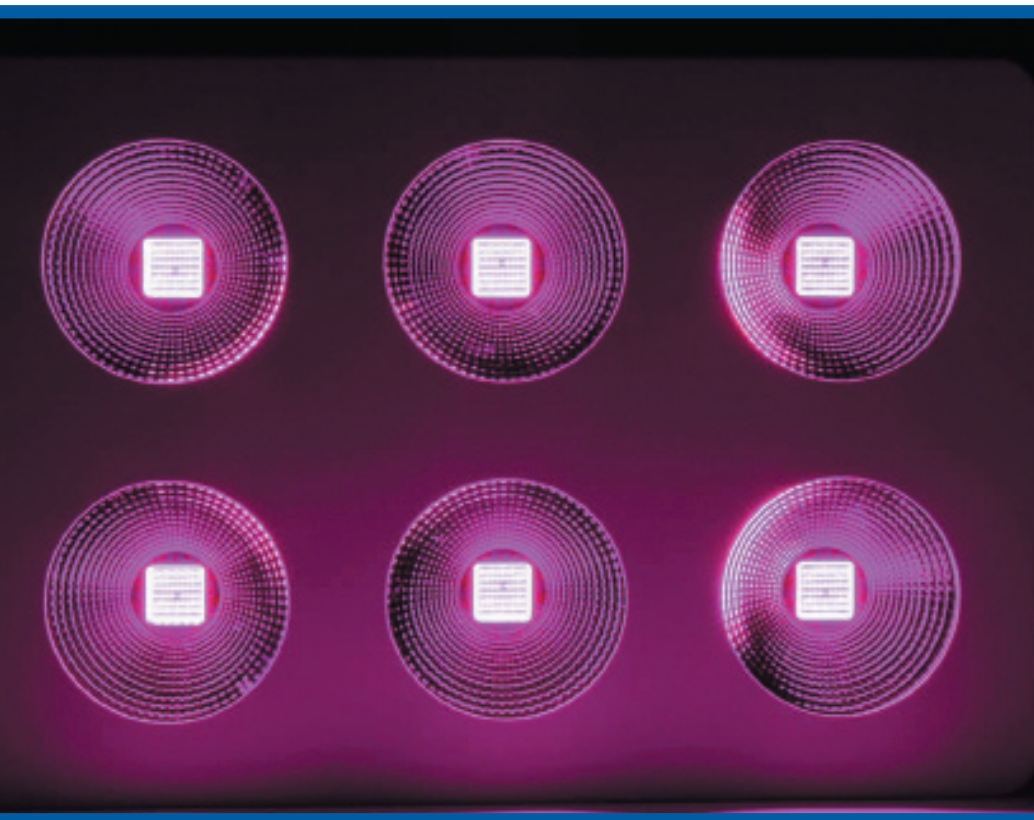


Обзор систем управления и источников сельскохозяйственного освещения отечественного производства

В статье представлены различные виды ламп, используемых для досветки растений, а также системы интеллектуального освещения для теплиц и птицефабрик.



Лампы досветки для выращивания культурных растений

Любой рассаде в раннее весеннее время очень не хватает солнечного света для полноценного роста и развития. Так, в марте средняя длина светового дня составляет порядка одиннадцати часов, в то время как рассада, например, перцев нуждается в 15–16 ч ежедневного освещения.

Кроме того, в первые несколько дней после появления всходов растения вообще должны находиться на солнечном свету круглосуточно. Для улучшения качества рассады и, соответственно, урожайности выросших растений на рынке на данный момент представлены различные варианты ламп досветки.

Необходимо учитывать, что чем больше растение, тем больше света ему требуется. При недостатке света растение перестает развиваться, причем вне зависимости от прочих условий. Также выбор освещения зависит от вида растений. Например, овощные культуры лучше всего растут при естественном дневном свете, поэтому для выращивания при искусственном освещении им необходим постоянный интенсивный источник света, такой как белый светодиод. Лиственные растения (например, филодендрон) растут в условиях постоянного затенения — для нормального роста им не требуется много света, поэтому будет достаточно обычных ламп накаливания [1].

Кроме того, при освещении растений необходимо чередовать темные и светлые (фото-) периоды, т. е. освещение должно время от времени включаться и выключаться. Оптимальное соотношение светлых и темных периодов зависит от вида и сорта растения. Так, некоторые виды предпочитают длинные дни и короткие ночи, а другие — наоборот.

Сегодня на рынке представлены такие источники фитосвета, как [1, 2]:

1. Металлогалогенные лампы. Излучают в синем спектре и хорошо имитируют условия весеннего и летнего естественного освещения.
2. Люминесцентные лампы. В настоящее время цветовая температура люминесцентных ламп может варьироваться в широких пределах: 2700–7800 К. Стандартные люминесцентные лампы можно применять для выращивания овощей, трав или рассады.

3. Натриевые лампы высокого давления. Имеют желтое свечение (2200 К) с очень низким индексом цветопередачи. Как правило, такие лампы используются на поздних (или репродуктивных) стадиях роста. Если применять фитолампы такого типа на ранних стадиях вегетативного роста, то растения развиваются немного быстрее, чем обычно. Обратной стороной этого процесса являются слишком высокие и раскидистые растения с длинными междоузлиями.
4. Комбинация металлогалогенных и натриевых ламп. В одном рефлекторе сочетается металлогалогенная колба с натриевой колбой высокого давления, при этом может использоваться общий балласт или два индивидуальных балластных устройства. Комбинация синей металлогалогенной и красной натриевой лампы высокого давления, как утверждают производители, является идеальной по спектральному составу и крайне эффективной для растениеводства, хотя на самом деле это скорее компромисс.
5. Переключаемые, конвертируемые, универсальные светильники. В них можно установить металлогалогенную колбу или эквивалентную ей по мощности натриевую лампу высокого давления. Растениеводы используют такие светильники при выращивании рассады и в вегетативный период — с металлогалогенной лампой, а затем, в период созревания плодов, меняют ее на натриевую лампу высокого давления.
6. Светодиоды. Последние разработки в светодиодной отрасли позволили производить недорогие, яркие источники фитосвета с длительным сроком службы. Большим преимуществом светодиодных источников является возможность получить излучение исключительно в фитоактивной части спектра. Привлекательность светодиодов для выращивания растений в помещениях обусловлена и другими факторами. Среди них: низкая электрическая мощность, отсутствие балласта и низкое тепловыделение, которое позволяет устанавливать светодиоды вплотную к растениям без риска повредить их. Также необходимо отметить, что использование светодиодов снижает испарение, позволяя реже поливать растения. Поскольку существует несколько активных участков спектра (для хлорофилла и каротиноидов), в светодиодном светильнике могут сочетаться несколько цветов, перекрывающих эти фитоактивные участки. Однако в публикациях рекомендации по оптимальному использованию светодиодов сильно разнятся. В некоторых источниках более перспективными считаются белые светодиоды: их спектр близок к солнечному. Также имеются статьи, в которых на период вегетативного роста рекомендуется отдавать приоритет светодиодам синего цвета (с длиной волны в районе середины спектра 400–500 нм). Для роста плодов и цветов советуют увеличить долю светодиодов глубоко красного оттен-

ка (с длиной волны около 660 нм). Красные фитосветодиоды имеют багряное, бархатистое свечение. Следует отметить, что точность при выборе длины волны красных светодиодов более важна, чем при выборе светодиодов синего спектра. К примеру, стандартные красные светодиоды с длиной волны 630 нм совершенно неэффективны. Также можно учесть, что исследования показали полезность дополнительной подсветки растений светодиодами инфракрасного и ультрафиолетового спектра.

Российский рынок ламп досветки растений

Сегодня для круглогодичного выращивания растений в закрытых помещениях используются светодиодные лампы со специализированным спектром (в красном секторе — 650–675 нм, в синем секторе — 450–460 нм). Красный цвет влияет на плодородие и формирование корневой системы, а синий — на рост зеленой массы (листьев). Для оптимального роста необходимо устанавливать светильники, обеспечивающие освещенность растений на уровне хотя бы примерно 10 000 ч люкс. Наиболее подходящими для подсветки рассады являются светодиодные лампы, поскольку практически всю электрическую энергию они преобразуют в свет, а не в тепло, как лампы накаливания.

В табл. 1 приведены примеры подобных ламп, представленных на российском рынке.

Помимо светодиодных ламп с обозначенными характеристиками, на российском рынке присутствуют и другие источники

Таблица 1. Примеры светодиодных ламп, представленных на российском рынке

	«НПО ФИТОВАТТ», Россия. «Логар»	«НПО ФИТОВАТТ», Россия. «Азалия»	«НПО ФИТОВАТТ», Россия. «Лира»	«НПО ФИТОВАТТ», Россия. «Ульген»	«НПО ФИТОВАТТ», Россия. «Вайпио»	TNeon 2100 К «Blooming», Китай	RDM-ПОБЕДА М160, Россия	RDM-ПОБЕДА М120, Россия	«ЦНТ-Групп», Fito-80W, Россия	«ЦНТ-Групп», Fito-105W, Россия	«Лидер Лайт», РНУТО 800, Россия
Освещенность, лк	4500	4000	2700	4500	2500	3800					
Спектр, нм	380–840, полный спектр										
Габариты (Ш×В×Д), см	6×4×100	3×3×100	1,2×1,2×100	6×4×100	1,2×1,2×100	4,3×3,2×55,5	14×5,8×120	14×5,8×90	8×8×100	8×8×120	12×8×117,2
Потребляемая мощность, Вт	70	42	12	30–120, по заказу	14	55	160	120	80	105	32
IP	?	?	?	?	IP54	?	IP65		IP54		IP30
Цена, руб.	4790	4490	3300	3240–7740	2400	419	6840	6190	6360	7460	3750

освещения, используемые в сельском хозяйстве (табл. 2).

По светоотдаче натриевая лампа — один из самых эффективных источников света. Она экономична, высокоэффективна (одной фитолампы средней мощности хватит для освещения растений на подоконнике длиной 1,5 м), долговечна (до 20 тыс. ч) и проста в эксплуатации, при этом ее основное излучение приходится на оранжевую и красную часть спектра. В сочетании с достаточным количеством синих волн натриевая лампа позволяет существенно ускорить рост и приблизить цветение растения. К недостаткам таких ламп можно отнести высокую

стоимость и большие габариты, но их часто используют для создания комфортного светового режима в зимних садах: всего один потолочный светильник мощностью в 220 Вт может освещать достаточно большую площадь. Также необходимо учитывать, что натриевые лампы требуют специальной утилизации, ведь они содержат пары ртути, ксенона и натрия.

Газоразрядные источники света (табл. 3) приобретают не только для мелких ферм, но и для крупных сельскохозяйственных предприятий. Их можно использовать для создания системы освещения цветников, теплиц, питомников растений, оранжерей

и т. д. Сегодня металлогалогенные лампы (МГЛ) применяются в 99% тепличных хозяйств для световой подкормки, т. е. подсветки в холодное время года:

- для декоративных и комнатных растений внутри помещений;
- освещения рассады и ускорения процесса ее проращивания, подготовки дальнейшей высадки в грунт или теплицу;
- выращивания водорослей;
- аграрного производства и тепличного выращивания.

МГЛ имеют высокую светоотдачу, что делает их наиболее подходящими для роста и здорового развития растений. Такие осветительные приборы обеспечивают более раннее цветение, достаточное формирование числа междоузлий, а также увеличение общего количества соцветий.

Энергосберегающие лампы (табл. 4) — это, по сути, те же люминесцентные фитолампы, но более компактные. Для их подключения не требуется специальный дроссель, поскольку их конструкция предусматривает встроенный дроссель. Энергосберегающие фитолампы бывают трех типов:

- холодные — холодный спектр ускоряет прорастание и развитие рассады в период активного вегетативного роста;
- теплые — лучше всего подходят для подсвечивания растений в период цветения;
- дневные — их можно применять в любое время, используя в качестве самостоятельного (дополнительного) источника освещения на время всего растительного цикла.

Таблица 2. Примеры натриевых ламп, представленных на российском рынке

	Sylvania GroXpress 600 Вт	Sylvania GroLux 400 Вт	Philips SON-T 1000 Вт	Philips Green Power 1000 Вт	OSRAM Plantastar 600 Вт	Elektrox SUPER BLOOM 1000 Вт	Elektrox SUPER BLOOM 600 Вт
Тип	натриевая						
Световой поток, лм	90 000	58 000	130 000	143 000	87 000	127 500	72 250
Цветовая температура, К	2050			2000			
Габариты (Ш×В×Д), см	4,8×4,8×29,2		6,7×6,7×44	3,4×3,4×39,4	4,6×4,6×28,5	8×8×43	5×5×33
Мощность, Вт	600	400	1000		600	1000	600
IP	нет						
Цена, руб.	~1900	~2000	~6500	~6700	~2600	~4400	~2200

Таблица 3. Примеры металлогалогенных ламп, представленных на российском рынке

	Super MH 250 Вт	Philips HPI-T plus	Elektrox Super Grow 400 Вт	Xtrasun 600 Вт	Elektrox Super Grow 600 Вт	Elektrox Super Grow 1000 Вт	Super MH 1000 Вт
Тип	металлогалогенная						
Световой поток, лм	21 000	32 000		45 000	58 000	85 000	120 000
Цветовая температура, К	6500	4500	5600	7200	5600		6500
Габариты (Ш×В×Д), см	4,5×4,5×25	4,7×4,7×28,7	6,5×6,5×28	9×9×32	6,5×6,5×28	8,5×8,5×37	8×8×35
Мощность, Вт	250	400		600		1000	
Назначение	вегетация						
Цена, руб.	~1100	~1600	~2000	~3200	~3400	~5100	~3400

Таблица 4. Примеры энергосберегающих ламп, представленных на российском рынке

	TNeon 9500 K "Cutting"	TNeon 6500 K "Growing"	TNeon 2100 K "Blooming"	Foton 250 Вт 6400 K E40	ЭСЛ S64 4000K	Feron S64	Ecola 250 Вт
Тип	флуоресцентная (неон, энергосбер.)			люминесцентная (энергосбер.)			
Световой поток, лм	3800	3800	3800	13800	8100	9850	15000
Цветовая температура, К	9500	6500	2100	6400	4000	6400	2700
Габариты (Ш×В×Д), см	4,3×2,3×53,5			15×15×45	10×10×28,5	12×1230	15×15×45
Мощность, Вт	55			250	105	125	250
IP	нет						
Назначение	укоренение	вегетация	цветение, плодоношение	вегетация		цветение, плодоношение	
Цена, руб.	~400			~2600	~1300		~2000

Системы управления освещением

Для эффективного и качественного освещения растений им необходимо

управлять, минимизировав человеческий фактор.

Одной из наиболее современных систем управления освещением является система DALI, включающая контроллеры, релейные модули, датчики освещенности и движения, поворотные-нажимные и/или клавишные панели управления освещением, драйверы управления (интегрируемые в светильники), встраиваемые в подрозетник модули, роутер и сервер, а также облачные сервисы и пользовательский интерфейс отображения.

Признанным лидером в области разработки и производства систем светодиодного освещения для сельского хозяйства уже более пяти лет является компания «Техносвет групп». На текущий момент компания реализовала более 3000 проектов освещения. Они показывают, что применение энергосберегающего светодиодного освещения позволяет предприятиям высвободить значительные финансовые ресурсы, которые можно направить на дальнейшее развитие предприятия и строительство новых производственных помещений. Также «Техносвет групп» постоянно проводит научные исследования по влиянию светодиодного освещения на производственные показатели при выращивании различных видов птицы. Результаты свидетельствуют о том, что применение светодиодного освещения для птицефабрик — при соблюдении технологий выращивания — значительно улучшает показатели яйценоскости и сохранности яиц и способствует увеличению веса бройлера.

Светодиодная система ИСО «Хамелеон» предназначена для освещения помещений при напольном содержании и выращивании мясной птицы и разработана специалистами компании «Техносвет групп» согласно требованиям ОСН-АПК 2.10.24.001-04.

Основные характеристики системы:

- диапазон рабочих температур: $-40 \dots +55$ °C;
- глубина регулирования освещенности: 0–100%;
- срок службы: свыше 75 000 ч;
- производители светодиодов: Nichia Corporation, Samsung LED, Epistar;
- цвет свечения: белый (2700–6500 К), синий, зеленый, красный;
- напряжение питания: 24 или 48 В;
- степень защиты от пыли и влаги: IP66;
- гарантия на все оборудование: 24 месяца.

Система выполняет следующие функции:

- равномерное освещение всей площади птичника;
- освещенность кормушек, поилок и подстилки в пределах 40–100 лк;
- плавная регулировка уровня освещения от 0 до 100%;
- создание сложных алгоритмов прерывистого освещения с реализацией функции «Рассвет-закат»;
- изменение яркости светильников по управляющему аналоговому сигналу 0–10 В и методом «сухих контактов» от оборудования управления микроклиматом.

Другой пример — система управления освещением птицефабрики и тепличного комплекса от компании «Интеллектуальная архитектура». Система построена на базе контроллера K2000T и модулей аналогового управления K2010.

Таким образом, в состав системы входят:

- контроллер K2000T — 1 шт.;
- фотодатчик K2100 — 1 шт. (нужен, если есть окна или световые фонари в крыше);
- модуль аналогового управления K2010 — количество определяется из расчета один модуль на две зоны, поскольку K2010 имеет два независимых канала управления. На каждый выход 1–10 В можно подключить до 50 шт. диммируемых люминесцентных или светодиодных драйверов. На входы модулей K2010 могут быть подсоединены датчики движения, тумблеры или кнопки;
- датчики постоянной освещенности K2110 с выходом 1–10 В, не требующие источника питания (только для зданий с окнами). Не являются обязательными элементами системы автоматики для птицефабрик;
- датчики движения — активные или пассивные инфракрасные датчики движения с нормально открытыми или нормально закрытыми контактами. Рекомендуется использовать датчики K2120-40 (дальность до 40 м), K2120-50 (дальность до 50 м), K2120-70 (дальность до 70 м) с шириной зоны детектирования в конце 3 м, всепогодным исполнением IP65 и температурным диапазоном $-40 \dots +50$ °C. Датчики движения можно заменить на тумблеры или кнопки. Не являются

обязательными элементами системы автоматики для птицефабрик.

Минимальный комплект системы автоматики включает контроллер K2000T (1 шт.) и модуль K2010 (1 шт. на каждые 100 светильников, два канала по 50 светильников в каждом).

Работу системы можно описать следующим образом. Контроллер K2000T управляет световым потоком технологического освещения по заложенной программе (имитация светового дня для птицы). Сутки поделены на 9 временных диапазонов, в течение которых лампы светят с различной яркостью от 5 до 100%, создавая искусственные закат и рассвет. На ночь освещение технологической зоны может отключаться полностью — за исключением межрядных проездов, на которых установлены датчики движения. Светильники в этих проездах работают постоянно, с минимальной яркостью в режиме аварийного освещения. При появлении человека или транспортного средства в зоне действия датчика движения соответствующий модуль K2010 выдает своей группе светильников сигнал на включение режима полной мощности. Когда движение в пролете полностью прекращается, с задержкой 20/40/60 с (модуль K2010C) или 2/4/6 мин (модуль K2010M) освещение возвращается в экономичный режим работы (время задержки выбирается джампером внутри модуля K2010).

В зоне выгрузки кормов и погрузки готовой продукции необходимо использовать активные инфракрасные датчики движения K2120-DIR10 — в составе инфракрасного излучателя и инфракрасного приемника. Эти датчики срабатывают при пересечении луча транспортным средством, находящимся в зоне погрузки, и поддерживают работу группы светильников в этой зоне на уровне 100%-ной мощности, пока автомобиль не покинет зону погрузки.

При возникновении пожара от станции пожарной сигнализации к контроллеру K2000T на вход П (пожар) приходит сигнал в виде замыкающихся «сухих контактов». В этом случае контроллер выдает всем модулям K2010, установленным в этом здании, сигнал на включение режима номинальной мощности, чтобы обеспечить нормальную эвакуацию людей и тушение пожара. Параллельно этим контактам необходимо предусмотреть переключатель ручного управления, чтобы персонал мог

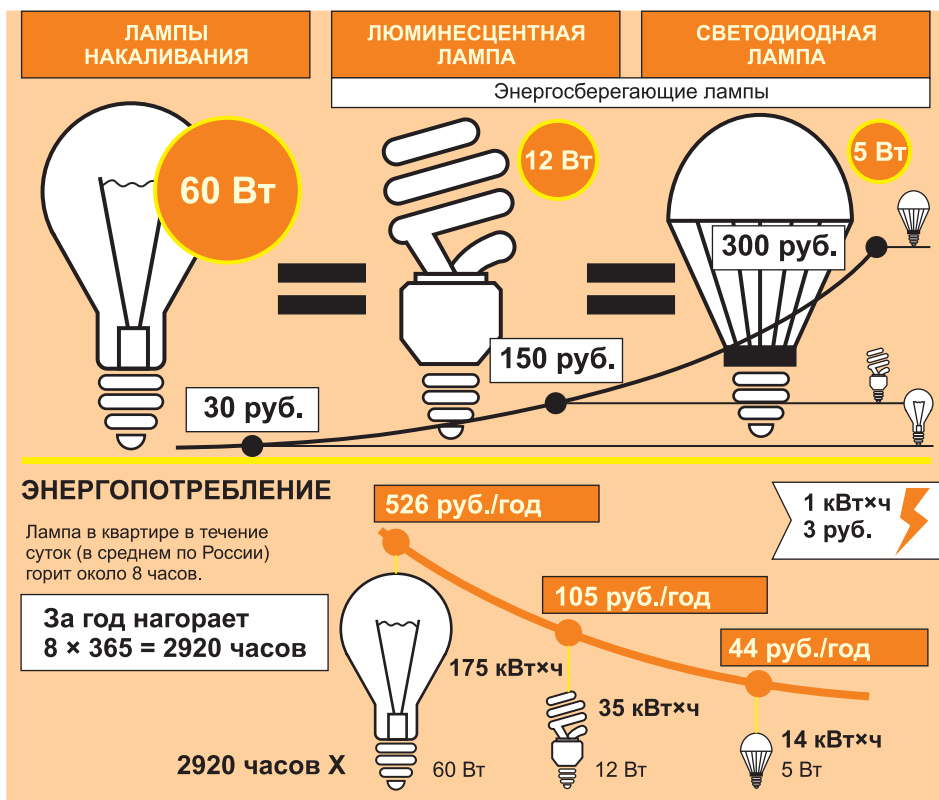


Рис. Расчет энергопотребления различных видов ламп

включить режим полной мощности всего освещения здания вручную.

Если здание птицефабрики имеет естественное освещение, то в схему автоматики можно добавить датчики постоянной освещенности K2110, которые будут плавно дозировать уровень искусственного освещения в зависимости от уровня естественного солнечного света, проникающего в здание через окна или световые фонари в крыше. При этом в технологической зоне всегда будет поддерживаться заданный уровень освещенности.

Последним примером автоматики для управления освещением и поливом GrowPro 5.21 от компании FitoTech. В модуль встроено два электронных таймера с независимым источником питания, который поддерживает память установленной программы даже при отключении питания 220 В.

Один таймер управляет включением/отключением света в заданном промежутке времени — в соответствии с освещенностью теплицы, которая контролируется с помощью встроенного датчика освещенности. Если освещенность достаточная, то лампы

выключаются, но как только уровень освещенности снизится до указанного параметра, устройство подает напряжение и лампы включаются. Рассмотрим пример. Есть теплица, в которой предусмотрены лампы и блок управления. На таймере устанавливается время работы освещения теплицы: предположим, с 7 утра до 22 ч вечера. Также нужно выбрать желаемое (требуемое) значение освещенности теплицы: например, для огурцов требуется 15 000–20 000 лк, поэтому выставляется значение в 20 000 лк. Нажимаем «пуск». Утром, пока внешнее освещение дает 5000 лк, лампы будут работать, а днем, как только солнечный свет превысит значение в 20 000 лк, таймер даст команду выключить освещение. Ближе к вечеру, когда параметр освещенности снизится, лампы опять зажгутся и погаснут в 22:00. В пасмурный день или зимой, когда внешнего света мало, освещение будет работать постоянно, в заданном режиме.

Второй таймер связан с насосом для полива, который включается в соответствии с установленной программой на определенное время. Этот таймер может быть использован и для других целей: включения орошения или опрыскивания, подачи CO₂ и т. д.

Также в блок GrowPro 5.21 встроена техническая розетка для подключения садового электроинструмента. Все линии выхода работают через промежуточные силовые реле, имеющие световую индикацию включения, которые позволяют подключить нагрузку до 16 А на каждый выход. Линии ввода/вывода и розетка защищены автоматами отключения, которые отключат питание в случае короткого замыкания или превышения допустимой нагрузки.

Заключение

Оценивая целесообразность перехода на светодиодное освещение, можно использовать расчеты, представленные в табл. 5 и на рисунке.

Таким образом, наиболее экономичными и эффективными на данный момент являются светодиодные лампы, которые характеризуются, помимо перечисленных выше параметров, высокой прочностью конструкции, удлиненным сроком службы (30–50 тыс. ч) и высокой экологичностью. Также светодиодные лампы могут воспроизводить полный световой спектр, что позволяет использовать их как универсальный вариант досветки растений на разных стадиях роста.

Таблица 5. Расчеты целесообразности использования различных ламп

	Световая отдача, лм/Вт	Относительная световая отдача
Лампа накаливания 100 Вт	13,8	2%
Лампа накаливания 200 Вт	15,2	2,2%
Галогеновая лампа 100 Вт	16,7	2,4%
Галогеновая лампа 200 Вт	17,6	2,6%
Галогеновая лампа 500 Вт	19,8	2,9%
Кремлевские звезды	22	3,2%
Кинопроекторные лампы	35	5,1%
Светодиоды	150	40%
Ксеноновая дуговая лампа	30–50	4,4–7,3 %
Люминесцентная лампа	40–104	6–15 %
Серная лампа	100	14,6%
Газоразрядная натриевая лампа высокого давления	85–150	12–22 %
Газоразрядная натриевая лампа низкого давления	100–150	15–29 %
Перспективные образцы белых светодиодов с рекордными параметрами	249, 254, 276	36%, 37%

Что касается рынка систем интеллектуального управления освещением, сегодня на нем представлено достаточно много устройств и протоколов различного типа. Преобладают в настоящее время протокол DALI и гибридные протоколы, также большой сегмент занимают собственные протоколы производителей. Протокол DALI изначально разрабатывался как специализированный протокол управления осветительными приборами и рассчитан только на управление компонентами системы освещения. Однако это ограничение не является недостатком стандарта, а наоборот, упрощает (например, по сравнению с универсальным протоколом KNX) программирование, монтаж и эксплуатацию освещения. Системы, использующие протокол DALI, проще и дешевле, чем системы управления зданиями. При этом подсистемы на базе DALI можно комбинировать с любой системой управления зданием: они легко интегрируются в LON, KNX/EIB и BACNet.

Вопрос управления освещением в растениеводстве и животноводстве, несмотря на давность его возникновения, сохраняет актуальность по сей день. Многие хозяйства используют автоматический или ручной контроль освещенности ферм, птичников, теплиц, оранжерей и прочего. Однако наиболее прогрессивным и набирающим популярность

является интеллектуальное управление освещением, которое позволяют реализовать системы, представленные в данном обзоре. ●

Литература

1. Искусственное освещение растений. www.ru.wikipedia.org/wiki/Искусственное_освещение_растений.
2. Darko E., Heydarizadeh P., Schoefs B., Sabzalian M. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3949401/.
3. НПП «ЛАЙТАП». www.lightup.su/.
4. «НПО ФИТОВАТТ». www.fitowatt.ru/catalog/alton.html.
5. ООО «ЛЕД-КОМ». www.led-com.ru/company/.
6. RDM-Led. www.rdm-led.ru/o_nas/.
7. «ЦНТ-Групп». www.cenatovara.ru/.
8. Группа компаний «Грин Лайтс». www.g-lights.ru/company/.
9. Система L4C. www.lely.com/ru/solutions/housing-and-caring/light-cows/.
10. Система освещения «АгриЛед Ред». www.biocomtechnology.by/ru/farm/type32/id85, <https://innoagrotech.ru/oborudovanie-dlya-ferm/oborudovanie-dlya-korovnika/sistema-osveshheniya-agriled-red.html>, <http://www.winagro.ru/%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA-%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-agribox>.
11. Светодиодные системы освещения ИСО «Хамелеон». Компания «Техносвет групп». www.ntp-ts.ru/equipment/.
12. Интеллектуальная архитектура. www.intelar.ru/primeri/7.
13. Оборудование для автоматизации «Овен». www.owen.ru/catalog/programmruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk_100/opisanie.
14. ООО «ЭКОЭЛ». www.svet-grp.ru/каталог-продукции/управление-освещением/.
15. «Легранд». www.legrand.ru/product/.
16. LOYTEC Electronics (Австрия). www.loytec.com.
17. Helvar (Финляндия). www.helvar.com.
18. Philips (Нидерланды). www.lighting.philips.com.
19. Lutron. www.lutron.com.
20. HDL Guangzhou Hedong Electronics Co (Китай). www.hdlautomation.com, www.hdlautomation.ru.
21. Osram. www.osram.ru.
22. Alright (Россия, Китай). www.arlight.ru.
23. Deus (Россия). www.mecloud.com.