

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION

МРНТИ 45.51.02

DOI <https://doi.org/10.37884/2-2022/12>

А.Ж.Сагындикова^{1*}, Н.Н.Арыстанов²

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
Алматы, Казахстан, Sagyndikova_aigul@mail.ru*

²Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,
n.arystanov@aues.kz

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОСВЕЩЕНИЯ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация

В статье приведен анализ применения светодиодного освещения животноводческих помещений, которое может быть не только энергоэффективным, но и помочь увеличить продуктивность ферм. Сельское хозяйство является крупнейшим потребителем электрической энергии в виде оптического излучения. Рациональное использование и экономия электроэнергии в осветительно-облучательных установках имеет громадное значение в общем балансе электропотребления. Производством осветительно-облучательных установок в сельском хозяйстве является поток, создающий требуемую освещенность для выполнения зрительных работ, либо ультрафиолетовую облученность для воздействия на животных с целью сохранения и повышения продуктивности. Затратами являются капитальные единовременные затраты на осветительные установки (оборудование, монтаж) и эксплуатационные расходы на содержание осветительно-облучательных установок, в первую очередь на замену источников излучения, их чистку, а также на оплату электроэнергии. Учитывая, что стоимость электроэнергии очень сильно возросла, то вопрос о снижении затрат на освещение и облучение имеет большую актуальность. Таким образом, задача осветительно-облучательных установок сводится к сокращению как непосредственно капитальных затрат, так и эксплуатационных расходов, т.е. в основном к сокращению расхода электроэнергии и относятся к важнейшим проблемам.

Ключевые слова: освещенность, светодиодного освещения животноводческих помещений, потребителем электрической энергии, оптическое излучение, помещение коровника с учетом балок и опор, световой режим, искусственный свет, Dialux оценка освещенности

Введение

Реализация энергоэффективной политики является в настоящее время одним из основных инструментов модернизации промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и транспортного сектора. Успешная политика энергосбережения и повышения энергоэффективности обеспечивает энергетическую и экологическую безопасность страны. Кроме того, обеспечение повышения энергоэффективности стимулирует внедрение новых инновационных технологий и решений, что в свою очередь стимулирует активное взаимодействие развития науки и трансфера технологий.

Энергоэффективная политика должна включать в себя мероприятия по модернизации отраслей экономики, повышению качества управления и квалификации производственного персонала, привлечения масштабных инвестиций, воспитанию населения к бережливому потреблению энергетических ресурсов. Также, необходимым условием ее реализации является использование научно-технического потенциала и нового инновационного

мышления, повышение инвестиционной привлекательности энергоэффективности, как привлекательного направления бизнес-деятельности [2].

Исследования ряда ученых указывают на перспективность разработки и внедрения в практику наиболее оптимальных световых режимов для каждого вида и возраста животных.

Методы и материалы

Технологическое значение светового режима существенно возрастает в условиях районов, где продолжительность стойлового периода достигает нескольких месяцев, а воздействие на организм скота световой энергии почти полностью зависит от искусственных источников освещения. Кроме того, в широкогабаритных животноводческих помещениях широко используют искусственный свет, который в значительной части или полностью заменяет естественную освещенность. В процессе адаптации к внешним условиям под влиянием чередования периодов света и темноты (дня и ночи) у животных сложились ритмические изменения процессов жизнедеятельности, получившие название фотопериодизма. Проявление половых рефлексов, рост и развитие потомства, смена волосяного покрова, жиросотложение, обмен веществ, секреция молока, функция эндокринных органов регулируются у животных световым режимом. Особенно закономерно проявляется взаимосвязь со световым режимом процессов размножения. С учетом зависимости половой функции от фото периодических условий животные подразделяются на короткодневных, длиннодневных и промежуточных. Коровы относятся к длиннодневным животным, у которых половая активность проявляется в весенний период, при возрастающей долготе дня. Отмечают также, что под действием света нормализуется обмен веществ в организме, который является жизненно необходимым процессом и, следовательно, обязательным условием нормальной жизнедеятельности организма животных [1-4].

Короткий световой день является самым подходящим для сухостойных коров. Коровы, которые все время подвергаются воздействию длительного светового дня, будут постепенно терять свою способность увеличивать, за счет этого, надой молока. Короткие дни, по-видимому, "перезапускают" способность коровы реагировать на длинный световой день в следующей лактации. Это означает, что сухостойные коровы не должны подвергаться такому же освещению, что и молочные коровы. Ограничение по времени воздействия света на сухостойных коров меньше чем 12 часов в день позволит их внутренним часам работать правильно и даст гарантию, что воздействие дополнительным освещением при следующей лактации даст необходимые результаты.

Возможно, больший интерес при работе с сухостойными коровами вызывает влияние короткого светового дня на здоровье вымени и сопротивляемость болезням. Предварительные лабораторные исследования показывают, что коровы, подвергавшиеся воздействию короткого светового дня в сухостойный период, обладают большей сопротивляемостью различным инфекциям.

Реакция на короткий световой день в сухостойный период соответствует с влиянию сезона отелов на молочную выработку. Коровы, отелившиеся в конце зимы, дают больше молока, чем коровы, отелившиеся летом. Выработка пролактина может также оказывать действие на конечный результат. Влияние среды на секрецию пролактина и чувствительность во время сухостойного периода значительно воздействуют на последующие показатели надоев молока.

С физиологической точки зрения, ожидалось, что в течение зимы сухостойные коровы имели бы самые низкие концентрации пролактина из-за коротких дней и низких температур. В течение лета сухостойные коровы показывали бы увеличение выработки пролактина из-за высокой температуры окружающей среды и долгих солнечных дней. Влияние пролактина - подходящий фактор для объяснения преимущества включения коротких световых дней между длительными.

Наряду с позитивным влиянием освещенности на здоровье и продуктивность животных необходимо во всех случаях учитывать вопросы обеспечения безопасности труда обслуживающего персонала. В промышленности, например, освещенности рабочих мест с

целью предупреждения травматизма и улучшения качества продукции придается большое значение. В сельском же хозяйстве необходимо еще многое сделать в этом направлении. Свет оказывает также влияние на качество выполнения работ как в коровнике, так и на доильной установке. Освещение помещений должно по возможности осуществляться за счет естественного света. Поэтому при планировании новых или реконструкции старых помещений необходимо обращать внимание на то, чтобы через достаточно большие световые проемы в коньке крыши и боковых стенах помещения во все участки коровника, включая и те, которые предназначены для отела, проникало как можно больше естественного света.

Увеличение светового периода до рекомендуемых 16 часов возможно за счет применения современных экономических светильников (люминесцентных ламп, натриевых ламп высокого давления). С помощью электронных устройств с часовым механизмом за счет включения искусственного освещения в утренние и вечерние часы возможно автоматическое, без участия оператора, регулирование длительности светового дня. Это приносит еще и производственно-экономические преимущества. В зимние месяцы, например, можно обеспечить непрерывное регулирование освещения утром с 4 до 8 и вечером с 16 до 20 часов.

В современных коровниках с высокими потолками, предназначены для безпривязного содержания животных, рекомендуется подвешивать источники света на цепях или штангах, для того чтобы приблизить их к местам нахождения животных.

При проектировании системы освещения должно быть предусмотрено, чтобы все здание освещалось равномерно, чтобы не возникало никаких светлых пятен или темных ниш. Высота монтажа ламп зависит от их мощности (Ватт). Чем больше мощность лампы, тем выше они могут монтироваться. С возрастающей высотой потолка здания, необходимо монтировать меньшее количество ламп, но с большей мощностью. Контрольное число для высоты монтажа ламп должно соответствовать приблизительно 1,5 расстоянию между лампами. С помощью представленной формулы можно простым способом вычислить количество необходимых источников света для освещения коровника:

$$\text{Количество необходимых ламп} = \frac{\text{площадь коровника(кв.м)} \times 160 \text{ люкс} \times K}{\text{сила освещения/лампа}}$$

Примечание: освещенность в 160 люкс предоставляет необходимый минимум. Кто хочет действовать наверняка, может использовать в формуле вместо значения 160 люкс 200 люкс.

K - константа для отражения света или поглощения света. Для закрытых коровников следует использовать значение коэффициента K равное 2, для коровников с открытыми стенами равное 3. Мощность ламп в люменах.

Следует отметить, что световая мощность (люкс) может варьироваться при одной и той же мощности ламп (ватт). Поэтому, расчет всегда должен производиться в соответствии с типом ламп. Соблюдение требуемой освещенности, а также освещение различных участков можно проверить с помощью фотометра. Простые удобные измерительные приборы от 50 до 100 € уже можно найти в специализированных магазинах электроники. Измерения должны быть произведены на высоте 60 см над уровнем пола коровника. Важно, чтобы необходимые 200 люкс были достигнуты не только возле кормушек, но и в области боксов для лежания, так как коровы, как правило, проводят лишь три-четыре часа в день у кормушек, а отдыхают до 14 часов.

При недостаточном освещении области отдыха, программа освещения будет безуспешной. Чтобы сократить производственные затраты должен быть установлен сенсорный датчик света. Он должен автоматически включать осветительную установку в коровнике, при условии, если требуемое значение яркости (например, 200 люкс) не достигнуто. Датчик должен быть установлен в таком месте, где световое излучение примерно равно значению внутри коровника. Поблизости не должно быть никакого искусственного источника света! Для того, чтобы избежать неоднократных краткосрочных

включений - отключений в течение дня, например во время грозы, датчик программируется автоматической установкой времени.

Во время шестичасовой фазы темноты все лампы в коровнике по мере возможности должны быть выключены. Коровы - в отличие от людей - даже в полной темноте ориентируются хорошо. В ночное время для контроля может быть установлено несколько ламп красного света (15 Ватт). Конечно, не всегда просто выдерживать продолжительность светло-темных фаз. Особенно в летний период, коровник не может находиться в полной темноте в течение шести-восьми часов. Поэтому наибольший успех в программе освещения достигнут молочные фермы, которые планируют отел на осень и зиму.

Результаты и обсуждение

Несмотря на полученные за последние годы, данные о влиянии света на организм сельскохозяйственных животных, этот фактор изучен еще недостаточно. Исследования, проведенные в странах запада, показали, что увеличение продолжительности светового дня до 16 часов в сутки в осенне-зимний период позволили увеличить молочную продуктивность в среднем на 8%. Освещенность у поилок и кормового стола должна быть на уровне 200-300 лк, а в боксах для отдыха коров хотя бы 80 лк. Эти данные значительно отличаются от нормативных 30-70 лк. [5, 6].

Такое сильное увеличение освещенности может отрицательно сказаться на экономическом эффекте от увеличения продуктивности коровьих ферм. Доля освещения в общем балансе электропотребления ферм составляет около 4,6 % [7]. Если ориентироваться на традиционные подходы к обеспечению освещения в коровниках, то расходы на эксплуатацию искусственного освещения будут чрезмерными.

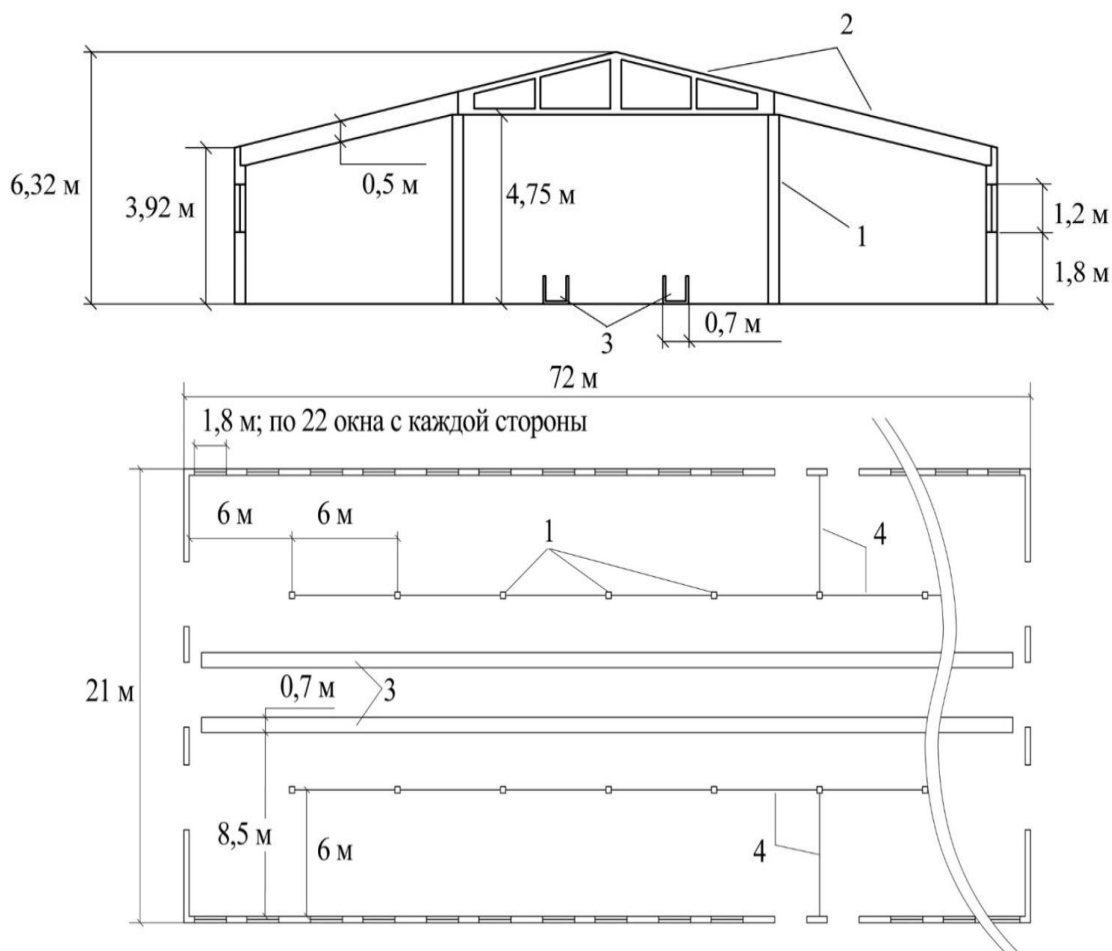


Рисунок 1 – Эскиз коровника на 200 голов

1 – железобетонные опоры, 2 – железобетонные балки,
3 – кормушки для коров, 4 – жердевые ограждения.

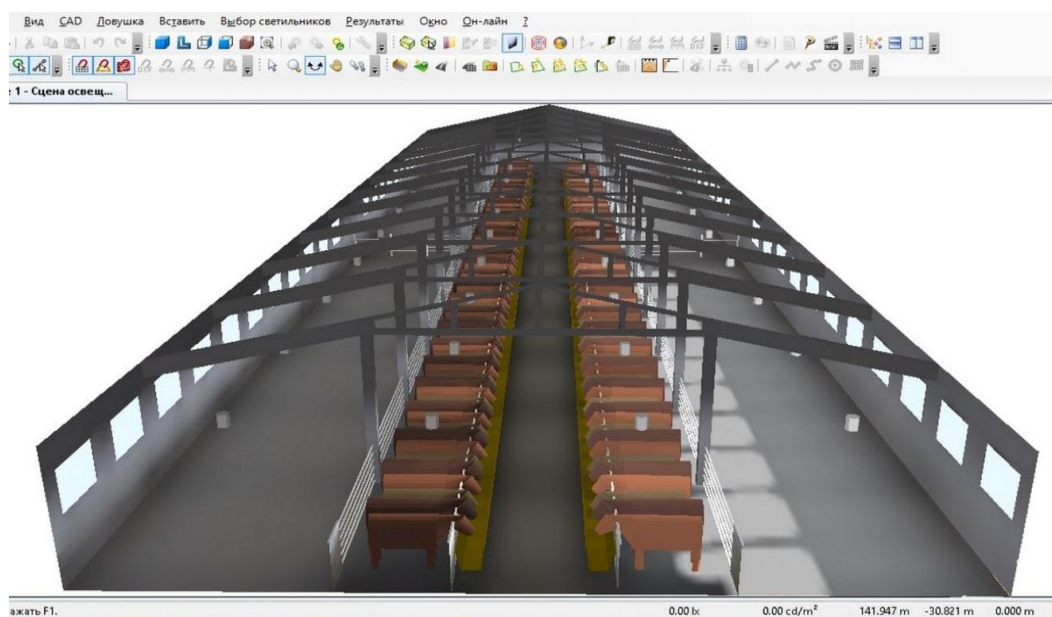


Рисунок 2 – Помещение коровника с учетом балок и опор

Помочь в решении данной проблемы может внедрение светодиодного освещения и применение программного обеспечения по расчетам освещенности.

В качестве примера был взят коровник на 200 голов по типовому проекту [8], эскиз которого показан на рисунке 1. Коровы разделяются на 4 группы по 50. Их жизненное пространство разделено на две части: зона питания, расположенная в центре коровника вдоль кормушек; и зона отдыха, расположенная по краям около окон.

В Dialux было построено помещение коровника с учетом балок и опор, а также кормушек и жердевых ограждений (рисунок 2). Кроме того, были введены фигуры коров, которые расположены у кормушки. Такое расположение коров затрудняет освещение центральной части, которая к тому же должна быть лучше освещена, чем края около окон.

Программа для расчета освещенности позволяет моделировать различные сцены освещения, и благодаря этому можно подобрать наиболее рациональное расположение светильников с учетом естественного освещения и особенностей световых режимов в отдельных частях помещений. Одним из наиболее востребованных программных продуктов по расчету освещенности является DiaLux.

В Dialux оценка освещенности расчетных поверхностей может даваться в виде таблиц или графиков горизонтальной и вертикальной освещенности. В данном случае для наглядности использована градация фиктивных цветов, каждый из них соответствует определенному значению освещенности, на рисунке 3 показана цветовая шкала, которая использована для оценки освещенностей ниже следующих вариантов освещения коровника. [9].

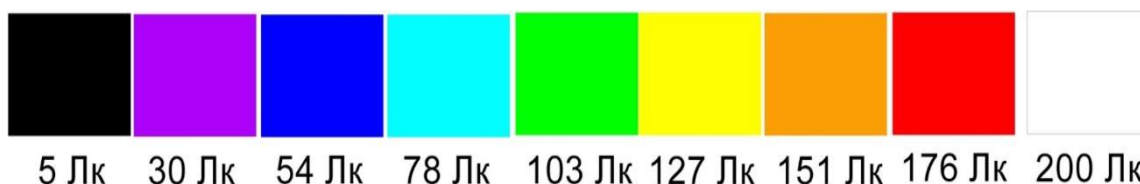


Рисунок 3 – Распределение освещенности по фиктивным цветам в программе DiaLux

На рисунке 4 показано распределение освещенности при использовании светодиодных светильников ДСП-44-38 Вт 24 штуки, ДСП-44-48 Вт 24 штуки и ДСП-44-65 Вт 12 штук.

При этом в центре коровника освещенность примерно соответствует 200 лк, а в зоне отдыха коров около 70-80 лк.

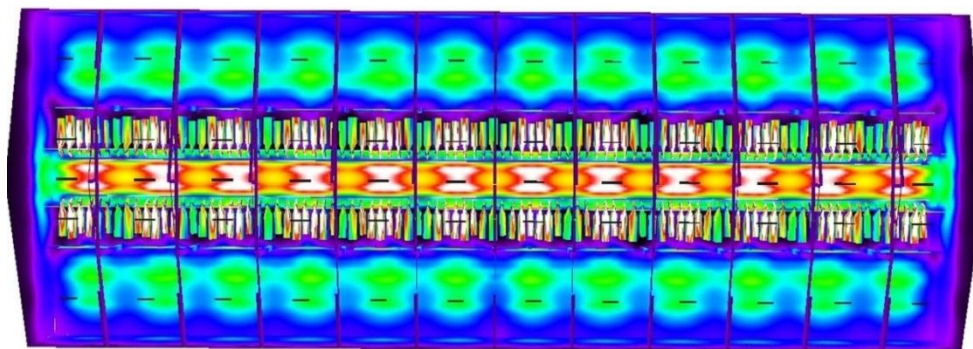


Рисунок 4 – Улучшенное освещение светодиодными светильниками, 65 Вт – 12 шт., 48 Вт – 24 шт., 38 Вт – 24 шт.

На рисунке 5 показан вариант с применением светильников с лампами ДРЛ-125 Вт 69 штук. Лампы большей мощности не могут быть использованы ввиду малой высоты подвеса, в типовом проекте высота составляла 3,5 м, а для ДРЛ-125 она была увеличена до 4 м. Распределение освещенности в этом варианте также удовлетворяет требованиям по улучшенному содержанию коров.

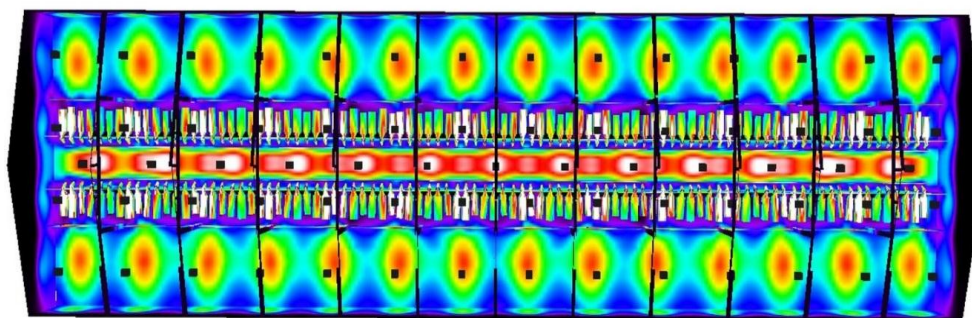


Рисунок 5 – Улучшенное освещение светильниками с лампами ДРЛ-125, 69 шт.

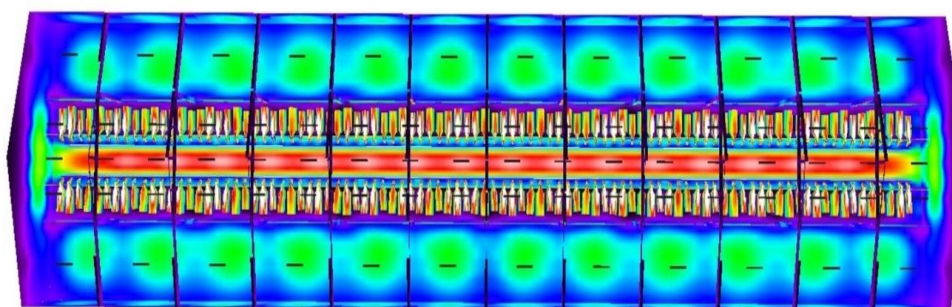


Рисунок 6 – Улучшенное освещение светильниками с люминесцентными лампами 2*36 Вт, 78 шт.

На рисунке 6 показано распределение освещенности при использовании светильников с двумя люминесцентными лампами по 36 Вт – 78 штук. Здесь также освещенность удовлетворительная.

В таблице 1 показано сравнение затрат на содержание трех вариантов освещения коровника. Цены на светодиодные светильники с мощностями подобными использованным

находятся в диапазоне от 9000 до 16500 Тг., была взята максимальная. Тариф на электроэнергию 22,3 Тг. за 1кВт*ч. [10].

Таблица 1 – Сравнение затрат на содержание различных систем освещения

Светильник	ЛСП-44-2*36	PCY-01-125	ДСП-44		
			ДСП-44-38	ДСП-44-48	ДСП-44-65
Количество	78	69	24	24	12
Цена, тг	3500	6000	16500	16500	16500
Стоимость, тг	273000	414000	396000	396000	198000
			990000		
Суммарная мощность, Вт	5616	9384	912	1152	780
			2844		
Годовой расход электроэнергии, кВт*ч	16174	27026	8191		
Стоимость электроэнергии за год	360682	602678	182653		
Срок старения ламп, ч.	10000	12000	>100000		
Количество замен в год	22	17	-		
Цена лампы, тг	150	400	-		
Стоимость замены, тг	3370	6624	-		
Затраты 1-ый год, тг	637052	1023302	998191		
Затраты 2-ой год, тг	1001103	1632604	1180844		
Затраты 3-ий год, тг	1365155	2241906	1363497		

Из приведенной таблицы 1 видно, что светодиодное освещение становится выгодным по сравнению с другими уже после трех лет эксплуатации, по крайней мере, на 4, 5-ый год общие расходы будут значительно меньше.

Выводы

Таким образом, рационально выбранное светодиодное освещение позволяет не только повысить энергоэффективность эксплуатации, но и помочь увеличить продуктивность животноводческих ферм.

Благодарность: статья подготовлена в рамках гранта, более того, благодарим коллег с АУЭС, которые не являются авторами статьи, но при их содействии проводилось исследование, это зав.кафедрой ЭВИЭ К.Т.Тергемес и ст.преподаватель О.П.Живаева.

Список литературы

1. Казаков А. Влияние светового режима на продуктивность лактирующих коров. Молочное и мясное скотоводство – 2009. – № 3. – С. 12-13.
2. Алферова Л.К., Кожевникова Н.Ф., Лямцов А.К. Применение оптического излучения в животноводстве. — Россельхозиздат, 1987. Стр.52-69
3. Юрков В. М. Микроклимат животноводческих ферм и комплексов / В. М. Юрков. – М.:Россельхозиздат, 1985. – 223 с.
4. Michael W Fleming Experimental Inoculations with Ostertagia ostertagi or Exposure to Artificial Illumination Alter Peripheral Cortisol in Dairy Calves (Bos taurus). Immunology and Disease Resistance Laboratory, Livestock and Poultry Sciences Institute, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Beltsville, MD 20705 USA.
5. Е.Е. Хазанов, В.В. Гордеев, В.Е. Хазанов. Технология и механизация молочного животноводства. Учебное пособие. Издательство «Лань». СПб, 2010. Стр. 27
6. Мартынова Е.Н., Ястребова Е.А. Освещенность животноводческих помещений и ее влияние на продуктивность коров. Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №

стр 12-27

7. Н.П.Мишуров. Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоёмкости производства молока. Министерство сельского хозяйства РФ, ФГНУ «Росинформагротех». Москва, 2010. Стр 85-93

8. ОТП-801-2-101.12.87 «Коровник на 200 коров». Стр 54-98

9. Эль Хаббах Мохамед Эль - Сайед. Влияние различных источников освещения (ламп накаливания и люминесцентных) на результаты выращивания ремонтных молодок и продуктивность клеточных несущек /Дисс. канд. с.- х. н., 1980. - 97 с. »

10 Электропривод и применение электрической энергии в сельском хозяйстве /Г.И. Назаров, Н.П. Олейник, А.П. Фоменко, И.М. Юровский. М.: Колос, 1972.-446 с.

References

1. Kazakov A. Vliyanie svetovogo rezhima na produktivnost' laktiruyushhikh korov. Molochnoe i myasnoe skotovodstvo – 2009. – № 3. – S. 12-13.

2. Alferova L.K., Kozhevnikova N.F., Lyamtsov A.K. Primenenie opticheskogo izlucheniya v zhivotnovodstve. — Rossel'khozizdat, 1987. Str.52-69

3. YUrkov V. M. Mikroklimat zhivotnovodcheskikh ferm i kompleksov / V. M. YUrkov. – М.:Rossel'khozizdat, 1985. – 223 s.

4. Michael W Fleming Experimental Inoculations with Ostertagia ostertagi or Exposure to Artificial Illumination Alter Peripheral Cortisol in Dairy Calves (Bos taurus). Immunology and Disease Resistance Laboratory, Livestock and Poultry Sciences Institute, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Beltsville, MD 20705 USA.

5. Е.Е. КНазанов, V.V. Gordeev, V.E. КНазанов. Tekhnologiya i mekhanizatsiya molochnogo zhivotnovodstva. Uchebnoe posobie. Izdatel'stvo «Lan'». SPb, 2010. Str

6. Martynova E.N., YAstrebova E.A. Osveshhennost' zhivotnovodcheskikh pomeshhenij i ee vliyanie na produktivnost' korov. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012. – № str 12-27

7. N.P.Mishurov. Bioehnergeticheskaya otsenka i osnovnye napravleniya snizheniya ehnergoemkosti proizvodstva moloka. Ministerstvo sel'skogo khozyajstva RF, FGNU «Rosinformagrotekh». Moskva, 2010. Str 85-93

8. ОТП-801-2-101.12.87 «Коровник на 200 коров». Стр 54-98

9. ЕН' КНabbakh Mokhamed ЕН' - Sajed. Vliyanie razlichnykh istochnikov osveshheniya (lamp nakalivaniya i lyuminestsentnykh) na rezul'taty vyrashhivaniya remontnykh molodok i produktivnost' kletochnykh nesushek /Diss. kand. s.- kh. n., 1980. - 97 s. »

10 ЕНэлектропривод и применение ehlektricheskoy ehnergii v sel'skom khozyajstve /G.I. Nazarov, N.P. Olejnik, A.P. Fomenko, I.M. YUrovskij. М.: Kolos, 1972.-446 s.

А. Ж. Сағындықова^{1}, Н. Н. Арыстанов²*

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

Sagyndikova_aigul@mail.ru*

²Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

n.arystanov@aes.kz

МАЛ ҚОРАЛАРЫН ЭНЕРГИЯНЫ ҮНЕМДЕЙТІН ЖАРЫҚТАНДЫРУДЫ ТАЛДАУ

Андатпа

Мақалада энергияны үнемдейтін ғана емес, сонымен қатар фермалардың өнімділігін арттыруға көмектесетін мал шаруашылығы бөлмелерін жарықдиодты жарықтандыруды қолдану талдауы келтірілген. Ауыл шаруашылығы оптикалық сәулелену түріндегі электр

энергиясының ірі тұтынушысы болып табылады. Сәулелендіру қондырғыларында электр энергиясын ұтымды пайдалану және үнемдеу электр тұтынудың жалпы балансында үлкен мәнге ие. Ауыл шаруашылығындағы жарықтандыру-сәулелендіру қондырғыларының өнімі көру жұмыстарын орындау үшін қажетті жарық беретін ағын не өнімділікті сақтау және арттыру мақсатында жануарларға әсер ету үшін ультракүлгін сәулелендіру болып табылады. Жарықтандыру қондырғыларына (жабдыққа, монтаждауға) жұмсалатын күрделі біржолғы шығындар және жарықтандыру-сәулелендіру қондырғыларын күтіп-ұстауға, бірінші кезекте сәулелену көздерін ауыстыруға, оларды тазалауға, сондай-ақ электр энергиясына ақы төлеуге арналған пайдалану шығыстары шығындар болып табылады. Электр энергиясының құны өте жоғары көтерілгенін ескере отырып, жарықтандыру мен сәулелену шығындарын азайту мәселесі өте өзекті. Осылайша, сәулелендіру қондырғыларының міндеті тікелей күрделі шығындарды да, пайдалану шығындарын да азайтуға дейін азаяды, яғни негізінен электр энергиясын тұтынуды азайту және маңызды проблемаларға жатады.

Кілт сөздер: жарықтандыру, мал шаруашылығы үй-жайларының жарықдиодты жарықтандыруы, электр энергиясын тұтынушы, оптикалық сәулелену, сарайлар мен тіректерді ескере отырып, жарық режимі, жасанды жарық, Dialux жарықтандыруды бағалау

A.Zh. Sagyndykova^{1*}, N.N. Arystanov²

¹ *Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan*

*Sagyndykova_aigul@mail.ru**

² *Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan*

n.arystanov@aes.kz

ENERGY-SAVING LIVESTOCK FACILITIES LIGHTING ANALYSIS

Abstract

The article provides an analysis of the use of LED lighting in livestock premises, which not only saves energy, but also helps to increase the productivity of farms. Agriculture is the largest consumer of electricity in the form of optical radiation. Rational use and saving of electricity in irradiation plants is of great importance in the overall balance of electricity consumption. The product of lighting and irradiation installations in agriculture is a luminous flux necessary for performing visual work, or ultraviolet irradiation for exposure to animals in order to maintain and increase productivity. Capital One-time costs for lighting installations (equipment, installation) and operating costs for the maintenance of lighting installations, primarily for replacing radiation sources, cleaning them, as well as for paying for electricity. Given that the cost of electricity has risen very high, the problem of reducing lighting and radiation costs is very relevant. Thus, the task of irradiation installations is reduced to reducing both direct capital costs and operating costs, i.e. it is mainly related to reducing electricity consumption and serious problems.

Key words: illumination, LED lighting of livestock premises, electric energy consumer, optical radiation, cowshed premises taking into account beams and supports, light mode, artificial light, Dialux illumination assessment