

УДК 621.32

**А.Л. Тимошук, Ю.Г. Маркевич,**

**И.И. Колосов**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОСВЕЩЕНИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЛУЧЕНИИ В АПК**

### **Введение**

В Республике Беларусь при общем годовом потреблении электроэнергии в пределах 30 млрд. кВт·ч ее потребление в аграрном секторе в 2008 году составило около 1,9 млрд. кВт·ч, в том числе на производственные нужды сельскохозяйственных потребителей более 1,5 млрд. кВт·ч. При этом около 12% потребленной сельхозпроизводителями электроэнергии расходуется на электрическое освещение и облучение. Следовательно, затраты на освещение в себестоимости сельскохозяйственной продукции высоки, требуется проведение мероприятий по их эффективному снижению без ухудшения качества световой среды. Основным потребителем является животноводческая отрасль, свет в животноводческих помещениях выступает как технологический фактор, определяющий условия труда обслуживающего персонала и как физиологический фактор, влияющий на продуктивность животных.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследования являются освещение производственно-технологических и вспомогательных помещений сельскохозяйственных предприятий, технологическое физиологическое облучение сельскохозяйственных животных, системы управления освещением.

Для искусственного освещения применяют лампы накаливания и газоразрядные источники света. Экономичные, с большим сроком службы, газоразрядные лампы с успехом (но не полностью) вытесняют лампы накаливания, причем в их ряду люминесцентные лампы обеспечивают наилучшее качество освещения и могут удовлетворительно имитировать естественное освещение. С целью защиты источников света от разрушающего воздействия атмосферы животноводческих и других технологических помещений предприятий АПК применяют светильники пылевлагозащищенного и герметичного исполнения.

Газоразрядные источники света отличаются от ламп накаливания высокой световой отдачей – до 120 лм/Вт, большим сроком службы – до 15000 часов. Однако, если лампы накаливания можно непосредственно включать в сеть с напряжением, равным рабочему напряжению лампы, то газоразрядные лампы – с помощью пускорегулирующего аппарата (далее – ПРА), в котором теряется 20–30% электроэнергии. Практически все светильники с люминесцентными лампами имеют встроенные ПРА, большинство светильников с

другими типами газоразрядных ламп (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ) поставляются комплектно с выносными ПРА.

Наличие широкого ассортимента источников света, обладающих самыми различными характеристиками, ставит перед проектировщиком вопрос о правильном выборе их при проектировании системы освещения предприятия в целом или отдельных технологических участков. При решении этого вопроса следует исходить из анализа характеристик источников света и соответствия их условиям освещаемого объекта. К числу основных характеристик источников света, определяющих их применимость в тех или иных условиях, относятся: электрические характеристики (напряжение, мощность); световые характеристики (световая отдача, срок службы, яркость); цветовые характеристики (спектральный состав, цветность излучения). Основные характеристики широко применяемых источников света приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Характеристики источников света

Тип источника света	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Средний срок службы, час	Индекс цветопередачи Ra	Нижний предел температуры окружающей среды, °С
Лампы накаливания общего назначения (ЛОН)	200–15000	15	1000	100	без ограничений
Галогенные лампы (КГ)	2500–125000	25	2000	100	без ограничений
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	350–7000	90	12000	90	до –5
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	250–4500	80	8000	85	до –20
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	300–55000	55	20000	40	до –25
Натриевые лампы высокого давления (ДНаТ)	5000–120000	120	15000	25	без ограничений
Металлогалогенные лампы (ДРИ)	3000–300000	90	10000	70	без ограничений
Светодиодные излучатели	250–12600	50–70	до 90000	80–90	без ограничений

Переходя к экономической оценке источников света, необходимо иметь в виду, что стоимость источника еще не определяет его экономичность и только лишь в совокупности с расходами на эксплуатацию может служить критерием для оценки по экономическим показателям. Известно, что до 75% в структуре затрат на любую осветительную установку составляют затраты на стоимость потребляемой электроэнергии.

Стоимость сэкономленной электроэнергии за год при замене источника света на более эффективный при сопоставимых световых потоках можно определить по формуле:

$$\Delta C_э = q \cdot (P_1 \cdot \alpha_1 - P_2 \cdot \alpha_2) \cdot T \text{ (руб.)},$$

где  $q$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч;

$P_1$  – мощность заменяемого источника света, *Вт*;

$P_2$  – мощность более эффективного источника света, *Вт*;

$\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты, учитывающие потери в пускорегулирующем аппарате газоразрядных ламп ( $\alpha=1$  для ламп типа ЛОН, КГ);

$T$  – время работы источника света в течение года (при двухсменной работе  $T=2250$  часов).

Таким образом, замена лампы ДРЛ мощностью 250 *Вт* на лампу ДНаТ мощностью 150 *Вт* (при этом световой поток лампы ДНаТ на 10% выше) обеспечивает экономию электроэнергии на каждой лампе в год:

$$\Delta C_{\text{э}} = 268 \cdot (0,25 \cdot 1,1 - 0,15 \cdot 1,1) \cdot 2250 = 66330 \text{ руб.}$$

Несмотря на широкий ассортимент выпускаемых светильников, актуальной является задача создания для животноводства и других отраслей АПК специализированных энергосберегающих светильников, характеризующихся повышенными значениями отдельных или ряда параметров окружающей среды (влажность, запыленность, наличие агрессивных газов) и отвечающих следующим требованиям:

- экономичность;
- герметизированное исполнение;
- коррозионная стойкость корпуса и рассеивателя;
- удобство подключения и обслуживания;
- удобство замены источников излучения и ремонта;
- невысокая стоимость.

Прогнозируемая потребность в подобных светильниках оценивается по республике в 80–100 тыс. единиц при ежегодном серийном производстве не менее 2000 единиц.

Создание эффективного облучательного оборудования для технологий промышленного выращивания сельскохозяйственных животных, обеспечивающего снижение доли электроэнергии в себестоимости животноводческой продукции, возможно при использовании современных источников света с высокими значениями светоотдачи, спектр испускания которых наиболее полно совпадает со спектральным диапазоном оптического излучения, вызывающего требуемое биологическое действие при облучении животных.

Указанным условиям в полной мере удовлетворяют полупроводниковые светоизлучающие диоды. Стремительные темпы развития и удешевление технологии их изготовления, появление на рынке светотехнических изделий светодиодных излучателей единичной мощности до 10 *Вт* и более, обеспечивающих световые потоки до 500 *лм*, разработка полупроводниковых структур, излучающих в спектральных диапазонах, перекрывающих практически всю видимую область, позволяют перейти от лабораторных исследований к этапу практического применения подобных источников оптического излучения в сельскохозяйственном облучательном оборудовании. Светоотдача серийно

выпускаемых мощных светодиодных излучателей (60–80 *лм/Вт*) превосходит аналогичные параметры ламп накаливания (10–13 *лм/Вт*) и галогенных ламп (20–30 *лм/Вт*) и приближается к значениям светоотдачи люминесцентных ламп (70–90 *лм/Вт*).

Основными преимуществами светодиодных излучателей, существенными для их использования в технологическом облучательном оборудовании агропромышленного производства, являются:

- высокая энергетическая эффективность;
- надежность и долговечность – срок службы от 50 до 100 тыс. часов;
- устойчивость к воздействию климатических факторов и агрессивной атмосферы животноводческих помещений;
- широкий рабочий температурный диапазон  $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$ ;
- отсутствие теплового излучения;
- низкое напряжение питания – для единичного светодиода составляет 1,2–3,5 В;
- малые габариты.

Важным аспектом создания эффективных систем освещения является разработка развитых систем управления освещением. Применение даже отдельных элементов автоматизации (фотореле, автоматические таймеры, бистабильные реле и др.) дает существенную экономию электроэнергии. Так, использование астрономических реле в уличном освещении обеспечивает снижение энергопотребления от 10 до 50%. Снижаются эксплуатационные расходы.

### **Результаты исследований**

Внедрение систем освещения животноводческих помещений на базе светильников с люминесцентными лампами, снабженными электронным пускорегулирующим аппаратом (далее – ЭПРА), обеспечивает следующие преимущества:

- КПД электронного ПРА составляет 96–98% против 60% у электромагнитного ПРА;
- срок службы лампы при питании ее от ЭПРА составляет 12000 часов против 7500 часов при питании от электромагнитного ПРА;
- световая отдача лампы при питании от ЭПРА повышается на 8–10%;
- отсутствует эффект пульсации светового потока лампы;
- не требуется компенсация реактивной мощности.

Таким образом, при использовании светильников с ЭПРА получаем уменьшение как активной, так и реактивной мощностей, что разгружает трансформаторную подстанцию животноводческой фермы и электропроводку и, как следствие, дает значительную экономию как при оплате потребляемой энергии (до 50%), так и при эксплуатации системы освещения. Расчетная экономия электроэнергии на одном светильнике за время его нормативной эксплуатации в 8 лет – не менее 1400 *кВт·ч*.

Применение светодиодных излучателей белого свечения перспективно для организации общего освещения технологических и вспомогательных помещений сельскохозяйственных производств. Расчет технико-экономической эффективности замены светильника НСП03–60 с лампой накаливания 60 Вт на светодиодный излучатель SP80B мощностью 10 Вт (угол рассеивания 120°, дает освещенность, аналогичную этому же показателю у ламп накаливания 75 Вт) показывает, что при обеспечении нормированной освещенности в темное время суток экономия электроэнергии составляет в пределах 250 кВт·ч в год. При стоимости электроэнергии 268 руб./кВт·ч годовая экономия для 1 светильника составляет 67 тыс. руб. Срок окупаемости – 2 года (для лампы мощностью 5 Вт SP70 – 1 год). Соответственно, переход на светодиодное освещение только в свиноводческой отрасли республики (а это порядка 40 тыс. светильников) позволит снизить расход электроэнергии на 12,5 млн. кВт·ч в год, что в денежном выражении составляет 3,35 млрд. руб.

В «Научно-практическом центре НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработано технологическое оборудование для профилактического оптического облучения молодняка свиней. Оборудование состоит из облучателей, размещаемых над станками для содержания свиноматки с поросятами, и блока автоматизированного управления. Облучатели – комбинированного типа, с двумя источниками света. Излучение происходит в двух спектральных диапазонах: эритемном ультрафиолетовом и видимом красной области спектра. Излучение в красной области спектра обеспечивается линейными светодиодными излучателями, в ультрафиолетовом диапазоне – люминесцентной эритемной лампой. Применение узкополосных источников света (полуширина спектра излучения 15...20 нм) в зонах максимального биологического действия позволило снизить эксплуатационные расходы в сравнении с применяемыми ультрафиолетовыми облучателями [2]. Разработана система автоматизированного управления профилактическим оптическим облучением для свинокомплексов на основе программируемых реле РСZ–522 белорусского производителя электротехнической продукции, релейной защиты и автоматики «Евроавтоматика ФиФ», обеспечивающей ежедневно до 10 включений-выключений источников света в течение технологического цикла выращивания поросят с регулированием длительности свечения. В серии научно-промышленных опытов по отработке технологии комбинированного облучения достигнуты следующие показатели: суточное энергопотребление при облучении сектора свинарника-маточника на 300 голов составляет 0,48–0,9 кВт·ч, при этом привесы подсосных поросят и поросят-отъемышей выросли на 9–12%.

### Заключение

1. В системах освещения технологических помещений предприятий АПК необходимо проведение поэтапной замены традиционных источников света на

более эффективные (ЛОН – на ЛЛ, КЛЛ; ДРЛ – на ДНаТ, ДРИ), что обеспечит снижение энергопотребления от 30 до 80%.

2. Применение светодиодных источников света для облучения животных выгодно, экономический эффект при профилактическом облучении молодняка свиней составляет до 5 млн. руб. за цикл выращивания в секции 300 голов.

3. Системы управления освещением должны разрабатываться с учетом технологических особенностей конкретного объекта, что обеспечит до 50% экономии электроэнергии дополнительно.

### Литература

1. Источники света. Лампы для общего освещения. ЭПРА и системы управления светом // Технический каталог фирмы OSRAM GmbH. – Москва, 2007. – 486 с.
2. Самосюк, В.Г. Профилактическое оптическое облучение молодняка сельскохозяйственных животных / В.Г. Самосюк, В.В. Кузьмич, Ю.Г. Маркевич // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – №5. – С. 28-31.

УДК 669.054.85/4:338.45(476)

**А.Л. Тимошук, Б.Л. Кошепаво,  
В.А. Чернобай**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **ПРОБЛЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ СВИНЦА ИЗ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ЕЕ ВАЖНОСТЬ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ**

#### Введение

Свинцовый аккумулятор – наиболее распространенный в настоящее время вторичный химический источник тока. На его основе выпускаются стартерные, тяговые и стационарные батареи. Огромный масштаб их использования, особенно в автотракторном и сельскохозяйственном машиностроении, связан с малой стоимостью, высокими электрическими характеристиками, удобством и надежностью в эксплуатации. Какой-либо серьезной альтернативы применению свинцовых аккумуляторов нет, и они в обозримом будущем займут первое место.

Решение проблемы получения свинца из вторичных ресурсов для последующего производства отечественных аккумуляторов имеет важное экономическое и экологическое значение, так как направлено на переработку и утилизацию накопившегося в больших количествах дешевого свинцового сырья (преимущественно в виде отработанных аккумуляторных батарей) и уменьшение рассеяния экологически вредного тяжелого металла.

#### Объекты и методы исследований

Свинецсодержащие твердые отходы в значительных количествах (порядка 4500–5000 тонн в год) реализуются за пределы Республики Беларусь, не подвергаясь глубокой переработке. В то же время товарный свинец ввозится на территорию государства и цена на него неуклонно возрастает. Потребности