстрому выходу их 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 это-







му 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 светодиодов в светильниках, причём чем больше промежуток времени выключения питания светильников при неизменном периоде, тем меньше освещённость, которая фиксируется органами зрения живых организмов. Важно также понимать, что зрение человека, животных и птицы обладает определённой инертностью (персистенцией) и может фиксировать вспышки света, частота следования которых меньше санитарной нормы, равной 300 Гц. Считается, что выше этого значения мерцание не фиксируется органами зрения и не создаёт 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. Кроме того, использование ШИМ позволяет создавать на основе современных технологий недорогие и надёжные системы управления освещением.

**Срок службы осветительного оборудования.** Средний срок

службы ламп накаливания принято считать равным 1000 ч непрерывной эксплуатации. Для сравнения: один месяц в 30 дней — это 720 часов. Таким образом, теоретически замена вышедших из строя ламп накаливания необходима каждые полтора месяца. Для увеличения срока службы их выпускают с напряжением: 220–235; 230–240 и 235–245В. При нормальном напряжении они имеют световой поток на 6–8% ниже, чем у обычных ламп, а срок службы удлинён более чем вдвое, то есть 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 своё время снять остроту проблемы позволило использование трубчатых, а затем и компактных люминесцентных ламп. Срок службы разрядных источников света составляет 5000 ч, а по заявлениям некоторых производителей, до 10000 часов. Следует отметить, что к концу срока службы световой поток снижается на 30–35 процентов.

Применение светодиодов позволяет говорить о продлении срока службы источников света до 50000 ч 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 52000 ч) освещённость в корпусах выращивания бройлеров в настоящий момент не ниже нор-

мативной, а количество источников света, вышедших из строя по различным причинам за это время, не более 4–5 процентов.

**Экологическая безопасность и обязательная утилизация.**

Люминесцентные лампы из-за наличия в их составе ртути являются небезопасными для 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 экологически безопасными.

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 не единственные компоненты.

*Под системой освещения следует понимать совокупность*



источников света, оборудования электропитания и управления освещением в помещении, позволяющей 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 всех светильников в соответствии с режимами прерывистого освещения;
- создание наилучшей равномерности освещения в заданных местах, в горизонтальной или вертикальной плоскости для оптимизации условий содержания всего поголовья, в том числе для возможности применения маломощных источников света — от 0,3 до 1,5 Вт и светового потока 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 режиме;
- возможность выбора цветовой температуры или цвета (длины волны) излучения источников

Таблица 2. 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 № 261-ФЗ от 11.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»

света в зависимости от необходимых условий;

- обеспечение высокой цветопередачи источников света для 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 с лампами накаливания.** Ещё 30–40 лет назад в птичниках практически повсеместно использовали лампы накаливания. Свет, как правило, был включён круглосуточно, что вело к огромным затратам на электроэнергию и снижало производственные показатели. Освещённостью в помещении пытались управлять отключением части светильников, расположенных в одной линии или, например, через один светильник. Разработанные в 90-е годы прошлого века во ВНИТИП режимы прерывистого освещения при выращивании и содержании птицы позволили поднять на качественно новый уровень эффективность производства яиц и мяса птицы и определили необходимость объединения осветительного оборудо-

вания птичников в полноценные системы освещения.

Система освещения птичника с лампами накаливания состоит из двух компонентов — непосредственно из самих ламп и устройства (блока) электропитания и управления освещённостью. Наибольшее распространение в Российской Федерации имеют лампы накаливания, параметры электропитания которых рассчитаны на подключение непосредственно (без преобразования) к промышленной сети переменного (220В) тока, хотя существуют лампы накаливания 36В переменного, а также постоянного тока. В таблице 2 приведены параметры наиболее распространённых 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 мощностью свыше 100 Вт в интересах создания благоприятных условий для перехода на гораздо более эффективные источники света — люминесцентные лампы и особенно — светодиоды.

Устройства управления освещением с лампами накаливания представляют собой, как правило, тиристорные или симистор-







ные регуляторы напряжения, позволяющие 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. Путём изменения фазы отпирания 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 с лампами накаливания складывается на основе беспрецедентно низкой по сравнению с другими источниками света начальной стоимости оборудования, но малая энергоэффективность этих ламп приводит к очень большим затратам на электроэнергию для создания нормированной освещённости в птичнике. В конечном итоге в ходе эксплуатации стоимость таких систем освещения будет существенно превышать осветительное оборудование и с люминесцентными лампами и со светодиодными светильниками. Попытки улучшить равномерность

Таблица 3. Стандартные параметры люминесцентных трубчатых ламп белого света с колбой диаметром 26 мм (T8) 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

освещения в птичнике за счёт увеличения количества источников света приведёт только к несоответственному 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 клеточном содержании птицы, если источники света расположены в проходах между батареями. Различия в уровне освещённости 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 в сравнении с люминесцентными лампами и даже светодиодами. Принцип действия ламп накаливания не позволяет изменять цветовую температуру или цвет излучения. Как правило, их цветовая температура лежит в диапазоне от 2700 до 3500 К и зависит в том числе от изменений напряжения в промышленной сети.

**Системы освещения с люминесцентными лампами.** В отличие от ламп накаливания, принцип действия которых основан на излучении нити накаливания при её нагревании электрическим то-

ком, люминесцентные лампы (ЛЛ) представляют собой разрядные источники света, где ультрафиолетовое излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в длинноволновое видимого спектра. Первые образцы отечественных люминесцентных ламп были созданы в 1936–1940 гг. группой московских учёных и инженеров под руководством С.И. Вавилова. Перед разработчиками люминесцентных ламп всегда стояла задача уменьшения их размеров. Такая возможность создания компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) появилась только в начале 90-х годов с разработкой технологий производства редкоземельных люминофоров. В настоящее время, несмотря на активное внедрение светодиодных технологий, 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 3. В 2000-е годы были популярны системы освещения с КЛЛ голландской компании «Gasolec», которые представляли собой наиболее качественное освети-



тельное оборудование для птицеводства. Другие компактные люминесцентные лампы, особенно предлагаемые для широкого потребления с низкой стоимостью, как показала практика, для птицеводства непригодны из-за невозможности управлять их световым потоком и крайне низкой надёжности. В таблице 4 показана мощность, световой поток и световая отдача наиболее распространённых КЛЛ.

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 управление 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 с трубчатыми люминесцентными лампами для птицеводства разрабатываются компаниями, занимающимися выпуском оборудования именно в этой обла-

**Таблица 4. 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

сти. Обычно у крупных фирм функция управления освещением интегрирована в устройство управления общим микроклиматом в птичниках. Управляющий аналоговый сигнал от 0 до 10В является универсальным для большинства выпускаемых ЭПРА, что позволяет легко конфигурировать систему освещения в птичнике и снижает стоимость оборудования. Такие ЭПРА устанавливаются в корпусе светильника с ТЛЛ. В КЛЛ он находится в самой лампе и для большинства источников света не предназначен для внешней регулировки светового потока, что приводит при попытках управлять яркостью к выходу её из строя.

Отечественная компания «Резерв» (г. Тула) разработала и выпускает устройство управления системами освещения с люминесцентными лампами, используемыми в птицеводстве. Регулятор освещения РЛО-02 (рис. 3) позволяет управлять до 300 люминесцентными светильниками, под-



**Рис. 3. Регулятор освещения РЛО-02 компании «Резерв»**

ключёнными к выходу управляющего аналогового сигнала 0–10В, а также обеспечивает изменение освещённости в птичнике согласно заданным режимам прерывистого освещения с реализацией в современном варианте функции «рассвет-закат».

Несмотря на преимущества люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания, которые характеризуются лучшей энергоэффективностью (60–90 лм/Вт у разрядных источников света против 15–20 лм/Вт у ламп накаливания) и большим сроком службы (до 15000 ч у люминесцентных ламп и до 3000 ч у ламп накаливания), системы освещения с люминесцентными лампами 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 надёжные способы изменения яркости ламп с плавной регулировкой от полного выключения и до максимального уровня светового потока, то для КЛЛ в настоящее время надёжных систем управления яркостью светильников нет. Некоторые отечественные





Таблица 5. Уровни радиопомех, создаваемые 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

компании представляли на рынок свои технические решения в этой области, но на практике использование таких устройств, как правило, приводило к массовому выходу из строя КЛЛ, и не решало поставленной задачи. Необходимо также помнить, что для ТЛЛ применение систем освещения с полноценной регулировкой освещённости 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 влиять на здоровье обслуживающего персонала и птицы. Снизить воздействие пульсаций позволяет включение в электрическую схему нескольких све-

Таблица 6. Группы цветности (цветовой температуры) источников белого света, согласно рекомендациям МКО

Цветовая температура, К	Наименование группы
Менее или равно 3300	Тёплый (тёплый белый)
3300–5300	Средний (нейтральный белый)
Более или равно 5300	Холодный (холодный белый)

тильников с ЛЛ так, чтобы их токи были сдвинуты по фазе (трёхфазное 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 одного процента.

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

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 влечёт за собой дополнительные расходы на специальную утилизацию с учётом токсичности ртути, содержащейся в наполнении лампы (до 30 мг).

Люминесцентные лампы, выпускаемые отечественной и зару-

бежной промышленностью, могут иметь различный цвет свечения, а источники белого света различную цветовую температуру. При этом необходимо помнить, что ЛЛ красного, розового, зелёного или синего цвета имеют спектральный состав излучения, отличающийся от монохромных источников указанных цветов. Получение цветного оттенка излучения таких ламп осуществляется 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 определённых 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 6.

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 такой материал — обязательный элемент конструкции разрядного источника света. Исключение — 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 чёрного 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 человеком цветов окружающих предметов. 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



Рис. 4. Структура системы светодиодного освещения «Хамелеон» компании «Техносвет Групп»

различать длины волн (цвет) отражённого от окружающих предметов излучения.

Электропитание люминесцентных ламп осуществляется напряжением промышленной сети 220В, что по электро- и пожаробезопасности 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 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 4 представлена структура системы светодиодного освещения компании «Техносвет Групп».

Светодиодные светильники в составе систем освещения могут быть с питанием непосредственно от промышленной сети 220В или с пониженным напряжением.

Управление световым потоком такого светильника чаще всего организуется по отдельному от питания каналу управления. В настоящее время появляются техни-





Таблица 7. Технические характеристики некоторых светодиодных светильников с пониженным напряжением питания 48В

Артикул светильника	Габаритные размеры, (длина и диаметр), мм	Количество 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.

ческие решения, позволяющие передавать сигналы управления непосредственно по промышленной сети 220В, но они дороги и не позволяют реализовать все преимущества систем светодиодного освещения по сравнению с другими источниками света, а также возможность существенно повысить электробезопасность в птичниках, используя пониженное напряжение. Компания «Техносвет Групп» в системах светодиодного освещения для птицеводства использует пониженное напряжение питания светодиодных светильников 48В. Кроме того, есть возможность изменения параметров оборудования под использование постоянного напряжения 24В. 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, работающие на биогазе. В таблице 7 представлены некоторые наиболее распространённые модели светодиодных светильников компании «Техносвет Групп». Всего компания выпускает их более 50 разновидностей.



Рис. 5. Светодиодный светильник на напряжение питания 48В (24В)

Основными элементами светодиодного светильника являются твердотельные источники света — светодиоды (рис. 5).

Светодиод состоит из кристалла (кристаллов), корпуса, контактных групп и оптической системы, которая обеспечивает вывод от кристалла и определённую направленность светового потока. В случае светодиодов белого свечения в их состав входит люминофор или краситель, преобразующий части излучения кристаллов в синей области видимого спектра (430–470 нм) в излучение видимого спектра меньшей энергии (500–700 нм), например, в жёлтой и (или) красной областях. На рисунке 6 изображён спектр излучения светодиода с цветовой температурой 5000 К. Такой суммарный спектр органы зрения человека будут воспринимать как белый свет.

Кристаллы светодиодов представляют собой твёрдый раствор

химических веществ, произведённых (или, как говорят, выращенных) по определённой технологии. Например, кристаллы светодиодов, излучающих свет в зелёной и синей части видимого спектра, содержат растворы InGaN/AlGaIn/GaN (основные химические элементы — индий, галлий, азот, алюминий); для светодиодов, излучающих свет в красной и жёлтой части видимого спектра, это AlIn/GaP/GaP (основные химические элементы кристалла — индий, галлий, алюминий, фосфор). Для светодиодов InGaN, излучающих свет в голубой и синей части (430–470 нм), строение кристалла представлено на рисунке 7.

Использование светодиодных светильников пониженного напряжения в птичниках больших размеров определяет необходимость учёта потерь в протяжённых кабельных линиях электро-



питания. Нелинейность зависимости светового потока светодиода от рабочего тока и напряжения может приводить к неравномерности освещённости в птичнике на 20% и более. Для обеспечения одинаковых параметров питания светодиодов 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. По соотношению «эффективность-стоимость» в настоящее время наиболее подходит алюминий и его сплавы, хуже теплопроводность у стали, всё более активно применяются специальные полимерные материалы с улучшенной теплопроводностью. По сравнению с корпусами светодиодных светильников, состоящих полностью из поликарбоната или обычной пластмассы, примене-

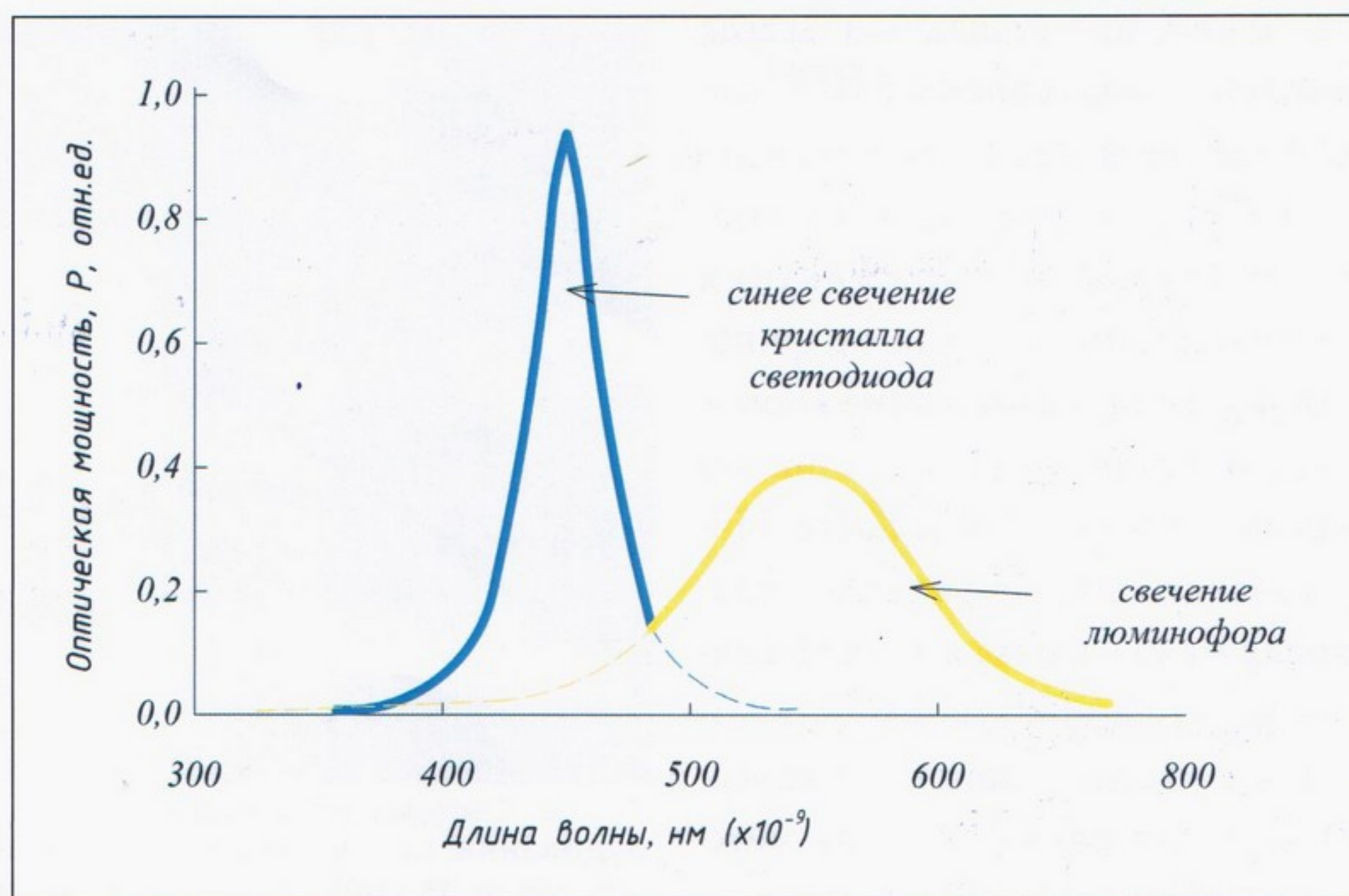


Рис. 6. Спектр излучения светодиода белого света на основе люминофора YAG

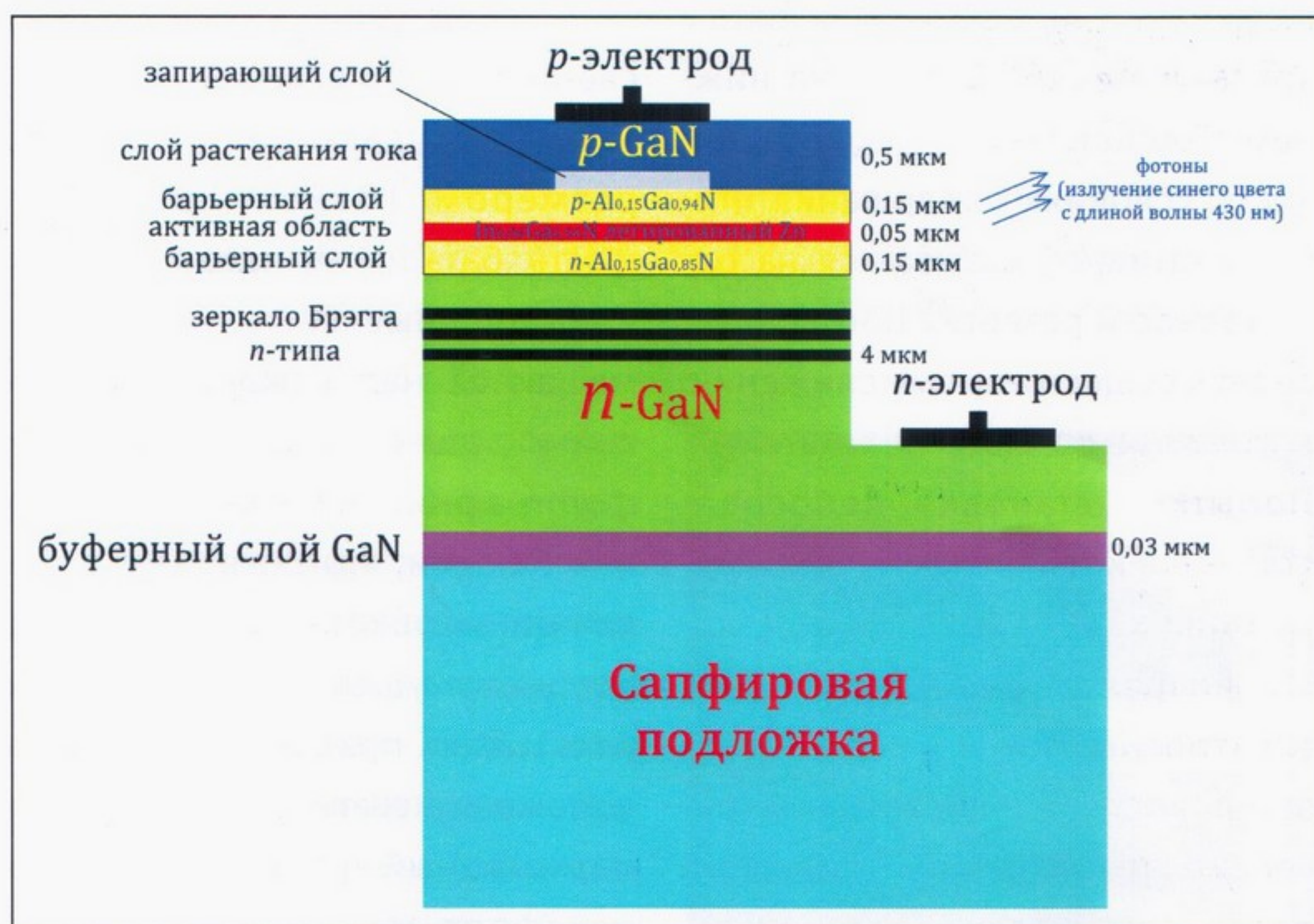


Рис. 7. Структура кристалла светодиода, излучающего свет в синей части видимого спектра (длина волны 430 нм)

ние теплопроводящих конструктивных элементов может продлить срок службы светодиодного источника света на 20–30 процентов. Малые размеры светодиодов позволяют создавать светодиодные светильники различного светового потока в одном корпусе в диапазоне от 30 до 20000 лм и выше. Лампы накаливания и люминесцентные лампы, которые

производятся в настоящее время промышленностью, таким 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 клет-







ке одним из недостатков всегда являлось неудовлетворительное освещение в местах её нахождения. 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 освещённость на фронте кормления и поения сильно зависит от яруса. Она может различаться на нижнем и верхнем ярусах в несколько десятков раз, от 200 и более лк на верхнем четвёртом или пятом ярусе, и менее 10 лк — на нижнем. Соответственно, такое различие в условиях содержания птицы негативно сказывается на однородности развития поголовья и ведёт к существенному снижению производственных показателей. Попытки установки непосредственно в клетках ламп накаливания или КЛЛ приводили к резкому возрастанию потребления электроэнергии и увеличивали вероятность поражения электрическим током обслуживающего персонала, а также возникновения пожара из-за необходимости монтажа линий электропитания источников света напряжением промышленной сети 220В непосредственно на металлических конструкциях клетки. В 2009 г. компания «Техносвет Групп» одной из первых разработала и внедрила систему локального светодиодного освещения для клеточной технологии производства яиц и мяса птицы. На рисунке 8 в птичнике с клеточным обо-

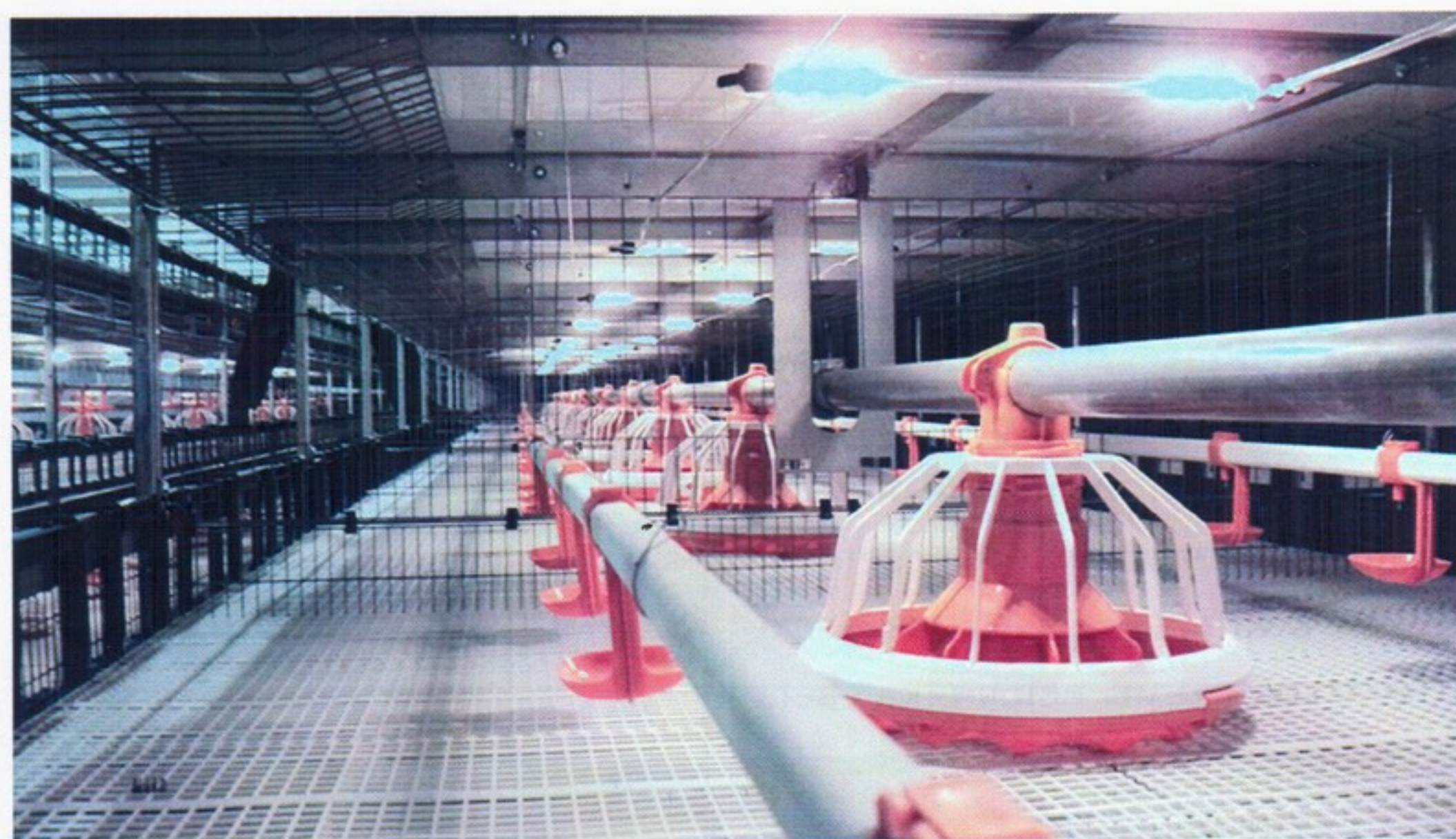


Рис. 8. Система локального светодиодного освещения в клеточном оборудовании для выращивания бройлеров (максимальный уровень освещённости на уровне кормушек не менее 100 лк)

рудованием для откорма цыплят-бройлеров установлена система светодиодного освещения компании. Оборудование в птичнике размером 18×96 м включает шесть батарей в четыре яруса. Светодиодные светильники размещаются над каждой кормушкой и развернуты, как видно на фотографии, поперёк направления батареи, что позволяет обеспечить необходимую освещённость кормушек. Кроме того, как показывает практика, такое расположение светильников создаёт нормативный уровень освещения поилок по обе стороны от линии кормушек, особенно необходимый в начале цикла выращивания при заселении в клетки цыплят, и позволяет снизить падёж птицы. Мощность каждого светодиодного светильника СК-400 Т(Х), используемого в таких системах освещения компанией «Техносвет Групп», составляет не более 1,5 Вт. При установке в птичнике 1776 источников света общее максимальное энергопотребление осветительного оборудо-

вания не будет превышать 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.

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

Применение светодиодов позволяет использовать для изменения их яркости современные способы управления световым потоком источников света. ШИМ с частотой от 800 до 1 кГц способствует эффективному регулированию освещённости с высокой надёжностью оборудования и относительно малой стоимостью по сравнению с другими способами регулировки яркости светильников. Кроме того, способы автоматического (согласно жёстко заданному алгоритму) и автоматизированного (с вариантом вмешательства персонала в заданный алгоритм для локального изменения



Таблица 8. Технические характеристики блока управления БУ-5АП

Техническая характеристика	Значение
Мощность, Вт	20
Максимальное количество светодиодных светильников регулирования, шт	до 10000
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
Внешний управляющий сигнал	аналоговый 0-10 В, 4-20 мА или «сухие контакты»
Количество событий (изменений яркости) в сутки	до 18
Количество дней (суток) в каждой группе	от 1 до 99
Количество групп дней (суток)	от 1 до 47
Точность (шаг) программирования времени переключения, мин	1
Время изменения яркости при включении (выключения) светильников, сек	0; 30; 60; 90; 120; 180; 300; 600; 1200 с точностью ±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 до следующего переключения, % относительно заданной программ	от 1 до ±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 их при включении питания	возврат происходит в дни, когда произошло отключение питания
Защита от несанкционированного доступа	доступ к изменению настроек блока и программы по паролю (пин-коду)

освещённости) управления освещённостью 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 для снижения стресса птицы, появляется возможность включения и выключения освещения с плавным возрастанием и убыванием уровня освещённости с заданной продолжительностью (имитация «рассвета» и «заката»). На рисунке 9 представлен блок управления БУ-5АП из состава систем светодиодного освещения компании «Техносвет Групп». Его технические характеристики приведены в таблице 8.

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

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

На современном этапе развития производства твердотельных ис-

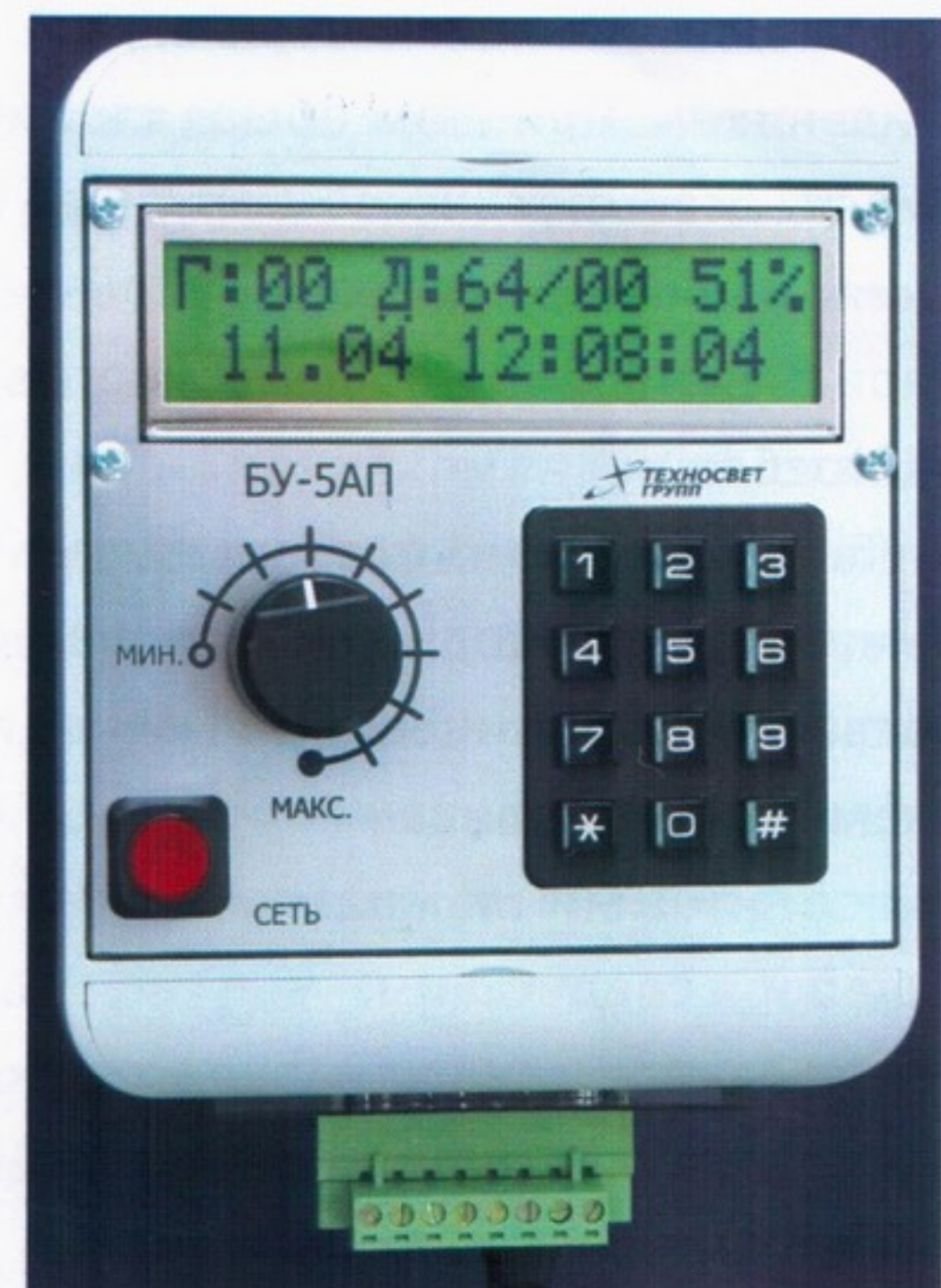


Рис. 9. Блок управления светодиодным освещением БУ-5АП

точников света в системах светодиодного оборудования можно использовать светодиоды практически любой цветовой температуры. Индекс цветопередачи свето-





диодных светильников может достигать до 95, что ставит их по этому параметру в один ряд 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 при полном содержании и выращивании птицы, светодиодные источники света могут существенно повысить равномерность освещения. Основным способом здесь является применение 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 следующим:

- 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 характеристик, что делает их всё более привлекательными для использования, в том числе и в птицеводстве.

#### Литература:

1. Кавтарашвили А. Прерывистое освещение и его особенности /А. Кавтарашвили, С. Марчев, Г. Кирдяшкина // Птицеводство. 2001. № 5. С. 25–27.
2. Кавтарашвили А. Выращивание ремонтного молодняка кур // Птицеводство. 2004. № 5. С. 2–5.
3. Кавтарашвили А. Как добиться высокой однородности стада птицы /А. Кавтарашвили, Е. Новоторов, Д. Гладин, Т. Колокольникова // Птицеводство. 2012. № 4. С. 2–7.
4. Кавтарашвили А.Ш. Его величество свет – основополагающий фактор в яичном птицеводстве // Птица и птицепродукты. 2007. № 5. С. 45–47
5. Фисинин В.И. Неиспользуемые резервы и экономика предприятий // Животноводство России. 2003. № 6. С. 2–4.
6. Гладин Д.В. Светодиодное освещение в сельском хозяйстве // Perfect Agriculture. Специальный номер «Птицеводство» 2013. С. 44-48.
7. Гладин Д.В. Локальное светодиодное освещение для клеточного выращивания цыплят-бройлеров // Полупроводниковая светотехника 2013. № 6. С. 54-60.
8. Руководство по работе с птицей кросса «Хайсекс браун» /Т.А. Хмельницкая, С.В. Саппинен, О.А. Трошкова. А.Ш. Кавтарашвили и др. Кашино. 2007. 80 с.
9. Руководство по работе с птицей кросса «Хайсекс уайт» /Т.А. Хмельницкая, С.В. Саппинен, О.А. Трошкова, А.Ш. Кавтарашвили и др. Кашино. 2007. 80 с.
10. Руководство по работе с аутосексным четырёхлинейным кроссом «Родонит-3» /Т.А. Хмельницкая, В.Г. Певень, Л.Н. Ивашкина, А.Ш. Кавтарашвили и др. Кашино. 2009. 99 с.
11. Прогрессивные ресурсосберегающие технологии производства яиц / В. И. Фисинин, А.Ш. Кавтарашвили, И.А. Егоров и др. // Под общ. ред.: В.И. Фисинина, А.Ш. Кавтарашвили. Сергиев Посад, 2009. 167 с.
12. Промышленное птицеводство /Под общ. ред.: В.И. Фисинина. Сергиев Посад, 2010.С. 463–464.
13. Кавтарашвили А.Ш. Технологические методы повышения эффективности производства куриных яиц: Дисс....д-ра с.-х. наук: 06.02.04 Сергиев Посад. 1999. 366 с.
14. Справочная книга по светотехнике /Под ред.: Ю.Б. Айзенберга. М., 2006. 972 с.
15. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика М., 2011. С. 6.
16. Шуберт Ф. Светодиоды Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М., 2008 С. 142–156.
17. А. Кавтарашвили, Е Новоторов, Д. Гладин, Т. Колокольникова Светодиодное освещение при содержании родительского стада // Птицеводство. 2012. № 5. С. 15–17.

#### Для контакта с авторами:

**Кавтарашвили Алексей Шамилович**  
e-mail: alexk@vnitip.ru

**Гладин Дмитрий Викторович**  
e-mail: gdv72.72@mail.ru