



**Галиуллин Р.Р.**  
**Galiullin R.R.**

доктор технических наук,  
заведующий кафедрой  
«Электроснабжения и применения  
электрической энергии в с.х.»  
ФГБОУ ВО Башкирский государственный  
аграрный университет»,  
Россия, г.Уфа



**Каримов И.И.**  
**Karimov I.I.**

инженер ООО «ГСИ СНЭМА»,  
Россия, г. Уфа

УДК 628.941.8

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ В ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

Тема развития овощеводства сегодня является актуальной для всей страны. Овощи входят в число 5 групп продуктов питания, по которым осенью 2014 года было введено ограничение на импорт, и в то же время, эта отрасль все еще остается импортозависимой. Ежегодно в Россию завозится до 1 миллиона тонн овощей на 2,5 миллиарда долларов. Сегодня в стране сложилась уникальная ситуация, когда внутренний рынок позволяет производить больше и полностью обеспечить себя. В последние годы в Башкортостане отмечается увеличение объемов производства овощей. Если в 2010 году в регионе производили 255 тысяч тонн овощей в год, то в 2014 году на тех же площадях вырастили 350 тысяч тонн. Площадь, занятая под овощами в защищенном грунте в республике, составляет 429 га, из них почти 90% (или 383 га) занимают пленочные теплицы. По этому показателю республика в числе лидеров в России и по ПФО и можно говорить о высоких темпах развития тепличного производства в Республике Башкортостан. В современных условиях повышение эффективности производства и наращивание объемов овощей в тепличных хозяйствах сдерживается высоким уровнем себестоимости выращивания овощных культур. Для достижения минимальных сроков окупаемости капитальных затрат, на стадии проектирования современных теплиц необходимо уделить большое внимание на выбор оборудования, используемого в технологическом процессе выращивания растений, т.к. основная доля затрат в процессе эксплуатации теплиц приходится на энергопринимающие устройства. Оборудование должно быть энергосберегающим и максимально эффективно обеспечивать требуемые режимы в теплице, обладать большим сроком службы и т.д. Себестоимость конечной продукции тепличных хозяйств на 30-40% зависит от стоимости освещения. Поэтому снижению себестоимости выращивания овощных культур в большей степени может способствовать применение в теплицах светодиодных светильников (СДС).

*Ключевые слова:* светодиодный светильник, натриевая лампа высокого давления, облучение, капиталовложения, эксплуатационные затраты, приведенные затраты, ценовая категория.

## EFFICIENCY LED LAMPS IN GREENHOUSES

Today is the development of vegetable production date for the entire country. Vegetables are among the 5 food groups, which in the autumn of 2014 the import restriction was introduced, and at the same time, the industry is still dependent on imports. Every year, Russia imported up to 1 million of vegetables 2.5 billion dollars. Today a unique situation in the country, when the domestic market allows more and fully provide for themselves. In recent years, there is an increase in Bashkortostan vegetable production. If in 2010 the region produced 255 thousand. Tons of vegetables a year, then in 2014 on the same areas grew to 350 thousand tons. Area under vegetables in greenhouses in the country, is 429 hectares, of which almost 90% (or 383 hectares) occupy the film greenhouses. According to this index the republic among the leaders in Russia and the Volga Federal District, and we can talk about the high rate of development of greenhouse production in the Republic of Bashkortostan. In modern conditions the increase in production capacity and the efficiency of the volume of vegetables in greenhouses is constrained by high cost of growing vegetables. To achieve the minimum payback period of capital expenditures in modern greenhouses design stage should be paid great attention to the choice of the equipment used in the process of growing plants, as the main share of the costs in the operation of greenhouses accounted for power receivers. The equipment should be energy efficient and to ensure the most efficient modes as required in the greenhouse, have a long service life, etc. The cost price of the final product of greenhouses by 30-40% depending on the lighting costs. Therefore, reduction in the cost of cultivation of vegetable crops to a greater extent may contribute to the use of LED lighting in greenhouses

Keywords: LED lamp, high pressure sodium lamp, irradiation, capital investment, operating costs, reduced costs, price category.

**Цель исследования** – обоснование эффективности применения светодиодных светильников в тепличных хозяйствах.

### Задачи исследования:

- провести сравнительную оценку требуемой для досвечивания растений мощности СДС и обычных, широко применяемых натриевых ламп высокого давления (НЛВД) и затраты ими на электроэнергию при различных тарифных сетках в зависимости от времени суток;

- обосновать эффективность применения СДС в тепличных хозяйствах.

### Условия, материалы и методы исследования.

При исследованиях использовались данные Федеральной службы гидрометеорологии [2]. При этом площадь, облучаемая одним светильником (НЛВД типа ЖКУ15-400-101 с лампой NAV-T400 OSRAM и СДС разработки ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ) была принята равной 10м<sup>2</sup>.

Исходя из условия обеспечения допустимой величины облучения растений в теплице равной 70 Вт/м<sup>2</sup> [4,5], максимальная потребляемая мощность одного СДС принята 137,2 Вт.

Для проведения исследований собран измерительный комплекс на базе АЦП ZET-210, однофазного счетчика электроэнергии Меркурий 206. Считывание информация с счетчика производилось через интерфейс RS485 по протоколу

Modbus RTU. Обработка полученной информации осуществлялась сертифицированными программами.

Расчет экономической эффективности проводился методом приведенных затрат [1].

### Результаты исследования.

Эффективность применения СДС по сравнению с обычными лампами, например, натриевыми, может достигаться не только прямой экономией электроэнергии, но и путем регулирования мощности и спектра излучения в режиме досветки с учетом естественной облученности растений солнечным светом, в наиболее выгодном промежутке времени суток в соответствии с ценовой категорией на электроэнергию [6]. Поэтому был проведен анализ эффективности использования СДС для всех шести ценовых категорий.

На рисунке 1 представлен суточный график досвечивания растений в теплице для второй ценовой категории. На графике выделены три зоны суток: пик, полупик и ночь. Досвечивание растений может производиться в ночной и полупиковой зонах, при этом, в промежутках времени с 09.00 до 10.00 и с 17.00 до 18.00 часов, мощность излучения СДС регулируется с учетом естественной солнечной радиации.

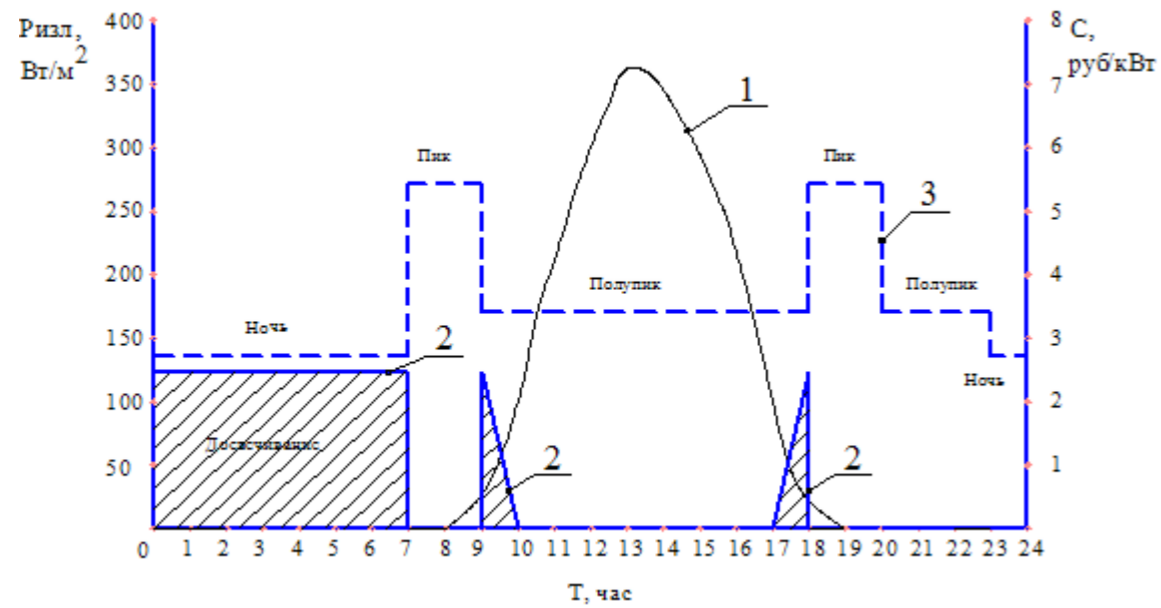


Рис. 1. Суточный график досвечивания растений в теплице в зависимости от ценовой категории на электроэнергию и естественной солнечной радиации: 1 – солнечная радиация; 2 – мощность досвечивания растений; 3 – затраты на электроэнергию при второй ценовой категории.

С использованием суточных графиков досвечивания растений получена база данных по затратам на электроэнергию при использовании СДС и НЛВД в зависимости от времени досвечивания и «сна» растений. В качестве примера в таблице 1 представлены данные по СДС на февраль 2015г.

Досвечивание растений СДС производится в часы, соответствующие низкой стоимости электро-

энергии по тарифной сетке с учетом облучения солнечной радиацией. Так, например, в 1 февраля 2015 г. экономичная работа СДС достигается при работе в периоды 02.00–06.00, 08.00, 17.00 и 00.00 ч. При этом суммарные затраты в течение суток для теплицы, например, площадью в 1 Га для 1000 СДС составят 2,83 тыс. рублей.

Таблица 1

Затраты на электроэнергию при использовании СДС в зависимости от времени досвечивания и «сна» растений (руб./ч в расчете на один СДС мощностью 137,2 Вт)

Время Дата	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	08.00-16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00
1	0,39	0,38	0,37	0,37	0,37	0,38	0,39	0,27	-	0,31	0,45	0,45	0,45	0,44	0,42	0,40	0,38
2	0,37	0,36	0,34	0,34	0,37	0,40	0,41	0,29	-	0,29	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,38	0,36
3	0,37	0,36	0,37	0,36	0,38	0,39	0,42	0,29	-	0,29	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,38	0,36
4	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,40	0,41	0,29	-	0,30	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41	0,38
5	0,38	0,38	0,37	0,37	0,39	0,40	0,41	0,29	-	0,30	0,44	0,44	0,43	0,42	0,42	0,40	0,38
6	0,37	0,37	0,36	0,36	0,37	0,39	0,39	0,29	-	0,29	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,40	0,38
7	0,40	0,39	0,38	0,37	0,39	0,39	0,40	0,27	-	0,29	0,45	0,45	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39
8	0,38	0,38	0,37	0,35	0,35	0,37	0,38	0,26	-	0,28	0,42	0,43	0,41	0,41	0,40	0,39	0,38
9	0,38	0,37	0,36	0,35	0,38	0,39	0,40	0,28	-	0,29	0,43	0,43	0,43	0,41	0,40	0,39	0,37
10	0,37	0,36	0,35	0,35	0,37	0,39	0,40	0,28	-	0,28	0,41	0,42	0,41	0,41	0,40	0,39	0,37
11	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,39	0,28	-	0,28	0,42	0,42	0,42	0,41	0,40	0,39	0,37
12	0,38	0,37	0,36	0,36	0,36	0,39	0,39	0,29	-	0,29	0,42	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,37

Окончание таблицы 1.

Время Дата	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	08.00-16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00
13	0,38	0,37	0,36	0,36	0,37	0,39	0,40	0,29	-	0,29	0,43	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,38
14	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,39	0,39	0,27	-	0,29	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,40	0,38
15	0,38	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,37	0,25	-	0,27	0,41	0,42	0,42	0,41	0,40	0,38	0,37
16	0,37	0,37	0,36	0,36	0,37	0,39	0,42	0,29	-	0,29	0,43	0,44	0,43	0,42	0,42	0,40	0,37
17	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,39	0,39	0,28	-	0,28	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,37
18	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,39	0,28	-	0,29	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,40	0,37
19	0,38	0,38	0,37	0,37	0,38	0,40	0,41	0,30	-	0,31	0,46	0,46	0,45	0,44	0,43	0,41	0,39
20	0,38	0,38	0,37	0,37	0,39	0,40	0,41	0,30	-	0,30	0,44	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,39
21	0,40	0,39	0,38	0,38	0,38	0,39	0,40	0,28	-	0,30	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,42	0,39
22	0,38	0,38	0,38	0,37	0,38	0,38	0,38	0,26	-	0,29	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,41	0,39
23	0,38	0,38	0,37	0,36	0,37	0,37	0,38	0,26	-	0,28	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,40	0,39
24	0,39	0,38	0,38	0,37	0,39	0,40	0,41	0,30	-	0,31	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,42	0,40
25	0,39	0,38	0,38	0,38	0,39	0,41	0,40	0,30	-	0,30	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,41	0,40
26	0,39	0,38	0,38	0,38	0,39	0,42	0,41	0,29	-	0,30	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,41	0,40
27	0,38	0,37	0,37	0,37	0,38	0,40	0,40	0,28	-	0,29	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,40	0,38
28	0,40	0,38	0,38	0,37	0,38	0,39	0,39	0,28	-	0,29	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,40	0,38

- досвечивание;
- время «сна» растений;
- естественное облучение

На рисунке 2 представлены месячные затраты на электроэнергию при использовании СДС и НЛВД для различных ценовых категорий. Наиболее выгодным решением является применение 3 ценовой категории, т.к. досвечивание растений

производится дифференцированно по часам суток [3]. Из рисунка также следует, что применение СДС по сравнению НЛВД позволяет снизить затраты примерно в 3,5 раза.

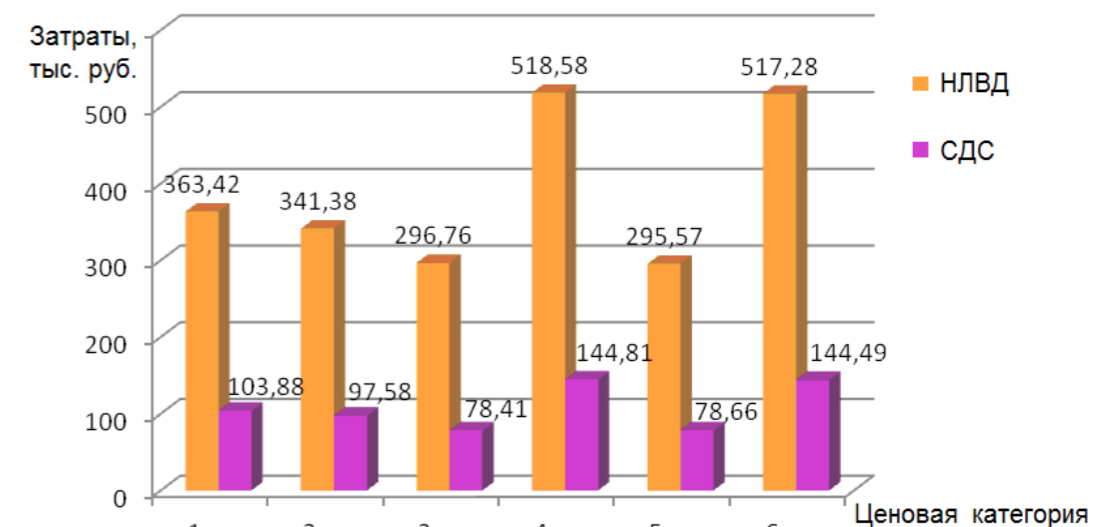


Рисунок 2 – Месячные затраты на электроэнергию при использовании СДС и НЛВД для различных ценовых категорий

В таблице 2 представлены расчетные значения приведенных затрат для СДС и НЛВД.

Таблица 2

Результаты расчета приведенных затрат

Тип светильника	Капиталовложения, тыс. руб.	Эксплуатационные затраты, тыс. руб.	Приведенные затраты, тыс. руб.
НЛВД (на примере ЖКУ15-400-101)	12 892, 9	5 571,6	7 505,6
СДС	19 083,7	3 127,6	5 990,3

Расчеты показывают, что при использовании СДС капитальные вложения оказываются на 32% больше по сравнению с НЛВД, но в итоге, эксплуатационные затраты ниже на 44 %. Это объясняется тем, что СДС имеют большой диапазон управления мощностью и спектром излучения, а также хорошо адаптируются к цифровым информационным технологиям, что позволяет эффективно производить досвечивание растений с учетом естественного облучения и ценовых категорий на электроэнергию [6].

**Выводы.** Несмотря на кажущуюся, на первый взгляд, высокую первоначальную стоимость свето-

диодного досвечивания растений по сравнению с обычными натриевыми лампами, автоматизация управления их мощностью и спектром облучения с учетом затрат на электроэнергию в зависимости от времени суток в соответствии с тарифной сеткой, может способствовать снижению себестоимости выращивания овощных культур в тепличных хозяйствах. При этом эксплуатационные затраты ниже, чем при обычных системах с натриевыми лампами досвечивания на 44 %. Годовой экономический эффект по приведенным затратам для светодиодных светильников составляет 1,5 млн. рублей.

Список литературы

1. *Валеев Р.А.* Анализ солнечного спектра [Текст] / Р.А. Валеев, Н.П. Кондратьева // Материалы международной научно-практической конференции «Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы». – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2013. Том 2. – С. 50-53.
2. *Галиуллин Р.Р.* Разработка и исследование энергосберегающей автоматизированной системы освещения теплицы на основе светодиодных технологий [Текст] / Р.Р. Галиуллин, С.М. Яковлев и др. // Отчет по научно-исследовательской работе. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. – 97 с.
3. *Каримов И.И.* К вопросу выбора ценовой категории как способа оптимизации затрат на электроэнергию для условий защищенного грунта [Текст] / И.И. Каримов, С.М. Яковлев // Материалы VI всероссийской научно-практической конференции «Наука молодых – инновационному развитию АПК» Уфа: Башкирский ГАУ, 2013 – С. 207-211.
4. *Карпов В.Н.* Энергосбережение в облучательных электроустановках: Учеб. пос. [Текст] / В.Н. Карпов. – СПб.: СПбГАУ, 1991. – 37с.
5. *Кунгс Я.А.* Энергосберегающие облучательные установки для сооружений защищенного

грунта [Текст] / П.П. Долгих, В.Р. Завей-Борода, Я.А. Кунгс, В.Д. Никитин, Н.В. Цугленок. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2006. – 108 с.

6. *Прикупец Л.Б.* Оптимизация спектра излучения при выращивании овощей в условиях интенсивной светокультуры [Текст] / Л.Б. Прикупец, А.А. Тихомиров // Светотехника. – 1992. – №3. – С. 5-7.

References

1. *Valeev R.A.* Analiz solnechnogo spektra [Tekst] / R.A. Valeev, N.P. Kondrat'eva // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Nauchnoe obespechenie APK. Itogi i perspektivy». – Izhevsk: Izhevskaja GSXA, 2013. Tom 2. – P. 50-53.
2. *Galiullin R.R.* Razrabotka i issledovanie jenergosberegajushhej avtomatizirovannoj sistemy osveshhenija teplicy na osnove svetodiodnyh tehnologij [Tekst] / R.R. Galiullin, S.M. Jakovlev i dr. // Otchet po nauchno-issledovatel'skoj rabote. – Ufa: Bashkirskij GAU, 2014. – 97 p.
3. *Karimov I.I.* K voprosu vybora cenovoj kategorii kak sposoba optimizacii zatrat na jelektrojenergiju dlja uslovij zashhishhennogo grunta [Tekst] / I.I. Karimov, S.M. Jakovlev // Materialy VI vsrossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Nauka molodyh –

innovacionnomu razvitiju APK» Ufa: Bashkirskij GAU, 2013 – P. 207-211.

4. *Karpov V.N.* Jenergosberezhenie v obluchatel'nyh jelektroustanovkah: Ucheb. pos. [Tekst] / V.N. Karpov. – SPb.: SPbGAU, 1991. – 37s.

5. *Kungs Ja.A.* Jenergosberegajushhie obluchatel'nye ustanovki dlja sooruzhenij

zashhishhennogo grunta [Tekst] / P.P.Dolghij, V.R. Zavej-Boroda, Ja.A. Kungs, V.D.Nikitin, N.V.Cuglenok. – Krasnojarsk: Krasnojarskij GAU, 2006. – 108 p.

6. *Prikupec L.B.* Optimizacija spektra izluchenija pri vyrashhivanii ovoshhej v uslovijah intensivnoj svetokul'tury [Tekst] / L.B. Prikupec, A.A.Tihomirov // Svetotehnika. – 1992. – №3. – P. 5-7.



**Родимов Н.В.**  
**Rodimov N.V.**

аспирант кафедры «Электрооборудование и радиооборудование судов», ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет», Россия, г. Петропавловск-Камчатский



**Труднев С.Ю.**  
**Trudnev S.Yu.**

старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и радиооборудование судов», ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет», Россия, г. Петропавловск-Камчатский



**Марченко А.А.**  
**Marchenko A.A.**

старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и радиооборудование судов», ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет», Россия, г. Петропавловск-Камчатский

УДК 621.313

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТЕПЛООВОГО НАСОСА И КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК МЕТОДОМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОТРЕБЛЯЕМОГО ТОКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА SPECTRALAB**

Больше половины применяемых в промышленности и быту двигателей для привода различных механизмов являются асинхронными. Однако их высокая повреждаемость препятствует их эффективному применению, что нарушает технологические процессы и может повысить брак продукции. Именно поэтому нахождение повреждений и восстановление работоспособности двигателей имеет важное значение для повышения экономичности производства. Проблема в получении диагностической информации состоит в том, что существует взаимозависимость между главными функциональными узлами электрических машин и техническими состояниями этих узлов. Это означает, что при возникновении физического повреждения в каком-либо узле в других узлах появляются условные неисправности. Имея в наличии набор диагностических параметров, характеризующих соответствующие неисправности, авторами статьи предлагается провести диагностирование электрических асинхронных двигателей с помощью метода, который основан на анализе электрических параметров машины. Методы такого направления основаны