

На правах рукописи

ГАЛУЩАК ВАЛЕРИЙ СТЕПАНОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ
УСТАНОВОК ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОБАРИЧЕСКИХ
АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Специальность: 05.20.02 – Электротехнологии и
электрооборудование в сельском хозяйстве

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов - 2015

Работа выполнена в Камышинском технологическом институте (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

- Научный руководитель: **Сошинов Анатолий Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент
- Официальные оппоненты: **Степанов Сергей Фёдорович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г.Саратов
Безруких Павел Павлович, доктор технических наук, заведующий отделением новых технологий и нетрадиционной энергетики ОАО «Энергетический институт имени Г.М. Кржижановского», г. Москва
- Ведущая организация: «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград

Защита диссертации состоится «__» ____ 2015 г. в __ часов на заседании диссертационного совета Д.220.061.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» и на сайте www.sgau.ru.

Отзывы на автореферат направлять по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1. Учёному секретарю диссертационного совета Д220.061.03, . e-mail: chekmarev.v@yandex.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Чекмарёв
Василий Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сельское хозяйство в большинстве регионов России – дотационная отрасль. Сельскохозяйственные организации и сельские поселения располагают недостаточным бюджетом, основную долю затрат в котором составляют расходы на электроэнергию и другие ресурсы. Так потребление электроэнергии сельхозпотребителями Волгоградской области уже ряд лет находится на уровне 800 млн.кВт·ч, при этом их финансовые затраты непрерывно растут в связи постоянным повышением тарифов на электроэнергию. Для объектов сельского хозяйства характерна малая плотность потребления электроэнергии, в том числе на нужды освещения, что приводит к большим затратам электроэнергии при ее передаче от питающего центра к приемникам.

Для снижения энергозатрат в производстве и социальной сфере в России был принят закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...» (ФЗ № 261 от 23.11.2009). Рядом статей указанного закона предусматривается снижение потребления электроэнергии на освещение путем внедрения энергосберегающих осветительных систем в производстве и в быту, в том числе и на селе. Большинство сельскохозяйственных объектов располагается на территориях с большими значениями удельной солнечной инсоляции и умеренными ветрами. При планировании мероприятий энергосбережения в освещении в сельской местности необходимо учитывать указанные специфические особенности сельскохозяйственных объектов.

В этой связи актуальность данной работы состоит в необходимости разработки новых осветительных приборов с улучшенными характеристиками энергетической эффективности и автономным питанием.

Степень разработанности. На основе фундаментальных трудов по созданию энергоэффективного источника света М. Мухитдинова Ж. И. Алфёрова, О. А. Займидорога, Ф. Шуберта, И. Акасаки, Х. Аmano, С. Накамура. Л. А. Абрамова, О. Е. Железняковой, А. А. Ашрятова, разработаны, исследованы и поставлены на серийное производство высокоэффективные светодиодные источники света. Вопросы использования возобновляемых источников энергии раскрыты в трудах Д. С. Стребкова, П. П. Безруких, Н.В. Харченко, И. В. Баума, В. И. Виссарионова, С. Н. Удалова, получили дальнейшее развитие в аэробарическом автономном осветительном приборе наружного освещения.

Представленная к защите работа направлена на снижение потребление электроэнергии в сельских осветительных установках и повышение энергоэффективности применяемых осветительных приборов.

Цель работы - повысить энергоэффективность сельскохозяйственных электроосветительных установок путём использования светодиодов и возобновляемых источников энергии

Задачи исследований:

провести анализ отечественных и мировых тенденций развития электрического освещения и обосновать принципы построения энергоэффективных

осветительных установок с учетом специфических особенностей сельского хозяйства;

разработать и обосновать конструктивно-технологическую схему автономного осветительного прибора для сельской местности с использованием возобновляемых источников энергии;

разработать математическую модель и выполнить программную реализацию оптимизационного расчёта конструктивных параметров осветительных приборов наружного освещения аэробарического типа;

провести разработку и экспериментальные исследования энергосберегающего источника света для применения его в современных осветительных приборах сельскохозяйственного производства;

выполнить сравнительную оценку экономической и энергетической эффективности предложенных инженерных решений.

Научная новизна:

на основе анализа тенденций развития наружного освещения предложено использование в сельской местности осветительных приборов с аэробарическими автономными источниками энергии;

разработаны конструктивно-технологическая и электрическая схема автономного осветительного прибора на светодиодных источниках света с их электроснабжением от устройства преобразования солнечной и ветровой энергии (защищены патентом на полезную модель РФ № 92936);

разработан и апробирован светодиодный источник света с эффектом повышения коэффициента мощности в сети сельского потребителя (защищён патентом на полезную модель РФ № 79741);

разработана компьютерная программа оптимизационных расчётов новых осветительных приборов с достижением нормативных светотехнических и электротехнических характеристик систем освещения, построенных на их базе (защищена свидетельством о государственной регистрации № 2013615418);

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в разработке конструкторско-технологической и электрической схемы ветросолнечного автономного осветительного прибора аэробарического типа; в получении теоретических зависимостей для расчёта электрогенерации в аэробарическом участке с программной реализацией оптимизационных расчётов конструкций осветительных приборов этого класса, в теоретическом обосновании, разработке и экспериментальном исследовании источника света с эффектом повышения коэффициента мощности в сети сельского потребителя, имеющий сниженное до 20% электропотребление по сравнению с аналогами, в разработке методики оценки экономической эффективности источника света для потребителя.

Результаты диссертационной работы используются предприятием ООО «Светозар» (Россия, г. Волгоград, ул. Никитина, 2) при постановке на производство светодиодных источников света общего и наружного освещения, а также в учебном процессе, при выполнении курсовых и дипломных работ,

чении курса лекций по дисциплине «Основы электрического освещения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль подготовки «Электроснабжение».

Методология и методы исследования. В работе использованы общенаучные методы исследования: метод статистического анализа и обобщения технических результатов, математического моделирования, численные методы программирования, экспериментального исследования новых осветительных приборов, методы сравнения светотехнических и энергетических характеристик, методы оценки эффективности инвестиционных проектов. В работе использовались вновь разработанная компьютерная программа «СТРАЖ», внесённая в государственный реестр, и программа светотехнических расчётов «Dialux».

Положения, выносимые на защиту:

обоснование достаточности ветровой и солнечной электрогенерации на сельскохозяйственных территориях России для круглогодичного функционирования автономного осветительного прибора наружного освещения;

конструкторско-технологическая и электрическая схемы ветросолнечного автономного осветительного прибора наружной установки для сельских систем освещения;

полученные аналитические выражения, оптимизационный расчёт и его программная реализация конструктивных параметров автономных осветительных приборов аэробарического типа с использованием солнечной и ветровой энергии в сельской местности;

разработанный и апробированный светодиодный источник света с эффектом повышения коэффициента мощности в сети сельского потребителя, имеющий пониженное до 20 % потребление электроэнергии в сравнении с существующими светодиодными источниками света;

экспериментально полученная оптимальная эквивалентная термодинамическая температура и мощность светодиодного источника автономного осветительного прибора для наружного освещения сельских территорий;

оценка экономической эффективности применения автономных осветительных приборов наружной установки, рассчитанной по стандартной методике системным эффектом от их внедрения.

Степень достоверности и апробация результатов обеспечена применением основных положений теоретических основ энергетики, электротехники и светотехники, достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных данных, полученных в натурных экспериментах, использованием современных поверенных средств измерений, применявшихся в экспериментальных исследованиях, заключений сертифицированных светотехнических лабораторий по объектам, разработанным в диссертационной работе.

Основные научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы докладывались и были одобрены на следующих конференциях: Международной научно-технической конференции «Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии» (ГУ, г. Тольятти, 2009 г.);

Международной научно-технической конференции «Электротехника и энергосбережение» (Украина, г. Мариуполь, 2008 г.); VII Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники электротехники и энергетики» (г. Саранск, 2009 г.); Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (СГТУ имени Гагарина Ю. А., г. Саратов, сентябрь 2014 г.); IX Международной научно-практической конференции «Инновации в обучении и производстве» (КТИ (филиал) ВолгГТУ, г. Камышин, октябрь 2014 г.); XII Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики» (г. Саранск, 28–29 мая 2015г.).

По теме диссертации опубликована 43 печатных работы, в том числе 6 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Получены: 1 патент РФ на изобретение, 3 патента РФ на полезную модель и свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ. Общий объём публикаций - 9,43 п.л., из которых 4,23 п.л. принадлежат лично соискателю.

Диссертация изложена на 127 страницах компьютерного текста, состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Включает в себя 42 рисунка, 25 таблиц, и 6 приложений. Список использованных источников содержит 145 наименований, в том числе 25 на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель исследования, определены решаемые задачи, указаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Анализ состояния изучаемой проблемы и задачи исследования» выявлена тенденция роста тарифов на электроэнергию на селе при практически неизменном её потреблении. Приведён обзор существующих систем освещения, рассмотрены современные применяемые в сельском хозяйстве осветительные приборы и источники света, представлены их характеристики, области использования. Проанализирован ветросолнечный энергетический потенциал сельских территорий на примере Волгоградской области.

Во второй главе «Теоретическое обоснование систем наружного электроосвещения с автономными источниками питания» разработаны конструктивно технологическая и электрическая схема автономного уличного светильника с устройствами преобразования солнечной и ветровой энергии в электроэнергию.

Автономный уличный светильник состоит из трубчатой опоры 1, внутри которой образуется азробарический участок с расположенным в нижней части электрогенератором 2 и аккумулятором электрической энергии 3 (рисунок 1). В верхней части опоры расположена светодиодная панель 4 и блок управле-

ния освещением 5, содержащий датчик освещённости, датчик движения и акустический датчик. На валу электрогенератора 2 установлена аэровакуумная реактивная турбина 6. Наружная стенка опоры выполнена в виде «теплого ящика» 7, остекленного прозрачным поликарбонатом. В верхней части опоры оснащена активным дефлектором 8 для использования энергии ветра. Ниже электрогенератора в опоре имеются отверстия 9 для входа воздуха. Светодиодная матрица 4 и блок управления освещением 5 установлены и закреплены в прочной стальной, антивандальной консоли 10. В солнечную погоду за счёт прогрева стенки «тёплого ящика» 7 в аэробарическом участке возникает самотяга, воздушный поток внутри полой опоры движется вверх, подсасывая наружный воздух через отверстия 9. Восходящий поток воздуха вращает аэровакуумную турбину 6, и она приводит во вращение генератор 2, вырабатывающий электроэнергию.

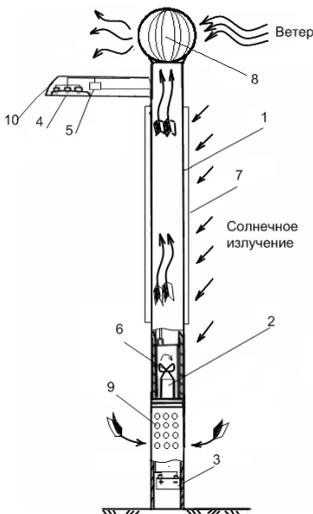


Рисунок 1 Автономный уличный светильник:

1 – опора, 2 – электрогенератор, 3 – аккумулятор, 4 – светодиодная матрица, 5 – блок управления освещением, 6 – аэровакуумная турбина, 7 – «тёплый ящик», 8 – активный дефлектор, 9 – отверстия

тельного прибора приведена на рисунке 2. Электроэнергия вырабатывается электрогенератором G1 на номинальном напряжении 6 В постоянного тока. Ток через контроллер заряда аккумулятора поступает на зарядку аккумулятора GB1.

Ветер вызывает разрежение в дефлекторе 8, что приводит к высасыванию воздуха из внутренней полости опоры. Высасываемый воздух создаёт восходящий поток, который вращает аэротурбину 6, и она приводит во вращение генератор 2. Генератор заряжает аккумулятор 3. Днём блок управления освещением 5 отключен от питания датчиком освещённости. Ночью подключается питание на блок управления освещением 5, и при приближении пешехода датчик движения блока управления освещением 5 включает светодиодную матрицу 4, которая вспыхивает и освещает окружающее пространство. По мере удаления пешехода датчик движения выключает питание. В ночное время при приближении автотранспорта реагирует акустический датчик блока управления освещением 5, включая светодиодную матрицу 4. В 1 главе приведена методика оценки потенциала солнечной и ветровой энергии в существующих габаритах типовых осветительных устройств наружного освещения. Принципиальная электрическая схема аэробарического автономного осветительного прибора приведена на рисунке 2. Электроэнергия вырабатывается электрогенератором G1 на номинальном напряжении 6 В постоянного тока. Ток через контроллер заряда аккумулятора поступает на зарядку аккумулятора GB1.

Ветер вызывает разрежение в дефлекторе 8, что приводит к высасыванию воздуха из внутренней полости опоры. Высасываемый воздух создаёт восходящий поток, который вращает аэротурбину 6, и она приводит во вращение генератор 2. Генератор заряжает аккумулятор 3. Днём блок управления освещением 5 отключен от питания датчиком освещённости. Ночью подключается питание на блок управления освещением 5, и при приближении пешехода датчик движения блока управления освещением 5 включает светодиодную матрицу 4, которая вспыхивает и освещает окружающее пространство. По мере удаления пешехода датчик движения выключает питание. В ночное время при приближении автотранспорта реагирует акустический датчик блока управления освещением 5, включая светодиодную матрицу 4. В 1 главе приведена методика оценки потенциала солнечной и ветровой энергии в существующих габаритах типовых осветительных устройств наружного освещения. Принципиальная электрическая схема аэробарического автономного осветительного прибора приведена на рисунке 2. Электроэнергия вырабатывается электрогенератором G1 на номинальном напряжении 6 В постоянного тока. Ток через контроллер заряда аккумулятора поступает на зарядку аккумулятора GB1.

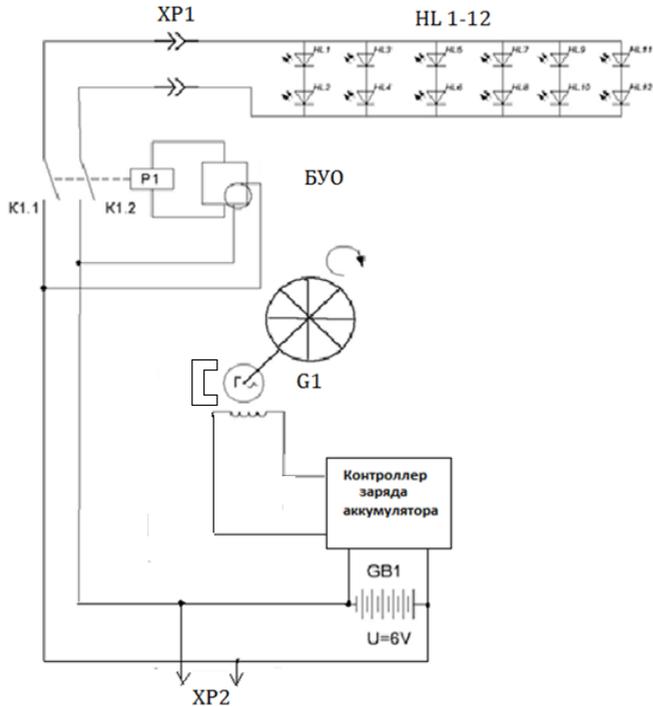


Рисунок 2 Принципиальная электрическая схема аэробарического автономного осветительного прибора

Контроллер позволяет точно выдерживать номинальный режим заряда аккумулятора. Если аккумулятор полностью заряжен, то электропитание от генератора через блок управления освещением (БУО) подаётся прямо на светодиодный светильник. Светодиодная матрица светильника HL1-HL12 работает при номинальном напряжении постоянного тока 6В, при токе 3А, что соответствует потребляемой мощности 18Вт. Если генератор не вырабатывает электроэнергию, то питание на светильник подаётся непосредственно от аккумулятора. БУО включает в себя четыре режимных устройства: фотореле «день» – «ночь», разрешающее включение светильника только в тёмное время суток; акустический датчик, включающий светильник при приближении автомобиля на расстояние 120 – 150 м; датчик движения, включающий светильник при приближении пешехода на расстояние 10 – 12 м, а также таймер выдержки света во включённом состоянии, настроенный на время выдержки 8 - 10 секунд. По истечении этого времени светильник гаснет, расход электроэнергии прекращается. Штепсельный разъём XP2 позволяет подключить к электросети светильника стороннего потребителя (шуроповёрт, машинку для стрижки овец, переносной светильник и др.) соответствующего номинального напряжения. Такое сочетание управляющих воздей-

ствий способствует рациональному расходованию выработанной и запасённой в аккумуляторе электроэнергии, обеспечив круглосуточную, круглогодичную работу системы наружного освещения при любых климатических условиях.

Аналитические выражения, описывающие комплекс этих процессов, чрезвычайно сложны и не решены в полной мере до настоящего времени даже по отдельности. Процессы, происходящие в аэробарическом участке, могут быть описаны системой эмпирических выражений, общепринятых в теории теплопереноса. Для упрощения расчёта ожидаемой электрогенерации примем следующие допущения: температурный напор задается перепадом температур ΔT нижнего и верхнего торца аэробарического участка; плотность воздуха ρ принимается усредненной по ΔT ; высота аэробарического участка H , диаметр d , местные сопротивления ζ задаются исходя из его конструкции.

Мощность участвующая в работе аэробарического участка под действием ветра и солнечного излучения, описывается выражением:

$$P_{ГЕН} = C_p \cdot \rho_n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{8} \cdot \sqrt{\frac{1,8 \cdot \omega_B^2 + 16 \cdot H \cdot (\rho_n - \rho_v)^3}{1,2 + \sum \xi + 0,02k}} \quad (1)$$

где C_p – коэффициент использования восходящего потока воздуха;

ω_B – скорость ветра, м/с;

H – высота аэробарического участка, м;

ρ_n ρ_v – плотность воздуха в нижней и верхней частях аэробарического участка соответственно, кг/м³;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местного сопротивления;

k – отношение длины аэробарического участка к его диаметру;

d – диаметр аэробарического участка, м.

На рисунке 3 приведена номограмма для графического расчёта размеров аэробарического участка по заданной мощности светодиодной матрицы. Штрихпунктирной линией приведен пример расчёта геометрии аэробарического участка при потребляемой мощности светодиодной матрицы светильника 20 Вт. Перемещаясь от шкалы $P_{треб}$, Вт до пересечения с кривой генерируемой мощности для высоты аэробарического участка 6,5 м, находится точка (о), от которой, опускаясь до пересечения с осью абсцисс, можно получить минимальное значение диаметра аэробарического участка 0,37 м. Таким образом, для питания светодиодного светильника 20 Вт, требуется принять диаметр участка 0,37 м.

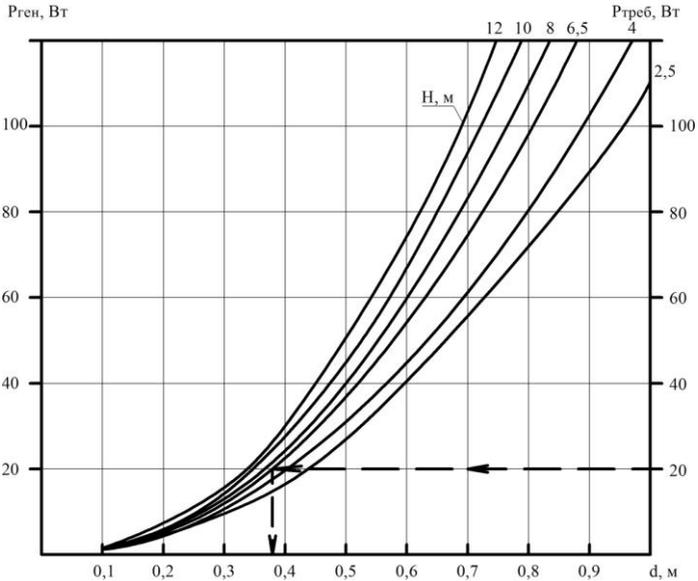


Рисунок 3 Номограмма для расчёта размеров аэробарического участка

На основании приведенного соотношения (1) в среде «Mathcad» была разработана программа оптимизационных расчётов аэробарического участка по широкому диапазону скоростей ветра и перепада температур. Для визуализации результатов расчётов в программе строятся трёхмерные графики баланса энергий (рисунок 4).

Все значения $P_{ген}$, превышающие потребляемую мощность $P_{потр}$, указывают на достаточность генерации для функционирования автономного осветительного прибора наружного освещения.

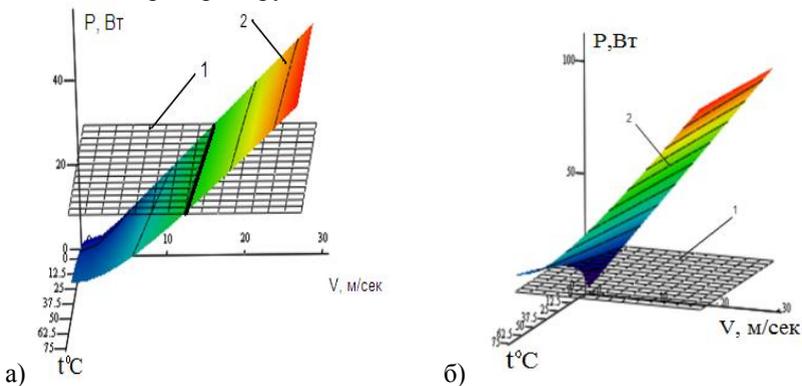


Рисунок 4 Графики баланса энергий при потребляемой мощности светильника $P_{треб} = 20\text{Вт}$ для диаметров аэробарического участка: а) $D = 0,215\text{ м}$, б) $D = 0,515\text{ м}$;
1 – потребляемая мощность; 2 – генерируемая мощность

Для повышения энергоэффективности общего освещения на сельхозпредприятиях и в сельском быту, предложен светодиодный источник света с эффектом повышения коэффициента мощности, имеющий пониженное до 20 % потребление электроэнергии в сравнении с существующими светодиодными источниками света (рисунок 5). Источник света имеет ёмкостный делитель напряжения, содержащий электрически соединенные между собой понижающий конденсаторный преобразователь напряжения (а), выпрямительный диодный мост (б), фильтр (в), светодиоды (г). Светодиодный источник света работает следующим образом. При подаче напряжения от питающей сети на вход понижающего преобразователя напряжения конденсаторы преобразователя 5 начинают заряжаться, при этом ток заряда ограничивается токоограничивающими резисторами 1.

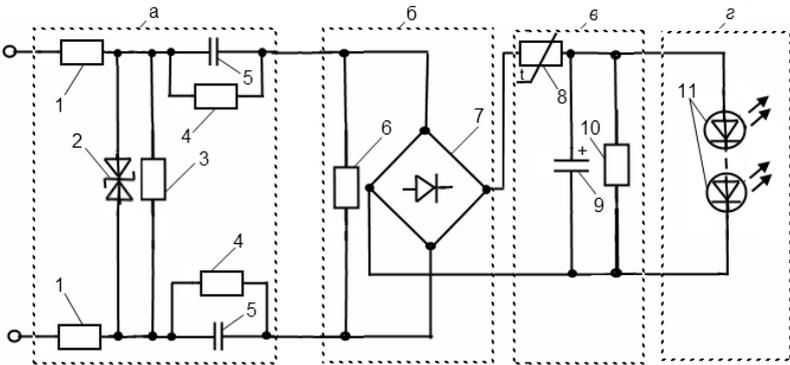


Рисунок 5 Электрическая схема светодиодного источника света:

1 – токоограничивающий резистор, 2 – ограничитель напряжения, 3, 4, 6, 10 – гасящие резисторы, 5 – конденсатор, 7 – диодный мост, 8 – терморезистор, 9 – электролитический конденсатор, 11 – светодиоды

Ограничитель напряжения 2 ограничивает амплитуду скачков напряжения в питающей сети не более допустимого значения (как правило, от 1,2 до 1,5 выше номинального напряжения). Пониженное напряжение от преобразователя напряжения подаётся на вход выпрямительного диодного моста (б), а постоянный ток с выхода выпрямителя через терморезистор 8 питает светодиоды 11. Так как в холодном состоянии сопротивление терморезистора 8 составляет сотни Ом, и по мере его нагрева оно снижается до единиц Ом, то напряжение питания светодиодов плавно нарастает, светодиоды вспыхивают и, плавно разжигаясь, освещают окружающее пространство. Через разрядные резисторы 3, 4, 6 снимается накопленный в конденсаторах схемы заряд после отключения светодиодного источника света. Конденсатор 9 способствует сглаживанию пульсаций выпрямленного тока, а гасящий резистор 10 обеспечивает эффективный разряд заряда конденсатора 9 после выключения схемы, что приводит к резкому погасанию светодиодов 11.

Разработанный источник света обладает компенсирующим эффектом в сети потребителя, так как содержит конденсаторный делитель. Оценим его энергоэффективность путём расчёта снижения тока в сети при замене части люминесцентных светильников на новые светодиодные с эффектом компенсации реактивной мощности. Снижение тока в сети происходит в результате снижения полной потребляемой мощности в сети:

$$\Delta I = \frac{S_1 - S_2}{U} \quad (2)$$

где S_1 – мощность, потребляемая сетью до замены светильников, В·А;

S_2 – мощность, потребляемая сетью после их замены, В·А;

U – напряжение в сети, В.

Применив выражение (2) для расчёта схемы реконструкции осветительной установки путём замены n люминесцентных светильников на светодиодные с компенсирующим эффектом, получим выражение:

$$\Delta I = \frac{1}{U} \cdot [\sqrt{(P + n \cdot P_{CB})^2 + (P \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + n \cdot P_{CB} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2)^2} - \sqrt{(P + a \cdot n \cdot P_{CB})^2 + (P \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + a \cdot n \cdot P_{CB} \cdot \operatorname{tg} \varphi_3)^2}] \quad (3)$$

где P – активная мощность, потребляемая сетью, Вт;

P_{CB} – активная мощность, потребляемая светильником, Вт;

n – количество заменяемых светильников, шт;

a – коэффициент снижения потребления активной мощности светодиодным светильником по сравнению с люминесцентным светильником;

$\operatorname{tg} \varphi_1$ – коэффициент реактивной мощности технологической нагрузки;

$\operatorname{tg} \varphi_3$ – коэффициент реактивной мощности светодиодного светильника;

$\operatorname{tg} \varphi_2$ – коэффициент реактивной мощности люминесцентного светильника;

ка;

В третьей главе «Экспериментальные исследования осветительных приборов с улучшенными характеристиками энергоэффективности» приведены результаты экспериментальных исследований осветительных приборов с улучшенными характеристиками. Представлена конструкция макета экспериментальной установки автономного уличного светильника для проведения натурных испытаний на испытательном полигоне (рисунок 6). Для имитации возникающего в аэробарическом участке воздушного потока и тарирования аэротурбогенератора был изготовлен стенд (рисунок 7). Стенд – тонкостенная труба внутренним диаметром 200 мм, в верхней части которой герметично установлен активный дефлектор. В нижней части трубы – аэровакуумная турбина, насаженная на вал электрогенератора. При размещении стенда вертикально в ветровом потоке активный дефлектор начинает вращаться, высасывая воздух из внутренней полости имитатора аэробарического участка, создавая при этом тягу внутри него.



Рисунок 6 Действующий макет экспериментальной установки



Рисунок 7 Аэробарический генераторный стенд с активным дефлектором (повёрнуто)

Под действием тяги аэротурбина приходит во вращение. На рис. 7 приведены результаты натурных испытаний, проведенных на генераторном стенде. Генераторный стенд обдувался меняющимся потоком воздуха со скоростями от 0 до 20 м/сек.

. Как следует из графика, начало ветрогенерации сдвинуто в район скоростей ветра более 4 м/сек.

В дальнейшем мощность монотонно возрастает с ростом скорости ветрового потока, воздействующего на активный дефлектор. Экспериментальная кривая с точностью до 10 % совпадает с теоретической, рассчитанной по формуле (1). Аэробарическое устройство обеспечивает круглогодичную круглосуточную работу осветительного прибора наружного освещения.

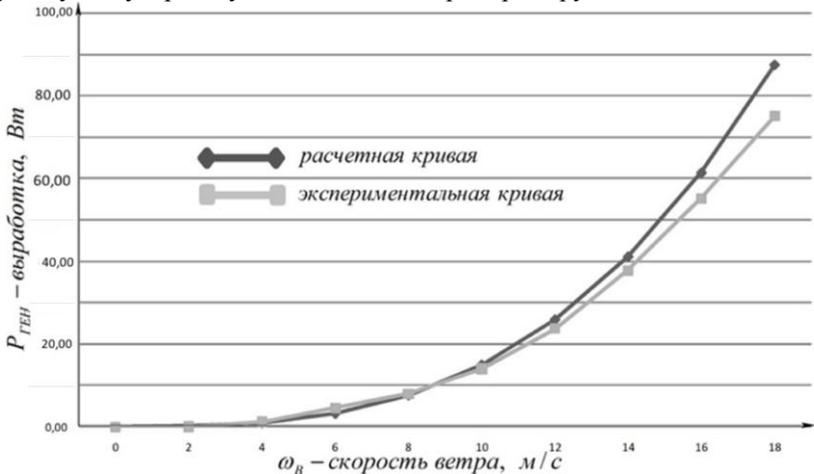


Рисунок 7 Результаты исследования ветрогенерации на генераторном стенде

Далее в работе приводится экспериментальное сравнение энергетических и светотехнических характеристик предложенного светодиодного источника света с емкостным делителем напряжения с существующими аналогами. Для этого были разработаны и оснащены высокоточными измерительными средствами электрический и светотехнический стенды (рисунок 8).



а)

б)

Рисунок 8 Стенды для исследования характеристик источников света:
а) электротехнический; б) светотехнический

Установлено, что разработанные источники света имеют светоотдачу в 2,5 раза выше, чем энергосберегающие лампы. Экспериментом установлено, что при работе в сети совместно с электродвигателями коэффициент мощности увеличивается с 0,58 до 0,94. Результаты исследований сравнительных светотехнических характеристик вновь разработанных источников света и типовых применяемых в настоящее время приведены на рисунках 9и10.

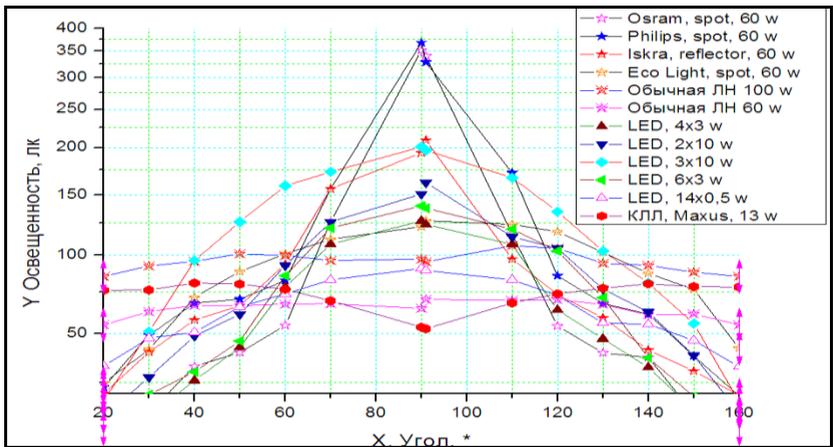


Рисунок 9 Результаты замеров освещенности, создаваемой исследуемыми источниками света

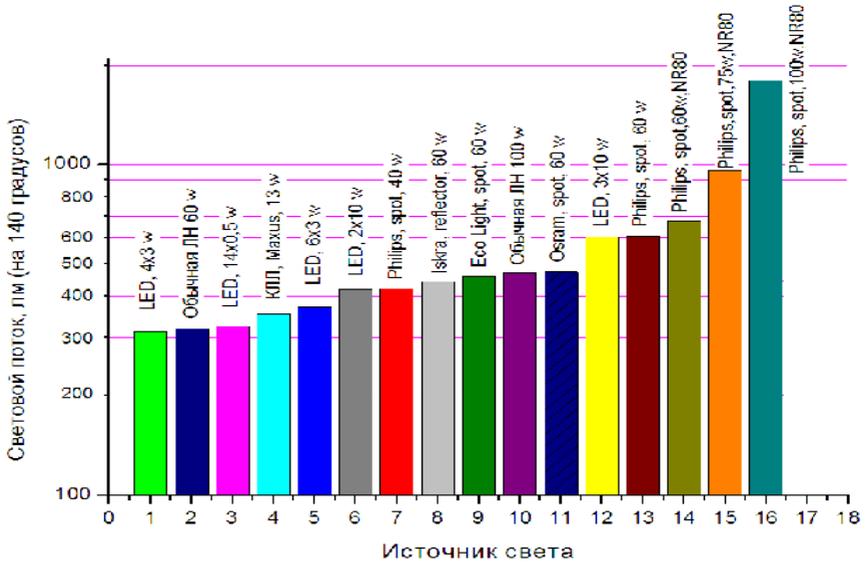


Рисунок 10 Результаты измерения светового потока, генерируемого исследуемыми источниками света

Как следует из приведенных результатов экспериментов, светотехнические характеристики вновь разработанных источников света приближаются к традиционно используемым, при многократно более высокой энергетической эффективности.

Эксперимент по реконструкции системы освещения на действующем малом сельхозпредприятии с заменой 6-ти люминесцентных светильников на светодиодные с компенсирующим эффектом дал следующие результаты: понижение потребления активной мощности на 8,6 %; понижение потребления реактивной мощности на 22,3 %; понижение потребления общей мощности на 15,7 %; повышение $\cos\phi$ на 9,7 %; понижение тока в сети на 18,4 %.

В ходе натурных испытаний разработанного источника света в сельской местности экспертно выявлено, что для наружного освещения сельских территорий рекомендуется применять светодиоды с эквивалентной термодинамической температурой $T = 4500$ К. Экспериментально доказано, что нормативная освещенность для сельских территорий достигается при мощности светодиодного источника 20 Вт. Измерением на гониофотометре была построена кривая силы света испытываемого светильника. Расхождения теоретической и экспериментальной кривой силы света составляют - 5,6 %, что достаточно для практических целей использования светильника.

В четвертой главе «Оценка технико-экономических показателей усовершенствованных осветительных приборов» произведена оценка ожидаемой выработки электроэнергии уличным светильником при его установке в Вол-

гоградской области согласно методике, описанной во второй главе. Ожидаемая годовая выработка электроэнергии за счёт ветрогенерации $\mathcal{E}_{\text{ветр}}=815,6$ кВт·ч, ожидаемая солнечная электрогенерация $\mathcal{E}_{\text{солн}}= 579$ кВт·ч. Такого количества электроэнергии достаточно для обеспечения круглогодичной работы осветительного прибора наружного освещения.

Для системы наружного освещения произведена оценка экономических преимуществ инновационных технологий (таблица 1).

Таблица 1- Сравнительные показатели систем уличного освещения

Тип системы наружного освещения	Амортизация, руб.	Эксплуатационные расходы за год (тариф 3,4 руб./кВт·час), руб.			годовые затраты, руб.
		Обслуживание светильников	Обслуживание сети	Плата по тарифу	
СНО с лампами ДНаТ	204336	37380	6834	105000	353500
СНО со светодиодными светильниками «Элегант»	189792	2738	6834	10800	210164
СНО с автономными ветросолнечными осветительными приборами	76440	2738	-	-	79178

Из таблицы видно, что СНО на базе разработанных автономных ОП являются экономически выгодными на длительную перспективу.

Расчёт срока окупаемости капложений в строительство СНО с автономными ветросолнечными светильниками проведен по известным критериям финансовой эффективности инвестиций в электроэнергетику. Результаты расчётов приведены на рисунке 11.

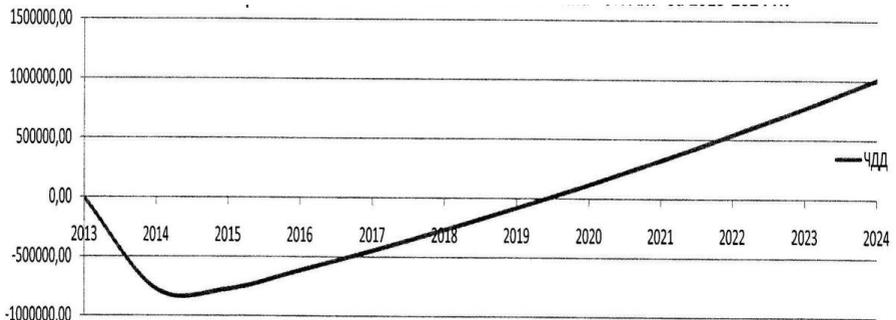


Рисунок 11 Диаграмма расчёта срока окупаемости капложений на строительство

Как следует из приведённых данных, срок окупаемости инвестиций в строительство СНО с автономными светильниками составляет 6,5 лет, что приемлемо для объектов электроэнергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что в условиях повышения стоимости электроэнергии и электроосветительного оборудования усложняется обеспечение освещения на сельскохозяйственных территориях, увеличиваются финансовые затраты на эксплуатацию сельских систем освещения, поэтому ведутся поиски новых технологий в осветительной технике с применением возобновляемых источников энергии.

2. Разработаны конструкция и электрическая схема автономного осветительного прибора наружного освещения азробарического типа на светодиодных источниках света с их электроснабжением от устройств преобразования солнечной и ветровой энергии. Установлено, что для обеспечения нормативов освещённости в сельской местности мощность светодиодной матрицы составляет 20Вт, при высоте подвеса 6,5м с рекомендуемой эквивалентной термодинамической температурой светового излучения 4500К.

3. Предложена математическая модель и получено аналитическое выражение (1) для расчёта электрогенерации в азробарическом участке автономного осветительного прибора, разработана компьютерная программа для оптимизации конструктивных параметров азробарического участка, обеспечивающего круглосуточное и круглогодичное электропитание источника света осветительного прибора.

4. Разработан светодиодный источник света с эффектом повышения коэффициента мощности в сети сельского потребителя, имеющий пониженное до 20% энергопотребление. Исследованы его энергетические и светотехнические характеристики. Получена формула (3) для расчёта эффекта снижения токовой нагрузки в электросети потребителя при применении такого источника.

5. Установлено, что внедрение автономных осветительных приборов для наружного освещения сельских территорий является экономически обоснованным мероприятием со сроком окупаемости 6,5 лет.

Рекомендации. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании сельских систем наружного освещения, а также при выполнении требований Закона №261-ФЗ по энергосбережению. Целесообразно подготовить к мелкосерийному производству с последующей установкой на селе представленную модель автономного осветительного прибора азробарического типа.

Перспективы дальнейшей разработки темы: совершенствование азротурбогенератора путём разработки азротурбины с двумя роторами разностороннего вращения с направляющим сопловым аппаратом, что позволит увеличить электрогенерацию при тех же климатических условиях в точке установки осветительного прибора.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Галушак, В. С. Экологический мониторинг солнечной электростанции [Текст] / В. С. Галушак, Ю. В. Лебедева, А. Б. Голованчиков // Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – № 5. – С. 138–140.

2. Галушак, В. С. Автономный светильник эвакуационного освещения [Текст] / В. С. Галушак // Светотехника. – 2009. – № 6. – С. 55–57.

3. Галушак, В. С. Системы наружного электрического освещения от возобновляемых источников энергии [Текст] / В. С. Галушак, Г. Г. Угаров, А. Г. Сошинов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2009. – № 7(55). – С. 15–18.

4. Галушак, В. С. Конденсаторные накопители энергии в системах электрического освещения [Текст] / В. С. Галушак, Г. Г. Угаров, А. Г. Сошинов // Электрооборудование. Эксплуатация и ремонт. – 2010. – № 11. – С. 14–17.

5. Галушак, В. С. Энергосберегающее прожекторное освещение строительных площадок [Текст] / В. С. Галушак // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер. Политехническая. – 2011. – № 2(16).

6. Галушак, В. С. Автономная светотехническая установка для уличного освещения сельских поселений [Текст] / В. С. Галушак // Вестник СГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2012. – № 9. – С. 47–49.

Патенты по тематике диссертации

7. Лампа с питанием от солнечной энергии: патент РФ / В. С. Галушак; № 36487 МПК F21S 9/02, заявка 2003116721 от 05.06.2003, опубл. 10.03.2004. – Бюл. № 7.

8. Уличный светильник с питанием от солнечной и ветровой энергии: патент РФ / В. С. Галушак; № 2 283 985 МПК F 21S 9/02, заявка 200411089 от 09.04.2004. опубл. 20.09.2006. – Бюл. № 26.

9. Автономный светильник: патент РФ / В. С. Галушак, А. Г. Сошинов; № 69967, МПК F21S 9/04, опубл. 10.01.2008. – Бюл. № 1.

10. Автономный уличный светильник: патент РФ / В. С. Галушак, А. Г. Сошинов, В. С. Носов, С. С. Кухарек; № 92936 МПК F21K 99/00, заявка 2009142578 от 18.11.2009, опубл. 10.04.2010. – Бюл. № 10.

11. Расчёт режимов аэробарического ветросолнечного уличного фонаря «Страж»: Свидетельство № 2013615418 о государственной регистрации программы для ЭВМ / В. С. Галушак, О. И. Доронина, А. Г. Сошинов, О. В. Евтихина; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 07.06.2013.

Публикации в других изданиях

12. Галушак, В.С. Совершенствование сельского уличного освещения [Текст] / В.С. Галушак // NAUKA I INOWACJA. – 2012. – Materialy VIII Międzynarodowej NPK, Przemysl, 07–15 pazdziernika 2012, Volume 21, s. 42–47.

13. Галушак, В.С. Основные принципы светодиодного освещения теплиц [Текст] / Galushchak V., Havronichev S. // SCIENTIFIC ENQUIRY IN THE CONTEMPORARY WORLD: THERETICAL BASICS AND INNOVATIVE APPROACH SanFrancisko, California, USA 2014, Vol.5 Technical Sciences, pp.36-40.

14. Галушак, В.С. Одна из оценок преимущества светодиодного освещения [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов, С.В. Хавроничев // MODERNI VYMOZNOSTI VEDY–2013, Materialy IXI Medzynarodowej VPK 27, Praha, ledna-05unora 2013 roki, Dil76, s. 76–80.

15. Галушак, В.С. Энергосберегающее направление в уличном освещении [Текст] / В.С. Галушак // Проблемы электроэнергетики: сб. науч. трудов, СГТУ. – Саратов, 2007. – С. 114–118.

16. Галушак, В.С. Перспективные осветительные приборы [Текст] / В.С. Галушак // Современные направления теоретических и прикладных исследований: По материалам международной научно-практической конференции, Одесский национальный морской университет. – Одесса, 2007. – С. 30–31.

17. Галушак, В.С. О возможности создания альтернативного энергозависимого уличного освещения [Текст] / В.С. Галушак // Эффективность та якість електропостачання промислових підприємств: VI Міжнародна науково-технічна конференція / Інститут електродинаміки НАН України. – Маріуполь, Україна, 21–23 травня, 2008. – С. 271.

18. Галушак, В.С. Новый облик уличного освещения городов и сельских поселений [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. VI Всерос. науч.- практич. конф., г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 15–16 дек. 2009 г. В 3 т. Т. 2. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2009. – С. 35-40.

19. Галушак, В.С. Новые осветительные приборы [Текст] / В.С. Галушак // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады Всерос. науч.-тех. конф.: К. 2. – Москва – Тула, 2006. – С. 107.

20. Галушак, В.С. Автономный светильник с использованием ЭХГ [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов // Прогрессивные технологии в обучении и производстве. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2007. – С. 47–49.

21. Галушак, В.С. Сравнительный анализ систем уличного освещения с разными видами источника света [Текст] / В.С. Галушак, Г.Г. Угаров, А.Г. Сошинов // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. V Всерос. науч.-практич. конф., г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 4–6 дек. 2008 г. В 3 т. Т. 1. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2008. – С. 168–171.

22. Галушак, В.С. Системы наружного электрического освещения от возобновляемых источников энергии [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов, Г.Г. Угаров // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: сб. тр. междунар. науч.-тех. конф., 12–15 мая 2009 г. В 3 ч. Ч. 2. – Тольятти, 2009. – С. 19–22.

23. Галушак, В.С. Ветросолнечный уличный фонарь [Текст] / В.С. Галушак, С.С. Кухарек // Проблемы и перспективы развития отечественной

светотехники, электротехники и энергетики: VII междунар. науч.-тех. конф., 26–27 ноября 2009 г. – Саранск, 2009. – С. 160–163.

24. Галушак, В.С. Перспективная технология в автономных светильниках [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов // Проблемы электроэнергетики: сб. науч. тр. – Саратов, 2009. – С. 99–101.

25. Галушак, В.С. Инновационные технологии в городском уличном освещении [Текст] / В.С. Галушак, Г.Г. Угаров // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 6. – С. 35–38.

26. Галушак, В.С. Инновационные направления в уличном освещении городов и сельских поселений [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – № 5(2). – Т. 11. – С. 272–275.

27. Галушак, В.С. Инновационные технологии в автономных светильниках [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. V Всерос. науч.-практич. конф., г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 4–6 дек. 2008 г. В 3 т. Т. 1. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2008. – С. 205–207.

28. Галушак, В.С. Автономный светильник для освещения лестничных клеток зданий [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов, В.С. Носов // Актуальные проблемы электронного приборостроения: междунар. науч.-тех. конф., 22–23 сентября 2010 г. – Саратов, 2010. – С. 429–432.

29. Стратегия развития энергообеспечения в уличном освещении [Текст] / В.С. Галушак [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 5. – С. 162–165.

30. Ионный ветросолнечный фонарь уличного освещения [Текст] / В.С. Галушак [и др.] // Актуальные проблемы электронного приборостроения МНТК, 22–23 сентября 2010 г. – Саратов, 2010. – С. 396–399.

31. Галушак, В.С. Электрическая схема автономного светильника для уличного освещения [Текст] / В.С. Галушак [и др.] // Городу Камышину – творческую молодежь: матер. II региональной студенческой конференции, г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 23–24 апр. 2008 г. В 3 т. Т. 3. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2008. – С. 53–55.

32. Галушак, В.С. Энергонезависимый светильник аварийного эвакуационного освещения лестничных клеток многоэтажных домов [Текст] / В.С. Галушак, И.Ю. Рыбкина // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. VI Всерос. науч.-практич. конф., г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 15–16 дек. 2009 г. В 3 т. Т. 2. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2009. – С. 32–34.

33. Галушак, В.С. Поквартальный баланс световых энергий в районе КТИ [Текст] / В.С. Галушак, В.С. Носов, С.С. Кухарек // Городу Камышину – творческую молодежь: матер. III региональной студенческой конференции, г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 23–24 апр. 2009 г. В 3 т. Т. 3. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2009. – С. 39–40.

34. Галушак, В.С. Уличные антивандальные энергонезависимые фонари [Текст] / В.С. Галушак, И.Ю. Рыбкина // Моделирование и создание объектов энергоресурсосберегающих технологий: матер. межрегиональной науч.-практич. конф., г. Волжский, 22–25 сент. 2009 г., МЭИ (технический университет). – Волжский, 2009. – С. 79–83.

35. Галушак В.С. Разработка стабилизаторов для светодиодных источников света [Текст] / В.С. Галушак, С.А. Петренко, А.Г. Сошинов // Городу Камышину – творческую молодежь: матер. IV региональной науч.-практич. студенческой конференции, г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 14–16 апр. 2010 г. В 4 т. Т. 4. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. – С. 76–78.

36. Галушак, В.С. Возможность применения электрохимических конденсаторов в системах электрического освещения [Текст] / В.С. Галушак, А.Г. Сошинов, Г.Г. Угаров // Сборник СГАУ им. Н.И. Вавилова. –Саратов, 2010. – С. 98–103.

37. Галушак, В.С. Ионный фонарь уличного освещения [Текст] / В.С. Галушак [и др.] // Инновационные и актуальные проблемы техники и технологий: матер. Всерос. науч.-практич. конф. молодых учёных, г. Саратов, 26–29 дек. 2010 г. В 3 т. Т. 1 / МАИТО СГТУ. – Саратов, 2010. – С. 341–343.

38. Галушак, В.С. Резервный светильник аварийного освещения лестничных клеток многоэтажных зданий [Текст] / В.С. Галушак, В.С. Носов // Тинчуринские чтения: V Международная молодёжная научная конференция, 28–29 апреля 2010 г. Т 1 / КазГЭУ. – Казань, 2010. – С.257.

39. Галушак, В.С. Гелиоаэробарический фонарь уличного освещения [Текст] / В.С. Галушак [и др.] // Городу Камышину – творческую молодежь: матер. IV региональной научно-практической студенческой конференции, г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 14–16 апр. 2010 г. В 4 т. Т. 4. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. – С. 48–51.

40. Галушак, В.С. Светодиодные прожекторы для освещения строительных площадок [Текст] / В.С. Галушак, В.С. Носов // Городу Камышину – творческую молодежь: матер. V региональной науч.-практич. студенческой конф., г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 14–15 апреля. 2011 г. В 4 т. Т. 4. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2009. – С. 60–62.

41. Галушак, В.С. Замена ртутьсодержащих источников света на экологически чистые светодиодные [Текст] / В.С. Галушак [и др.] // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. VII Всерос. науч.-практич. конф., г. Камышин, КТИ (филиал) ВолгГТУ, 22–23 дек. 2011 г. В 5 т. Т. 4. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. – С. 58–59.

42. Галушак В.С., Сошинов А.М., Копейкина Т.В. Разработка расчетной модели режимов работы ветросолнечного фонаря наружного освещения // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики : мат. XII Всерос. науч. технич. конф. с междунар. участием (Саранск, 28-29 мая 2015г.) в рамках III Всерос. светотехнич. форума с междунар. участием/ Вып. 5 / Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарёва, Светотехнический факультет. - Саранск, 2015.-С. -27-33.

43. Галушак В.С., Атрашенко О.С., Хавроничев С.В. Днченко А.М. Светодиодный уличный фонарь с цилиндрической солнечной батареей // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики : мат. XII Всерос. науч. технич. конф. с междунар. участием (Саранск, 28-29 мая 2015г.) в рамках III Всерос. светотехнич. форума с международным участием/ Вып. 5 / Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарёва, Светотехнический факультет. - Саранск, 2015. - С. 33-38.

ГАЛУЩАК Валерий Степанович

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ
УСТАНОВОК ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОБАРИЧЕСКИХ
АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 01.07.2015 г. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Объём 1 усл. п. л. Тираж 100 экз. Заказ № 15 Отпечатано в КТИ
403874, г. Камышин, ул. Ленина, 6.

