

# ***АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК***

***Материалы  
всероссийской (национальной)  
научно-практической конференции  
(г. Благовещенск, 15 декабря 2021 г.)***



**Благовещенск – 2021**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## ***АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК***

*Материалы всероссийской (национальной)  
научно-практической конференции  
(г. Благовещенск, 15 декабря 2021 г.)*

**Благовещенск  
Дальневосточный ГАУ  
2021**

УДК 620.9  
ББК 31+40.7  
А43

*Печатается по решению  
редакционной коллегии*

**Редакционная коллегия:**

*Воякин С. Н., докт. техн. наук, доцент – председатель;  
Кривуца З. Ф., докт. техн. наук, доцент – отв. секретарь;  
Ижевский А. С., канд. с.-х. наук, доцент;  
Шевченко М. В., канд. с.-х. наук, доцент*

**А43** **Актуальные вопросы энергетики в АПК:** материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. – 182 с.

ISBN 978-5-9642-0500-5

Представлены результаты экспериментальных научно-исследовательских работ научно-педагогических работников Дальневосточного государственного аграрного университета и других высших учебных заведений Российской Федерации по следующим направлениям: актуальные проблемы энергетики, информационные технологии в энергетике, энергосбережение как способ повышения эффективности производства. Материалы предназначены для научных работников, специалистов, обучающихся по направлениям подготовки высшего образования, а также всех интересующихся вопросами развития энергетики в АПК.

УДК 620.9  
ББК 31+40.7

ISBN 978-5-9642-0500-5

© ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2021

---

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Актуальные проблемы энергетики .....</b>	<b>6</b>
Абраменко Д. С. Расчёт влияния теплопроводности стенки биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объёме при наличии дополнительных источников теплоты .....	7
Андреев А. Е. Расчёт влияния толщины стенки биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья .....	11
Венглинский А. А., Ижевский А. С. Разработка и конструирование системы автоматического кормления птицы на базе микроконтроллера	16
Вендин С. В. К вопросу применения импульсных источников для СВЧ-обработки сельскохозяйственных материалов.....	21
Демиденко Д. С., Ижевский А. С. Исследования эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях в условиях Амурской области.....	27
Дубкова Е. С., Евтухов Е. В. Системы бесперебойного электроснабжения с использованием аккумуляторных батарей.....	32
Каюмов Д. А., Берлов М. А., Каримов Р. Д. Применение гибридно-силовой установки в полноприводных электромобилях.....	37
Козырева А. Е., Артюшевская Е. Ю. Сравнительный анализ применения тиристорного автоматического ввода резерва и автоматического ввода резерва.....	41
Кривуца З. Ф., Двойнова Н. Ф. Оценка вольт-амперным методом эффективности солнечных батарей .....	47
Крючкова Л. Г. Расчёт потребления мощности для процесса смешивания кормов в шнековом смесителе.....	53
Лесик В. Ю. Современные автоматические системы управления освещением .....	57

---

Лесик В. Ю., Горбунова Л. Н. Микроконтроллер как основа для автоматической системы освещения .....	63
Лукьянченко А. М. Расчёт влияния теплопроводности стенки биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья .....	67
Матрошилов Н. П. Расчёт влияния размеров цилиндрического биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты.....	71
Матусевич А. Е., Ланин А. А., Бормотов А. А. Анализ физических методов предпосевной обработки семян.....	76
Матусевич А. Е., Паньков Н. А., Армаева В. Р., Евтеев Д. В. Внедрение системы механического воздействия для преобразования её кинетической энергии в электрическую с дальнейшим использованием .....	83
Оксаниченко А. А. Расчёт влияния толщины стенки биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объёме при наличии дополнительных источников теплоты .....	90
Пустовая О. А., Ван А. Г. К вопросу формирования микроклимата животноводческих помещений в переходный период.....	95
Смолина Л. В., Артюшевская Е. Ю. Мониторинг воздушной линии электропередачи при помощи беспилотных аппаратов .....	100
Янтураев М. Ю., Меднов А. А. Электродвигатели летательных аппаратов .....	106
<b>Энергосбережение как способ повышения эффективности производства. 114</b>	
Горбунова Л. Н., Лесик В. Ю. Исследование возможности использования Arduino как альтернативы современным автоматическим системам управления освещением.....	115

Кондратьева Н. П., Большин Р. Г., Краснолуцкая М. Г., Кузьмин А. С. Энергосберегающие технологии видеодигитального управления поведением птицы для повышения эффективности производства в птицеводстве .....	121
Котенко Д. С. Использование устройств получения горячего водоснабжения на территориях, приравненных к Крайнему Северу.....	128
Кучер А. В., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф. Снижение энергетических затрат транспортных средств за счёт термоэлектрического переноса энергии.....	132
Паньков К. А., Черемисина С. А. Применение математической модели для плоского солнечного коллектора в теплицах Амурской области....	138
Проценко Е. Ю., Проценко П. П. Оценка перспектив распределённой генерации в Амурской области.....	145
Проценко П. П., Проценко Е. Ю. Анализ использования нетрадиционных источников энергии в сельскохозяйственной деятельности на территории Амурской области .....	151
Савченко Д. А. Утилизация золошлаковых отходов в России: проблемы и пути решения .....	158
Чичинов И. В. Пути энергосбережения в птичнике приусадебного хозяйства.....	164
Шевченко М. В., Касьян П. В. Применение частотно-регулируемого электропривода для снижения потребления электрической энергии собственных нужд ТЭЦ .....	169
Шевченко М. В., Меньшиков В. А. Закон о «зелёной» энергетике. Анализ положений закона в части развития микрогенерации .....	177

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ**

УДК 536.2

**Расчёт влияния теплопроводности стенки  
биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем  
объёме при наличии дополнительных источников теплоты**

**Дмитрий Сергеевич Абраменко**, студент

Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина,  
Белгородская область, Белгород, Россия, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Аннотация.** Приведены расчёты по оценке влияния теплопроводности стенки цилиндрического биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объёме при наличии внутренних источников теплоты. Результаты имеют практическое значение для обеспечения температурных режимов при переработке органического субстрата в биогаз.

**Ключевые слова:** биогаз, биогазовый реактор, мощность, источники теплоты, температурное поле, теплофизические характеристики, теплопроводность, теплоизоляционные материалы

**Для цитирования:** Абраменко Д. С. Расчёт влияния теплопроводности стенки биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объёме при наличии дополнительных источников теплоты // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 7–10.

**Calculation of the effect of the thermal conductivity of the  
biogas reactor wall on the temperature distribution in the internal  
volume in the presence of additional heat sources**

**Dmitry S. Abramenko**, student

Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin,  
Belgorod region, Belgorod, Russia, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Abstract:** Calculations are made to estimate the effect of the thermal conductivity of the wall of a cylindrical biogas reactor on the temperature distribution in the internal volume in the presence of internal heat sources. The results are of practical importance for ensuring temperature conditions during the processing of organic substrate into biogas.

**Keywords:** biogas, biogas reactor, power, heat sources, temperature field, thermophysical characteristics, thermal conductivity, thermal insulation materials

**For citation:** Abramenko D. S. Raschyot vliyaniya teploprovodnosti stenki bi-

ogazovogo reaktora na raspredelenie temperatury vo vnutrennem ob'yome pri nali-chii dopolnitel'nyh istochnikov teploty [Calculation of the effect of the thermal conductivity of the biogas reactor wall on the temperature distribution in the internal volume in the presence of additional heat sources]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 7–10), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Актуальной проблемой для сельского хозяйства является комплексная переработка органических отходов с получением биогаза и органических удобрений. Реализация данных технологий позволяет провести утилизацию отходов и обеспечить получение ценных продуктов. На практике для переработки органического сырья используются различные конструкции биогазовых реакторов в зависимости от применяемых технологий переработки [1, 4–7].

Обеспечение высокой эффективности производства переработки органических отходов в биогаз напрямую связано с соблюдением температурных режимов и режимов перемешивания сырья. Температурные режимы при сбраживании могут поддерживаться за счет теплоты, выделяющейся в результате химических реакций. Однако, если этого количества теплоты недостаточно, то используется дополнительный подвод (дополнительные источники теплоты).

Выбором материала теплоизоляции стенки биогазового реактора могут быть уменьшены, как установленная мощность дополнительных источников теплоты, так и общие затраты энергии [2, 3].

Ниже приведены результаты расчётов по оценке влияния теплоизоляционных свойств стенки биогазового реактора на выбор мощности дополнительных источников теплоты. В расчётах использованы результаты общего решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [8, 9].

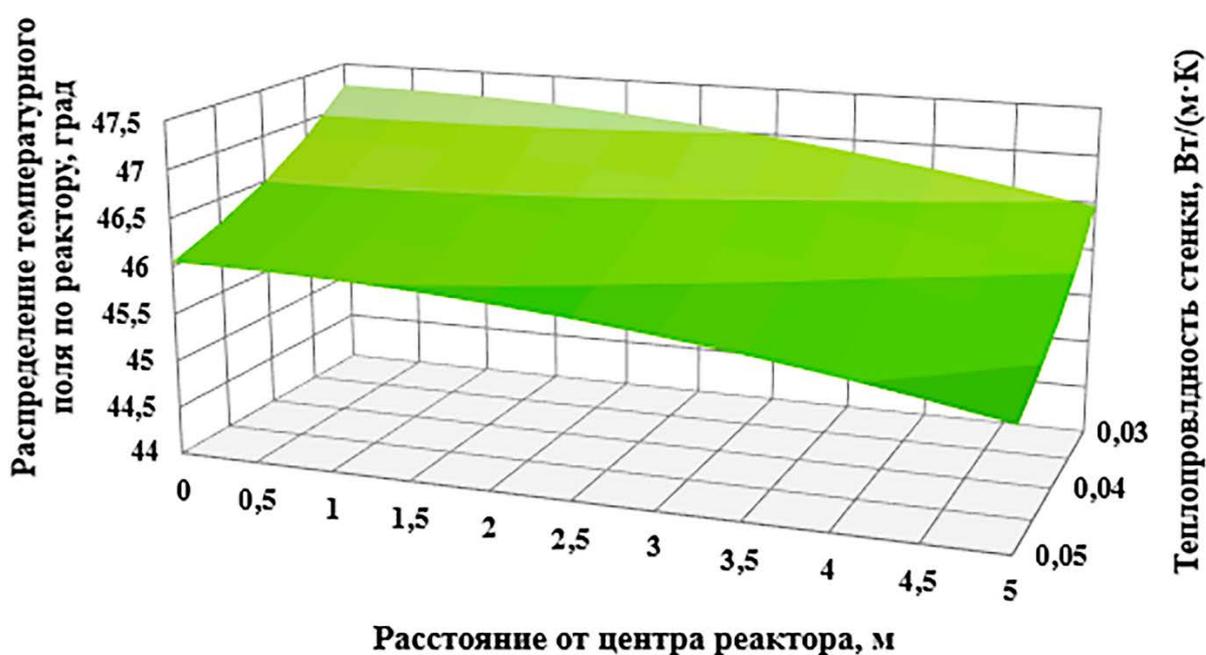
Физическая модель биогазового реактора представлялась в форме сплошного цилиндра радиусом  $R_1$  (рабочий объем реактора) и высотой  $H$ , окружённого цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной  $\Delta$  и наружным радиусом конструкции  $R_2 = R_1 + \Delta$ .

При этом допускалось, что источники теплоты распределены по объёму

реактора равномерно. Также учитывалась температура внешней среды и условия теплообмена на внешней поверхности реактора.

Расчеты проводились для разницы значений температурного поля между центром биогазового реактора  $T_1(0)$  и у внутренней стенки биогазового реактора  $T_1(R)$ :  $\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R)$ . При этом учитывалось влияние теплопроводности стенки биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объёме.

На рисунке 1 представлена расчётная поверхность температурного поля внутри биогазового реактора при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки)  $\lambda_2$ .



**Рисунок 1 – Расчетные значения распределения температурного поля внутри биогазового реактора при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки)  $\lambda_2$**

На основе проведённых расчетов можно заключить, что в исследуемом диапазоне изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) от 0,03 Вт/(м·К) до 0,05 Вт/(м·К), уменьшение коэффициента теплопроводности повышает общую температуру в рабочем объёме реактора. Кроме того, допустимый перепад температур в биогазовом реакторе можно

---

моделировать на стадии проектирования изменением теплопроводности стенки реактора и мощности дополнительных источников теплоты.

### **Список источников**

1. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании // *Сельский механизатор*. 2016. № 7. С. 20–22.

2. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю., Ульяновцев Ю. Н. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2020. № 2 (26). С. 30–36.

3. Вендин С. В., Ульяновцев Ю. Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. №4 (24). С. 30–36.

4. Метановая ферментация куриного помета при пониженной концентрации ингибиторов / А. И. Салюк, С. А. Жадан, Е. Б. Шаповалов [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2017. № 4 (6). С. 89–98.

5. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода / Н. Б. Голуб., М. В. Потапова, М. В. Шинкарчук [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 25 (30). С. 51–59.

6. Садчиков А. В. Повышение качества метана, используемого для синтеза водорода // *Альтернативная энергетика и экология*. 2017. № 10 (12). С. 45–54.

7. Садчиков А. В., Кокарев Н. Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 1 (2). С. 90–93.

8. Vendin S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 1993. Vol. 2 (65). P. 823–825.

9. Vendin S. V. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media // *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016. Vol. 18 (11). P. 12253–12258.

© Абраменко Д. С., 2021

Статья поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 23.12.2021.

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 23.12.2021.

УДК 536.2

**Расчёт влияния толщины стенки биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья**

Артем Евгеньевич Андреев, студент

Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, Белгородская область, Белгород, Россия, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Аннотация.** Приведены расчёты по оценке величины мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья от толщины стенки цилиндрического биогазового реактора. На основе полученных результатов обосновано, что при строительстве биогазовых реакторов, прежде всего, необходимо учитывать среднегодовые температуры воздуха в местности строительства.

**Ключевые слова:** биогаз, биогазовый реактор, источники теплоты, температурное поле, мощность

**Для цитирования:** Андреев А. Е. Расчёт влияния толщины стенки биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 11–15.

**Calculation of the effect of the wall thickness of a biogas reactor on the power of additional heat sources for heating raw materials**

Artem A. Andreev, student

Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Belgorod region, Belgorod, Russia, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Abstract:** Calculations are given to estimate the power of additional heat sources for heating raw materials from the wall thickness of a cylindrical biogas reactor. Based on the results obtained, it is proved that during the construction of biogas reactors, first of all, it is necessary to take into account the average annual air temperatures in the construction area.

**Keywords:** biogas, biogas reactor, heat sources, temperature field, power

**For citation:** Andreev A. A. Raschyot vliyaniya tolshchiny stenki biogazovogo reaktora na velichinu moshchnosti dopolnitel'nyh istochnikov teploty dlya podogreva syr'ya [Calculation of the effect of the wall thickness of a biogas reactor on the power of additional heat sources for heating raw materials]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian*

---

*(National) Scientific and Practical Conference. (PP. 11–15), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).*

Переработка органических отходов с получением биогаза является актуальной проблемой сельскохозяйственного производства. Реализация данных технологий позволяет провести утилизацию отходов и обеспечить получение ценных продуктов.

На практике для переработки органического сырья используются различные конструкции биогазовых реакторов в зависимости от применяемых технологий переработки [1, 4–6]. Необходимо отметить, что, несмотря на многочисленные положительные результаты исследований в этом направлении, имеется целый ряд нерешённых задач технического и технологического характера. Это особенности перерабатываемого сырья, технологий и методов подготовки его к сбраживанию, а также правильный выбор бактерий с учетом температур их нормального развития. К числу нерешённых задач, также следует отнести правильный выбор конструкции биогазового реактора и учёт условий внешней окружающей среды. Кроме того, непосредственно при сбраживании большую роль играют режимы перемешивания сырья отвода биогаза и удаления отработанной фракции сырья. Все эти нюансы технологии должны обеспечиваться системами контроля параметрами и управления работой исполнительных механизмов.

Как указывалось ранее, обеспечение высокой эффективности производства переработки органических отходов в биогаз напрямую связано с соблюдением температурных режимов и режимов перемешивания сырья. Температурные режимы при сбраживании могут поддерживаться за счет теплоты, выделяющейся в результате химических реакций. Однако, если этого количества теплоты недостаточно, то используется дополнительный подвод (дополнительные источники теплоты).

Величина мощности дополнительных источников теплоты, необходимых

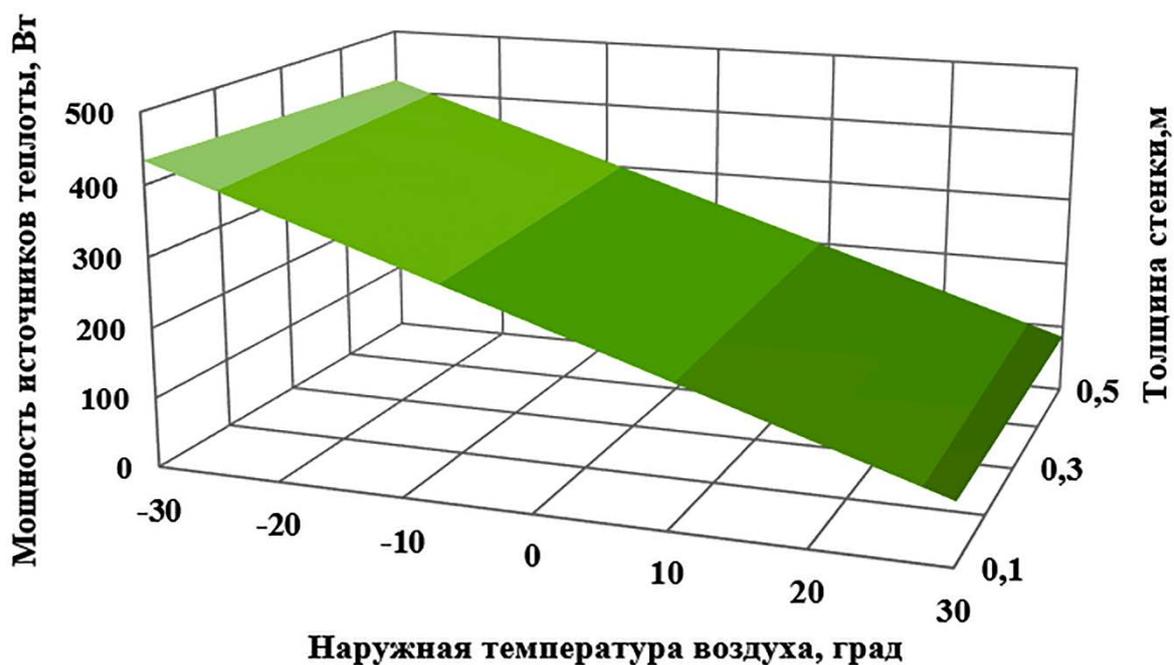
для поддержания режимов сбраживания зависит от многих факторов. В первую очередь, учитываются теплофизические свойства сбраживаемого сырья (субстрата), а также размеры биогазового реактора, толщина и свойства стенок конструкции, а также условия внешней окружающей среды.

Известно, что толщина теплоизоляции стенки сооружения снижает коэффициент теплопередачи и способствует сохранению тепла. В тоже время представляет интерес влияние толщины стенки биогазового реактора на величину дополнительных источников теплоты.

Ниже приведены результаты расчётов по оценке влияния толщины стенки цилиндрического биогазового реактора и температуры внешней среды на выбор мощности дополнительных источников теплоты. В расчётах использованы результаты общего решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [2, 3, 7, 8].

Физическая и математическая модель биогазового реактора представлялась в форме сплошного цилиндра радиусом  $R_1$  (рабочий объем реактора) и высотой  $H$ , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной  $\Delta$  и наружным радиусом конструкции  $R_2 = R_1 + \Delta$ . При этом допускалось, что источники теплоты распределены по объёму реактора равномерно. Также учитывалась температура внешней среды и условия теплообмена на внешней поверхности реактора.

На рисунке 1 представлена расчетная поверхность мощности источников теплоты при изменении наружной температуры воздуха  $T_c$  и толщины кирпичной стенки  $\Delta$ . На основе проведённых расчетов можно заключить, что влияние толщины стенки реактора  $\Delta$  на величину мощности дополнительных источников теплоты незначительно. Однако температура наружной среды вне реактора  $T_c$  является значимым фактором.



**Рисунок 1 – Расчетные значения величины дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении наружной температуры воздуха  $T_c$  и толщины кирпичной стенки  $\Delta$**

Следовательно, при строительстве биогазовых реакторов, в первую очередь, необходимо учитывать среднегодовые температуры в конкретной местности. Игнорирование этого фактора, даже при достаточной толщине стенок биогазового реактора, будет приводить к увеличению энергетических затрат на дополнительный подогрев сырья при сбраживании. Кроме того, в расчётах использовались свойства кирпичной стенки, обладающей не только хорошей теплоемкостью, но и теплопроводностью.

### Список источников

1. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 20–22.
2. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю., Ульянцев Ю. Н. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 30–36.

3. Вендин С. В., Ульяновцев Ю. Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. № 4 (24). С. 30–36.

4. Метановая ферментация куриного помета при пониженной концентрации ингибиторов / А. И. Салюк, С. А. Жадан, Е. Б. Шаповалов [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2017. № 4 (6). С. 89–98.

5. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода / Н. Б. Голуб, М. В. Потапова, М. В. Шинкарчук [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 25 (30). С. 51–59.

6. Получение газообразных продуктов при пиролизе биомассы водорослей / Н. И. Чернова, С. В. Киселева, О. М. Ларина [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 31 (36). С. 23–34.

7. Vendin S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 1993. Vol. 2 (65). P. 823–825.

8. Vendin S. V. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media // *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016. Vol. 18 (11). P. 12253–12258.

© Андреев А. Е., 2021

Статья поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 23.12.2021.

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 23.12.2021.

УДК 636.084

## Разработка и конструирование системы автоматического кормления птицы на базе микроконтроллера

Алексей Андреевич Венглинский<sup>1</sup>, студент

Андрей Станиславович Ижевский<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [alexvenglinsky@yandex.ru](mailto:alexvenglinsky@yandex.ru), <sup>2</sup> [izevski@mail.ru](mailto:izevski@mail.ru)

**Аннотация.** Представлена разработка системы автоматического кормления птицы. Показан алгоритм работы микроконтроллера ARDUINO, применённого для создания линии автоматической подачи корма. Изложена конструкция и технология работы раздатчика кормов. Выделены достоинства и недостатки предлагаемой разработки.

**Ключевые слова:** условия содержания птицы, методы контроля, автоматизация подачи корма, микроконтроллер

**Для цитирования:** Венглинский А. А., Ижевский А. С. Разработка и конструирование системы автоматического кормления птицы на базе микроконтроллера // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 16–20.

## Development and design of an automatic poultry feeding system based on a microcontroller

Alexey A. Venglinsky<sup>1</sup>, student

Andrey S. Izhevsky<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [alexvenglinsky@yandex.ru](mailto:alexvenglinsky@yandex.ru), <sup>2</sup> [izevski@mail.ru](mailto:izevski@mail.ru)

**Abstract:** The development of an automatic poultry feeding system is presented. The algorithm of the ARDUINO microcontroller used to create an automatic feed supply line is shown. The design and technology of the feed distributor are described. The advantages and disadvantages of the proposed development are highlighted.

**Keywords:** poultry keeping conditions, control methods, feed automation, microcontroller

**For citation:** Venglinsky A. A., Izhevsky A. S. Razrabotka i konstruirovaniye

sistemy avtomaticheskogo kormleniya pticy na baze mikrokontrollera [Development and design of an automatic poultry feeding system based on a microcontroller]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 16–20), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Целью исследования явилась разработка и конструирование системы автоматизации кормления кур в частном секторе. Автоматическая кормушка для сельскохозяйственной птицы – это устройство с неручной подачей корма. Её использование дает возможность автоматизировать кормление домашних кур. Опосредованное участие фермера в кормлении птицы позволяет эффективно и быстро развивать хозяйство.

Подобные кормушки имеют простую или сложную конструкцию. Многое зависит от количества кур, места расположения конструкции, необходимости дозированной или повременной подачи сухого питания. Для создания системы автоматической подачи корма выбран микроконтроллер ARDUINO. Для него разработан алгоритм работы, показанный на рисунке 1.

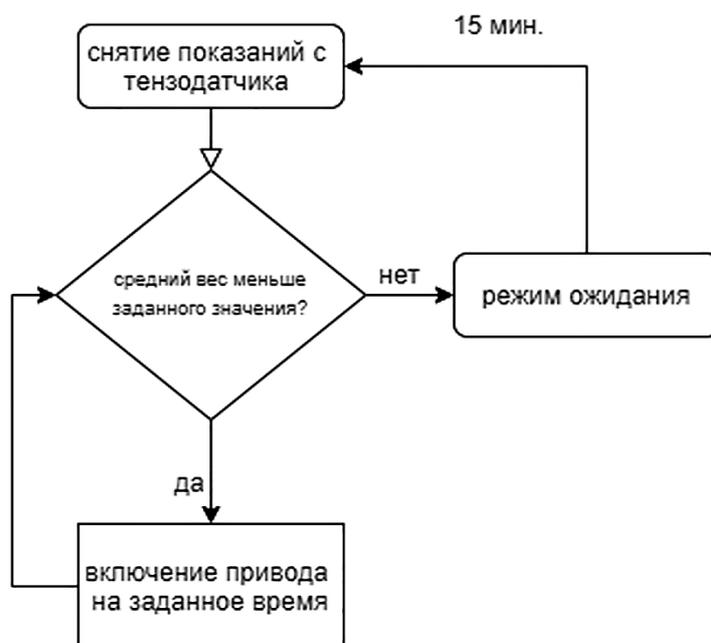


Рисунок 1 – Алгоритм работы микроконтроллера ARDUINO

---

Для создания блока управления системы также выбраны тензодатчик, пружинчатый шнек, асинхронный двигатель, рабочий конденсатор, понижающий редуктор, твердотельное реле для коммутации сигнала с контроллера.

**Тензодатчик.** Для снятия показаний наполненности кормораздатчика выбран одноточечный тензодатчик нагрузки SPN. Данный датчик подходит по степени защищённости IP65, по нагрузке 1–10 килограмм и по напряжению питания от 5 до 12 вольт.

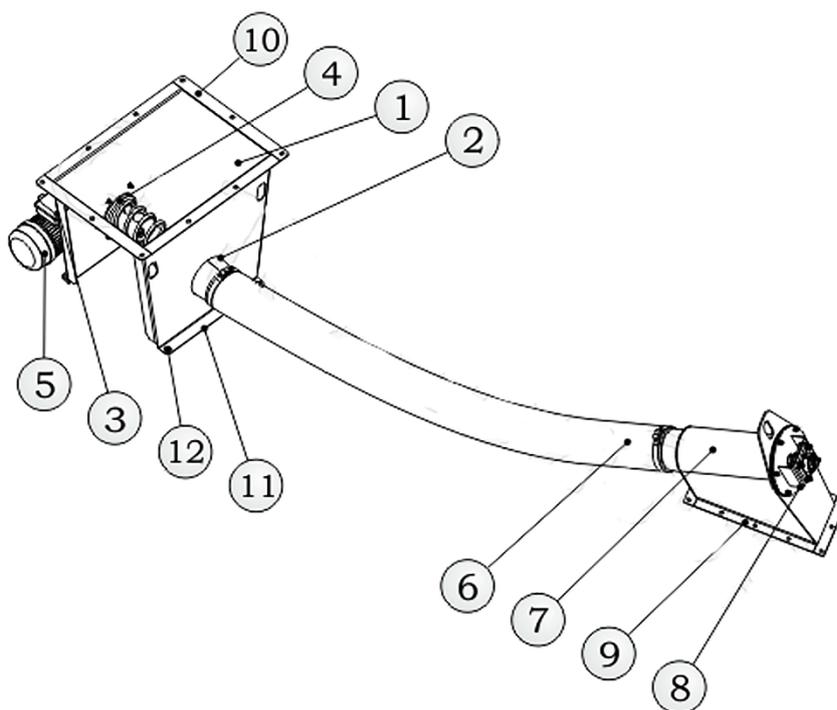
**Пружинчатый шнек.** Для подачи корма выбран гибкий шнек из нержавеющей стали и гибкий рукав из армированного поливинилхлорида.

**Асинхронный двигатель.** Для привода кормораздатчика подобран асинхронный двигатель мощностью 150 ватт и скоростью вала 500 оборотов в минуту.

**Понижающий редуктор.** Для снижения числа оборотов шнека и уменьшения габаритов установки был рассчитан червячный редуктор с передаточным отношением 50.

**Рабочий конденсатор.** Для пуска двигателя от сети 220 вольт необходим неполярный конденсатор ёмкостью семь микрофарад.

Рассмотрим итоговую конструкцию системы автоматизации кормления кур на рисунке 2. Кормораздатчик данной конструкции состоит из загрузочной ёмкости (1), с обратной стороны которой находится патрубок выхода корма (2), а с другой стороны – приводной узел (3) подающей спирали (4) и мотор-редуктор (5). Данные детали входят в состав основного узла кормораздатчика. Гибкий корпус имеет окно для раздачи корма (6). Рукав заканчивается разгрузочным модулем (7) с установленной подшипниковой опорой и тензодатчиком (8). Разгрузочный модуль имеет основание (9) с отверстием для жесткого крепления к полу. Верхняя часть загрузочного модуля имеет отбортовку (10) для присоединения крышки, нижняя часть – площадку (11) с отверстиями (12) для крепления к полу.



**Рисунок 2 – Технологическая конструкция системы кормления птицы**

Разработанная система позволяет экономить ресурсы корма, так как процент выпавшего корма будет сильно отличаться от простых систем. Помимо экономической выгоды также уменьшается время, которое необходимо уделять для мониторинга курятника.

Конструктивная разработка имеет более продвинутый потенциал относительно заводских вариантов, ввиду возможности программирования как суточной нормы корма, так и возможности следить за весовыми показателями потребления. Цена всех комплектующих разработки гораздо ниже подобных систем фабричного производства.

Предлагаемую конструкцию можно модернизировать для расширения функционала и уменьшения необходимого контроля за исправностью системы. Имеется возможность установки сухих уровней и подключения к системе «Умная ферма» за счёт внесения корректив в алгоритм работы и аппаратную часть микроконтроллера.

---

**Список источников**

1. Длоугий В. В. Приводы машин. Справочник. Л. : Машиностроение, 1982. 383 с.
2. Измерение массы, объема и плотности / С. И. Гаузнер, С. С. Кивилис, А. П. Осокина [и др.]. М. : Издательство стандартов, 1972. 118 с.
3. Павлов В. В. Полупроводниковые усилители малых сигналов постоянного тока для систем промышленной автоматики выпуск. М. : Издательство «Энергия», 1966. 128 с.
4. Петин В. А. Новые возможности ARDUINO, ESP, RASPBERRY Pi в проектах IoT. СПб. : БХВ–Петербург, 2021. 322 с.
5. Сафаров М. Р. Цифровые устройства автоматики : учебное пособие. Уфа : Уфимский государственный нефтяной институт, 1991. 96 с.
6. Соломахо В. Л., Цитович Б. В., Соколовский С. С. Нормирование точности и технические измерения. Минск : Издательство Гревцова, 2011. 360 с.
7. Шаумян Г. А. Комплексная автоматизация производственных процессов Л. : Машиностроение, 1973. 476 с.

© Венглинский А. А., Ижевский А. С., 2021

Статья поступила в редакцию 18.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 18.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 621.3:631.171

**К вопросу применения импульсных источников  
для СВЧ-обработки сельскохозяйственных материалов**

**Сергей Владимирович Вендин**, доктор технических наук, профессор  
Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина,  
Белгородская область, Белгород, Россия, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Аннотация.** Приведены результаты теоретических исследований относительно использования импульсных источников при СВЧ-обработке сельскохозяйственных материалов. Обосновано, что импульсная СВЧ-обработка может быть реализована на основе мощных импульсных СВЧ-генераторов, используемых в системах радиолокации и связи.

**Ключевые слова:** энергия сверхвысокочастотного магнитного поля, импульс, энергетический спектр, напряженность электрического поля, наложение импульсов

**Для цитирования:** Вендин С. В. К вопросу применения импульсных источников для СВЧ-обработки сельскохозяйственных материалов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 21–26.

**On the use of pulse sources  
for microwave processing of agricultural materials**

**Sergey V. Vendin**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin,  
Belgorod region, Belgorod, Russia, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Abstract:** The results of theoretical studies on the use of pulsed sources in the microwave processing of agricultural materials are presented. It is proved that pulsed microwave processing can be implemented on the basis of powerful pulsed microwave generators used in radar and communication systems.

**Keywords:** ultrahigh frequency magnetic field energy, pulse, energy spectrum, electric field strength, pulse overlap

**For citation:** Vendin S. V. K voprosu primeneniya impul'snyh istochnikov dlya SVCH-obrabotki sel'skohozyajstvennyh materialov [On the use of pulse sources for microwave processing of agricultural materials]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 21–26), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

---

В промышленности, сельском хозяйстве и в быту с успехом может быть применима энергия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). В растениеводстве для обеспечения высокого урожая и обеспечения сохранности зерна и семян используют различные методы [4]. Об эффективности применения ЭМП СВЧ для обработки семян имеется много достоверных данных. Эффективность СВЧ-обработки семян показана, как в ранних работах [1], так и в более поздних исследованиях автора [2]. При этом, эффективность СВЧ-обработки во многом зависит от решения таких технических и технологических задач, как равномерность обработки объёма семян и повышение коэффициента полезного действия путем согласования источника СВЧ-энергии с нагрузкой.

Установлено, что поглощение СВЧ-энергии в объекте и эффективность обработки продукта связана с величиной модуля напряженности электрического поля электромагнитной волны. Чем больше напряженность электрического поля, тем выше поглощение СВЧ-энергии в продукте.

При тепловом воздействии напряженность электрического поля определяет уровень удельной поглощаемой в среде электромагнитной мощности, которая зависит от напряжённости электрического поля, частоты электромагнитной волны и диэлектрических свойств материала. Удельная поглощаемая в объёме материала СВЧ-мощность фактически определяет скорость диэлектрического нагрева среды и эффект обработки. Кроме того, напряжённость электрического поля определяет разность потенциалов в проводящей среде, и с её увеличением повышается эффективность при СВЧ-дезинсекции и дезинфекции семян.

При использовании СВЧ-источников непрерывного генерирования увеличение напряжённости электрического поля возможно только за счет увеличения установленной мощности СВЧ-источника.

Однако без повышения установленной мощности СВЧ-источника напряжённость электрического поля можно увеличить за счет амплитудной модуляции электромагнитной волны, то есть использованием импульсных СВЧ-источников. Но при этом также возникает ряд технических задач, которые невозможно решить без анализа электродинамики рассматриваемых технологических процессов.

Вопросы электродинамики связаны с распространением электромагнитных волн в различных средах. При этом учитываются особенности и вид падающей на объект электромагнитной волны, размеры и форма объекта и его электрофизические свойства. Решения таких задач могут быть получены на основе системы уравнений для электромагнитного поля, где взаимосвязаны напряжённости электрического и магнитного полей, а также уравнения связи для границ раздела сред с различными электрофизическими параметрами. Решения электродинамических задач, связанных с высокочастотной обработкой диэлектрических сред, в том числе, и для импульсной СВЧ-обработки имеются в некоторых работах: например, [3].

В результате теоретического анализа распространения высокочастотного импульса прямоугольной формы в диэлектрической среде было установлено, что наряду с основной частотой  $\omega_0$  в продукте будут присутствовать и другие соседние частоты  $\omega$ . Длительность высокочастотного импульса  $\tau_0$  влияет на энергетический спектр излучения по фронту распространения электромагнитной волны  $z$ , который определяется функцией вида (1):

$$\begin{aligned} \dot{E}_y^z(z, \omega) = & \frac{1}{\omega_0 - \omega} \sin\left(\frac{\omega_0 - \omega}{2} \tau_0\right) \cdot \exp\left[-i\left(\frac{\omega_0 - \omega}{2} \tau_0 + kz + \frac{\pi}{2}\right)\right] - \\ & - \frac{1}{\omega_0 + \omega} \sin\left(\frac{\omega_0 + \omega}{2} \tau_0\right) \cdot \exp\left[-i\left(\frac{\omega_0 + \omega}{2} \tau_0 + kz + \frac{\pi}{2}\right)\right] \end{aligned} \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент распространения электромагнитной волны.

---

С уменьшением длительности импульса, большее количество энергии излучения перераспределяется на соседние с основной  $\omega_0$  частоты  $\omega$ , и эти частоты также будут участвовать при переносе энергии. Но увеличение длительности импульса приближает процесс к непрерывному режиму и, как следствие, приводит к увеличению установленной мощности СВЧ-источника.

Широко применяется технологический прием обработки слоя продукта под излучателем. Технически он может быть реализован обработкой неподвижного слоя продукта в радиогерметичной камере под излучателем или обработкой движущегося слоя на конвейерной ленте. В этом случае при согласовании СВЧ-источника со слоем продукта следует учитывать частоту электромагнитного поля (волны), толщину слоя продукта, толщину конвейерной ленты, а также электрофизические свойства продукта и конвейерной ленты.

Частным случаем этого способа обработки слоя продукта является приём, когда под слоем продукта и основой, на которой он перпендикулярен фронту распространения электромагнитной волны, располагается металлический экран. В этом случае, с учётом отражения от металлической поверхности экрана, электромагнитный импульс, отправленный от источника, проходит через слой материала, отражается от экрана и возвращается в обратном направлении. Учитывая это, рассмотрены возможности повышения эффективности СВЧ-обработки материала за счет подбора частоты следования импульсов  $f$  (периода посылки импульсов  $T_{ц}$ ) и длительности импульса  $\tau_0$ .

Наиболее простой способ повышения напряженности поля – это наложение амплитуд прямого и обратного импульсов, то есть обеспечение таких условий, чтобы по толщине слоя импульсы, идущие в прямом направлении, накладывались на импульсы, идущие в обратном направлении. Условие наложения амплитуд прямого и обратного импульса будет выполняться при равенстве (2):

$$l = \frac{2vn}{f} \quad (2)$$

где  $l$  – толщина слоя, мм;

$v$  – скорость распространения электромагнитной волны, м/с;

$n$  – целое число посланных импульсов;

$f$  – частота посылки импульсов, Гц.

При этом скорость распространения электромагнитной волны  $v$  связана с характеристиками среды (продукта) и определяется выражением (3):

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}} \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная;

$\mu$  – относительная магнитная проницаемость среды,

$\mu_0$  – магнитная постоянная.

В заключении отметим, что импульсная СВЧ-обработка может быть реализована на основе мощных импульсных СВЧ-генераторов, используемых в системах радиолокации и связи. Принципиальных отличий по созданию рабочих органов на основе СВЧ-генераторов непрерывного действия и импульсных генераторов нет, так как электродинамические аспекты процесса определяются основной частотой генератора и свойствами среды, где распространяется электромагнитная волна. Для процессов, не связанных с высоким темпом нагрева, импульсные СВЧ-источники имеют некоторые преимущества.

### Список источников

1. Бородин И. Ф., Вендин С. В., Горин А. Д. Изменение всхожести семян зерновых культур под влиянием СВЧ-обработки // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1993. № 2. С. 92.

2. Вендин С. В. Регрессионный анализ влияния удельной СВЧ-мощности и экспозиции, скорости и конечной температуры нагрева на предпосевную обработку семян пшеницы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 2 (18). С. 3–19.

---

3. Вендин С. В., Щербинин И. А. К расчёту распространения электромагнитного импульса при СВЧ-обработке диэлектрических сред // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В. Г. Шухова. 2015. № 2. С. 204–206.

4. Справочник агронома по защите растений / под ред. А. Ф. Ченкина и К. П. Гриванова. М. : Агропромиздат, 1990. 367 с.

© Вендин С. В., 2021

Статья поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 628.9

## Исследования эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях в условиях Амурской области

Дмитрий Сергеевич Демиденко<sup>1</sup>, студент

Андрей Станиславович Ижевский<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [rk1487474@gmail.com](mailto:rk1487474@gmail.com), <sup>2</sup> [izevski@mail.ru](mailto:izevski@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены устройство и основные показатели работы уличных светильников. Выполнен обзор литературных источников по применению уличных светильников. Исследованы вопросы эффективности использования уличных светильников с учётом климатических условий Амурской области.

**Ключевые слова:** солнечная батарея, уличный светильник, светодиодный светильник, эффективность применения уличных светильников

**Для цитирования:** Демиденко Д. С., Ижевский А. С. Исследования эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях в условиях Амурской области // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 27–31.

## Research of the effectiveness of the use of solar-powered street lights in the Amur region

Dmitry S. Demidenko<sup>1</sup>, student

Andrey S. Izhevsky<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [rk1487474@gmail.com](mailto:rk1487474@gmail.com), <sup>2</sup> [izevski@mail.ru](mailto:izevski@mail.ru)

**Abstract:** The device and the main performance indicators of street lamps are considered. A review of literature sources on the use of street lamps is carried out. The issues of the effectiveness of the use of street lamps, taking into account the climatic conditions of the Amur region, are investigated.

**Keywords:** solar battery, street lamp, LED lamp, the effectiveness of the use of street lamps

**For citation:** Demidenko D. S., Izhevsky A. S. Issledovaniya effektivnosti ispol'zovaniya ulichnyh fonarej na solnechnyh batareyah v usloviyah Amurskoj oblasti [Research of the effectiveness of the use of solar-powered street lights in the

---

Amur region]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 27–31), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Целью представленного исследования является разработка вопросов эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях в условиях Амурской области.

В современном мире все большее внимание уделяется комфорту людей, большинство сфер жизни человека поддаются глобальным изменениям в угоду удобства и практичности. Одной из сфер, подвергшейся наибольшему изменению, является световой день человека. Современные люди живут по совсем другим циклам дня и ночи, и причина тому, – независимость от светового дня. Как искусственное освещение на работе, в торговых центрах, дома, так и на улице, меняют привычный ритм жизни.

Одним из немаловажных аспектов «освещения жизни» человека является уличное освещение. Наряду с освещением в квартире или офисе, оно не только создает более комфортные условия жизни, но и играет немаловажную роль в безопасности. Будь то неосвещенные улочки и дворы с высоким уровнем преступности или дорожные трассы, парковки, дорожные развязки с огромным движением транспортных средств, – везде уличное освещение положительно сказывается на существовании человека.

Также с ростом технического развития возникает проблема сверхбольшого потребления энергии человеком и истощения не возобновляемых источников энергии. На этом фоне учеными всего мира проводится большая работа по поиску альтернативных источников энергии, увеличению энергоэффективности уже имеющихся средств. Вводятся новые законы и государственные стандарты по энергопотреблению, производится делегирование стоимости

электроэнергии в зависимости от объёмов потребления. Все это так же коснулось и искусственного освещения. Осуществляется переход от ламп накаливания к люминесцентным и светодиодным лампам, а также появление солнечных батарей, для потребительских нужд в небольшом объёме. Светодиодные светильники, прожекторы и лампы устанавливаются как в частных дворах, так и на автодорогах общего пользования, в скверах и парках, да и просто на улицах городов. По заверениям производителей данных товаров, они обладают большей эффективностью, чем привычные проводные фонари.

С развитием фотоэлектрических и аккумуляторных технологий, автономные решения освещения на светодиодах становятся все более популярными. Они идеальны для промышленных предприятий, легко транспортируются и несложно монтируются. Во время светового дня, фотоэлектрическая панель (солнечная батарея) заряжает аккумулятор, установленный внутри надёжного бокса. В сумерки фонарь автоматически включается и использует энергию, запасенную в аккумуляторе.

Автономные уличные фонари разрабатываются с учетом климатических особенностей того или иного региона. При этом полностью заряженный аккумулятор достаточной ёмкости, в принципе способен обеспечить автономную работу уличного фонаря на протяжении нескольких суток, даже если солнце будет долго скрыто за облаками или тучами.

Автономные уличные фонари на солнечных батареях отличаются удобством применения. Они не требуют прокладки кабелей, то есть позволяют снизить затраты на установку. Кроме того, в процессе эксплуатации отсутствует необходимость подачи электроэнергии к фонарному столбу по проводам.

Рассматривая вопрос об эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях, определенно необходимо обратиться к проверенным литературным источникам и научным опытам. В тоже время, возникает не-

хватка достоверной информации, обусловленная тем, что все исследования носят коммерческий характер, а популяризованной литературы на данную тему нет, так как прошло слишком мало времени с начала использования соответствующей технологии.

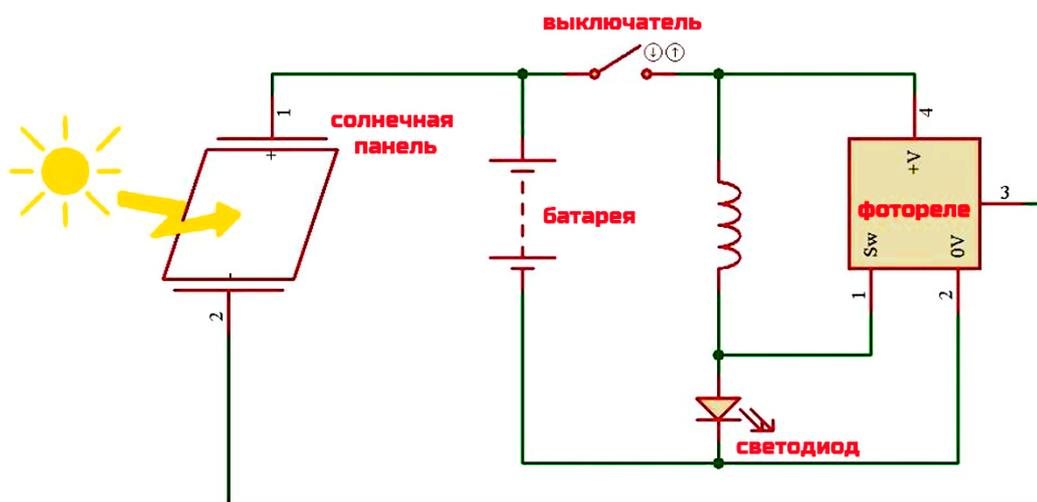


Рисунок 1 – Техническое устройство фонаря на солнечных батареях

Основным объектом исследования производителей, направленным на увеличение спроса и продаж, является вопрос об экономичности, практичности и удобства использования данных фонарей. Так же есть отдельные исследования для выпуска специальных заказов, под жёсткие климатические условия. Но все это не отражает сути вопроса об эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях в условиях Амурской области.

Для полной оценки эффективности использования уличных фонарей на солнечных батареях в условиях Амурской области потребуется провести некоторые опыты, заключающиеся в наблюдении, сборе данных, оценке и анализе работы фонарей на протяжении определённого времени. Следует выяснить, как влияет климат Амурской области на работу самих фонарей, светодиодов, аккумулятора и солнечной батареи.

Наблюдения за работой фонарей планируется проводить на базе Дальне-

восточного государственного аграрного университета. В спортивно-оздоровительном комплексе Белогорье установлены шесть светодиодных фонарей освещения на солнечных батареях для освещения территории. Необходимо произвести замеры электрических показателей светодиодного фонаря и солнечной батареи. Это позволит найти обоснованный ответ на вопрос об эффективности использования уличных фонарей освещения на солнечных батареях в условиях Амурской области.

### **Список источников**

1. Волоцкой Н. В. Светотехника. М. : Стройиздат, 1979. 142 с.
2. Фалилеев Н. А., Ляпин В. Г. Проектирование электрического освещения : учебное пособие. М. : Всесоюзный сельскохозяйственный институт заочного образования, 2001. 97 с.
3. Федеральная служба по интеллектуальной собственности : сайт. URL: <https://www.rospatent.gov.ru> (дата обращения: 05.05.2021).
4. Espacenet. Поиск патентной информации : сайт. URL: <https://www.ru.espacenet.com> (дата обращения: 05.05.2021).

© Демиденко Д. С., Ижевский А. С., 2021

Статья поступила в редакцию 28.10.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 28.10.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 621.355

**Системы бесперебойного электроснабжения  
с использованием аккумуляторных батарей**

**Елена Сергеевна Дубкова<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Евгений Владимирович Евтухов<sup>2</sup>**, студент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [dubkova75@mail.ru](mailto:dubkova75@mail.ru), <sup>2</sup> [dmg86@mail.ru](mailto:dmg86@mail.ru)

**Аннотация.** Предложено разрешение проблемы полного контроля многоэлементной аккумуляторной батареи в системах бесперебойного электроснабжения. Изложены особенности активного и пассивного метода балансировки многоэлементной батареи. Рассмотрены критерии выбора соответствующего метода.

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, накопление электрической энергии, интеллектуальные алгоритмы, активный метод балансировки, пассивный метод балансировки, критерии выбора метода балансировки

**Для цитирования:** Дубкова Е. С., Евтухов Е. В. Системы бесперебойного электроснабжения с использованием аккумуляторных батарей // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 32–36.

**Uninterruptible power supply systems using rechargeable batteries**

**Elena S. Dubkova<sup>1</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences

**Evgeniy V. Evtukhov<sup>2</sup>**, student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [dubkova75@mail.ru](mailto:dubkova75@mail.ru), <sup>2</sup> [dmg86@mail.ru](mailto:dmg86@mail.ru)

**Abstract:** A solution to the problem of complete control of a multi-element battery in uninterruptible power supply systems is proposed. The features of the active and passive method of balancing a multi-element battery are described. The criteria for choosing the appropriate method are considered.

**Keywords:** battery, accumulation of electrical energy, intelligent algorithms, active balancing method, passive balancing method, criteria for choosing a balancing method

**For citation:** Dubkova E. S., Evtukhov E. V. Sistemy bosperebojnogo elektrosnabzheniya s ispol'zovaniem akkumulyatornyh batarej [Uninterruptible power supply systems using rechargeable batteries]. Proceeding from Topical issues of energy

---

in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 32–36), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Системы бесперебойного электропитания электроустановок с использованием аккумуляторных батарей типа OPzS, AGM, SLA, соединенных последовательно в многоэлементную батарею, широко применяются на объектах бесперебойного электропитания сети Ростелеком. В первую очередь, электроэнергией обеспечиваются наиболее важные потребители [2]. Одной из главных проблем системы бесперебойного электропитания, является проблема полного контроля за основными параметрами многоэлементной аккумуляторной батареи, что предопределило актуальность исследований.

Для решения задач по контролю за основными параметрами многоэлементной батареи необходимы электротехнические устройства, которые в процессе производства, передачи и накопления электрической энергии будут контролировать соответствующие параметры и не давать выходить им за пределы допустимых значений. Управление основными параметрами многоэлементной батареи увеличивает время заряда, разряда батареи, сроки её эксплуатации, а также расход электроэнергии, затрачиваемый на процесс содержания батареи.

Для предотвращения выхода из строя всей многоэлементной батареи необходимо контролировать основные параметры на каждом элементе батареи: напряжение, ток, температуру [1].

В процессе эксплуатации многоэлементной батареи общее напряжение всей батареи будет номинальным, заряд батареи будет идти до положенных значений по напряжению всей батареи. Тем не менее, некоторые элементы батареи окажутся не дозаряжены, а другие перезаряжены [4].

Для продления срока службы многоэлементной аккумуляторной батареи и предотвращения разбалансировки по элементам батареи, применяются активные, пассивные и активно-пассивные балансиры. Балансиры позволяют

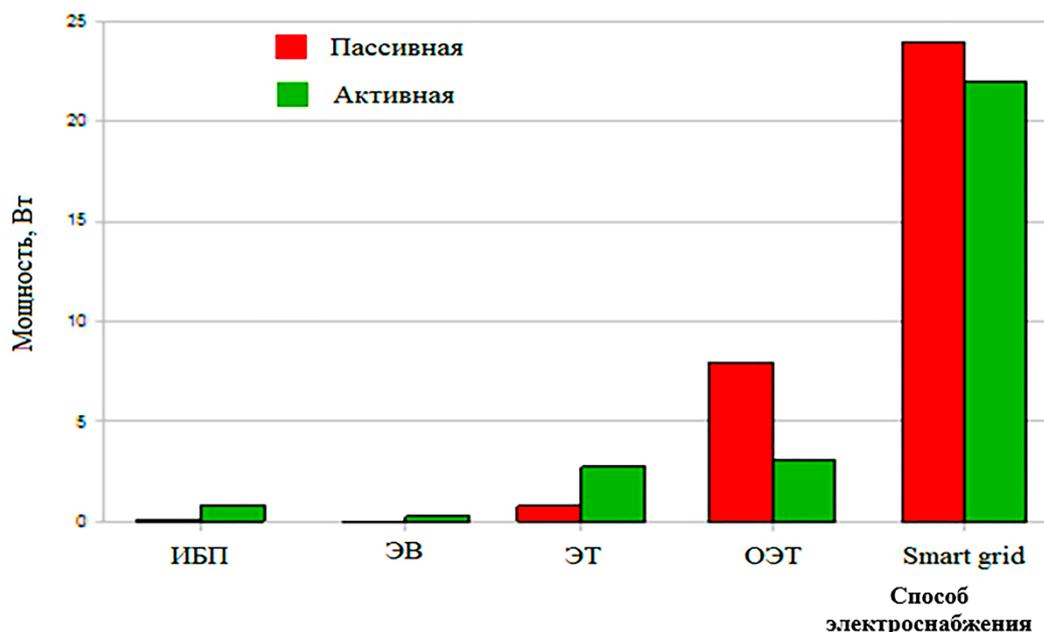
---

выравнивать напряжение на каждом элементе батареи. Система контроля многоэлементной аккумуляторной батареи позволяет увеличить срок службы аккумуляторов, предотвращая перенапряжение на каждом элементе многоэлементной батареи. Активные балансиры выравнивают напряжение по элементам батареи при заряде и при разряде аккумуляторов. Пассивные балансиры осуществляют такое выравнивание только при заряде аккумуляторных элементов.

Пассивный метод балансировки многоэлементной батареи представляется в виде рассеивания электроэнергии с более заряженных аккумуляторных элементов многоэлементной батареи на балластные сопротивления системы управления батареей в процессе заряда такой батареи, тем самым позволяя наименее заряженным аккумуляторным элементам запасти большее количество электроэнергии.

Активный метод балансировки многоэлементной батареи предоставляется в виде перераспределении электроэнергии от более заряженных аккумуляторных элементов батареи к менее заряженным аккумуляторным элементам с помощью преобразователей или ёмкостей системы управления многоэлементной аккумуляторной батареи. В процесс балансировки аккумуляторных батарей активным методом производится балансировка аккумуляторов при заряде батареи, и в процессе её эксплуатации.

На рисунке 1 представлены результаты сравнения потерь энергии при пассивном и активном балансирующем процессах для различных видах применений. Как видно, основная часть затрачиваемой активной мощности на поддержание уровня разбалансировки в среднем диапазоне составляет от 0,1 до 8 ватт на элемент многоэлементной батареи. В ряде случаев потери активной балансировки меньше потерь пассивной. Конкретный ответ на вопрос является ли активный или пассивный метод балансировки аккумуляторных батарей лучше, определяется областью применения системы управления аккумуляторных батарей.



**Рисунок 1 – Потери электроэнергии на балансировку аккумуляторов пассивным и активным методом [3]**

В случае, когда рассеиваемая мощность больше десяти ватт на элемент многоэлементной батареи, можно предположить, что активный и пассивный метод балансировки обладают сходными потерями. Тогда энергосберегающие доводы утрачиваются, а более высокая стоимость реализации активным методом балансировки определяет выбор в пользу пассивного метода.

Аргументация в пользу активного метода определяется как возможность относительно быстро перераспределять заряд между элементами многоэлементной батареи, что злободневно для таких батарей с большой степенью разбалансировки.

Недостатками пассивного метода балансировки являются рассеивание энергии при перезаряде батареи, высокие тепловые выделения при длительной балансировке, оказывающие отрицательное влияние на аккумуляторные элементы многоэлементной батареи. При этом внедрение пассивного метода балансировки аккумуляторных батарей отличается простотой и низкой стоимостью его реализации.

Активный метод балансировки аккумуляторных батарей лучше из-за

низких потерь электроэнергии в целом. К недостаткам активной балансировки можно отнести сложную реализацию системы, очень низкую надежность при высоких токах и высокую стоимость реализации.

Конечным показателем в выборе метода балансировки многоэлементной аккумуляторной батареи, является величина мощности, рассеиваемой на активных элементах в процессе балансировки. С увеличением ёмкости батареи величина батареи становится соизмеримой потерям на резистивных элементах при пассивном методе балансировки. Особенно это касается ситуации с большим разбросом напряжения по элементам батареи.

Окончательный выбор метода балансировки определяется техническими, экономическими, эксплуатационными требованиями, а также особенностями построения многоэлементной аккумуляторной батареи.

#### **Список источников**

1. ГОСТ 2.114-2016. Единая система конструкторской документации. Технические условия // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200138642> (дата обращения: 22.09.2021).
2. Правила применения оборудования электропитания средств связи : приказ Министерства связи и массовых коммуникаций РФ от 30.01.2018 № 24 // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542617562> (дата обращения: 07.09.2021).
3. Handbook of Batteries / D. Linden, T. B. Reddy. New York : McGraw-Hill, Professional, 2010. 146 p.
4. Thunder Sky Winston Battery : сайт. URL: <https://en.winston-battery.com> (дата обращения: 08.10.2021).

© Дубкова Е. С., Евтухов Е. В., 2021

Статья поступила в редакцию 27.10.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 27.10.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 629.3

### Применение гибридно-силовой установки в полноприводных электромобилях

Дан Альбертович Каюмов<sup>1</sup>, студент

Михаил Анатольевич Берлов<sup>2</sup>, студент

Руслан Динарович Каримов<sup>3</sup>, кандидат технических наук

<sup>1, 2, 3</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет,  
Республика Башкортостан, Уфа, Россия

<sup>1</sup> [atsfya@bk.ru](mailto:atsfya@bk.ru), <sup>2</sup> [berlov.mihail@yandex.ru](mailto:berlov.mihail@yandex.ru), <sup>3</sup> [ruslan-k88@yandex.ru](mailto:ruslan-k88@yandex.ru)

**Аннотация.** Проведён обзор гибридно-силовой установки для полноприводных электромобилей. Описаны принципы работы каждой отдельной схемы. Определена эффективность использования гибридно-силовой установки в условиях движения.

**Ключевые слова:** гибридно-силовая установка, электромобили, конфигурация, схема

**Для цитирования:** Каюмов Д. А., Берлов М. А., Каримов Р. Д. Применение гибридно-силовой установки в полноприводных электромобилях // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 37–40.

### Use of hybrid-power plant in all-wheel drive electric vehicles

Dan A. Kayumov<sup>1</sup>, student

Mikhail A. Berlov<sup>2</sup>, student

Ruslan D. Karimov<sup>3</sup>, Candidate of Technical Sciences

<sup>1, 2, 3</sup> Ufa State Aviation Technical University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>1</sup> [atsfya@bk.ru](mailto:atsfya@bk.ru), <sup>2</sup> [berlov.mihail@yandex.ru](mailto:berlov.mihail@yandex.ru), <sup>3</sup> [ruslan-k88@yandex.ru](mailto:ruslan-k88@yandex.ru)

**Abstract:** A review of the hybrid-power plant for all-wheel drive electric vehicles is carried out. The principles of operation of each individual scheme are described. The efficiency of using a hybrid-power plant in traffic conditions is determined.

**Keywords:** hybrid-power plant, electric vehicles, configuration, scheme

**For citation:** Kayumov D. A., Berlov M. A., Karimov R. D. Primenenie gibridno-silovoj ustanovki v polnoprivodnyh elektromobilyah [Use of hybrid-power plant in all-wheel drive electric vehicles]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.)* – All-Russian (National) Scientific and

---

*Practical Conference*. (PP. 37–40), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Гибридно-силовая установка, применяемая как в автомобильной, так и в авиационной промышленности уже закономерное явление. Технология гибридных силовых агрегатов, сочетающая в себе несколько источников энергии, признана эффективным способом снижения расхода топлива и вредных выбросов в атмосферу. Автомобиль, включающий двигатель внутреннего сгорания и электродвигатели, по определению, называется гибридным (*HEV*).

Гибридные автомобили можно разделить на три группы по конфигурациям: последовательные, последовательно-параллельные и с отдельным питанием. В последовательной конфигурации используется двигатель для привода и генератор для выработки электроэнергии. Поскольку между двигателем и приводным валом нет механической связи, двигатель может работать с максимальной эффективностью. В последовательно-параллельной схеме, как двигатель, так и двигатель-генератор имеют механическую связь с выходным валом, и они могут одновременно обеспечивать мощность для привода транспортного средства. В схеме с разделением мощности для развязки двигателя от скорости транспортного средства используется устройство для достижения функции электрической бесступенчатой трансмиссии, в результате чего достигаются наилучшие показатели экономии топлива среди трёх конфигураций.

Перечисленные конфигурации, в основном, используются в автомобилях с приводом только на два колеса *2WD* (two-wheel-drive), таких как Nissan e-Power, Honda Accord Hybrid и Toyota Prius. В этой связи актуально рассмотреть гибридные автомобили с полным приводом и существующие схемы гибридно-силовых установок для таких машин.

Основное решение гибридной конфигурации *4WDH* (four-wheel-driver hy-

brid) заключается в добавлении дополнительного двигателя к задней оси обычного *2WDH*. Такие конфигурации, в основном, подразделяются на четыре группы: последовательные, последовательно-параллельные, с разделением мощности и комбинированные.

Последовательная конфигурация использует двигатель-генератор для выработки электроэнергии и два двигателя-генератора на передней и задней осях для привода автомобиля. Параллельная конфигурация является наиболее популярной и доступной на рынке, благодаря её отличной производительности и простоте управления. Она может быть названа последовательно-параллельной, так как гибридная система может работать в последовательном режиме, если двигатель и манометр гидросистемы на передней оси отсоединены от колёс.

В конфигурации с отдельной трансмиссией передняя ось приводится в движение обычной гибридной трансмиссией, в то время как задняя ось приводится в движение двигателем. При этом наличие трёх двигателей-генераторов влечёт за собой увеличение стоимости и усложнение системы. Другая конфигурация с разделением мощности, использующая только два двигателя-генератора, называется конфигурацией с комбинированным разделением мощности.

Для сравнения энергоэффективности различных конфигураций *4WDH* рассчитывают несколько показателей, в том числе средний тепловой коэффициент полезного действия двигателя и общую энергию рекуперативного торможения. По тепловому коэффициенту полезного действия двигателя последовательно-параллельная схема показывает наихудшую эффективность работы в городском цикле, так как частота вращения двигателя всегда связана со скоростью автомобиля. В тоже время, благодаря отсоединению двигателя от колёс, три другие конфигурации имеют лучший коэффициент полезного действия двигателя.

---

Что касается общей энергии рекуперативного торможения, то последовательная конфигурация и конфигурация с отдельным питанием имеют больший показатель, за счёт использования больших размеров двигателей-генераторов, чем и определяется данный параметр.

Из вышеперечисленных факторов можно сделать вывод, что схема с разделением мощности лучше всего применяется в условиях городского движения, в то время как последовательно-параллельная схема будет эффективной при движении по шоссе, так как за счёт этой схемы достигается максимальная эффективность движения при наилучшем экономии топлива.

### **Список источников**

1. Comparison of four-wheel-drive hybrid powertrain configurations / J. Fei, Zh. Weichao, W. Liangmo [et al.] // *Energy*. 2020. Vol. 209. P. 118286.
2. Wu G., Zhang X., Dong Z. Powertrain architectures of electrified vehicles: review, classification and comparison // *Journal of the Franklin Institute*. 2015. Vol. 352. P. 425–448.

© Каюмов Д. А., Берлов М. А., Каримов Р. Д., 2021

Статья поступила в редакцию 04.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 04.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 681.5

### Сравнительный анализ применения тиристорного автоматического ввода резерва и автоматического ввода резерва

Анастасия Евгеньевна Козырева<sup>1</sup>, студент

Екатерина Юрьевна Артюшевская<sup>2</sup>, старший преподаватель

<sup>1,2</sup> Амурский государственный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [nastakozyreva2935@mail.ru](mailto:nastakozyreva2935@mail.ru), <sup>2</sup> [kateona2006@yandex.ru](mailto:kateona2006@yandex.ru)

**Аннотация.** Рассмотрена сущность устройств автоматического ввода резерва и тиристорного автоматического ввода резерва. Проведён сравнительный анализ соответствующих устройств. В качестве критериев сравнительной оценки использованы быстродействие, надёжность, коммутация и внешние характеристики.

**Ключевые слова:** автоматический ввод резерва, тиристорный автоматический ввод резерва, быстродействие, надёжность, коммутация

**Для цитирования:** Козырева А. Е., Артюшевская Е. Ю. Сравнительный анализ применения тиристорного автоматического ввода резерва и автоматического ввода резерва // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 41–46.

### Comparative analysis of thyristor automatic reserve entry and automatic reserve entry

Anastasia E. Kozyreva<sup>1</sup>, student

Ekaterina Yu. Artushevskaya<sup>2</sup>, senior lecture

<sup>1,2</sup> Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [nastakozyreva2935@mail.ru](mailto:nastakozyreva2935@mail.ru), <sup>2</sup> [kateona2006@yandex.ru](mailto:kateona2006@yandex.ru)

**Abstract:** The essence of the automatic reserve entry device and thyristor automatic reserve entry is considered. A comparative analysis of the corresponding devices was carried out. Performance, reliability, switching and external characteristics were used as criteria for comparative evaluation.

**Keywords:** automatic reserve entry, thyristor automatic reserve entry, speed, reliability, switching

**For citation:** Kozyreva A. E., Artushevskaya E. Yu. Sravnitel'nyj analiz primeneniya tiristorного avtomaticheskogo vvoda rezerva i avtomaticheskogo vvoda rezerva [Comparative analysis of thyristor automatic reserve entry and automatic

---

reserve entry]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 41–46), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Тиристорные устройства автоматического ввода резерва (ТАВР) предназначены для установки на двухводных промышленных подстанциях переменного тока напряжением 0,4–6–10 кил вольт. Они обеспечивают автоматическое переключение нагрузки на резервный ввод при исчезновении напряжения на основном вводе. ТАВР выполняют следующие функции: автоматическое включение при исчезновении напряжения на одном из вводов; автоматическое отключение выключателя неисправного ввода после включения секционного выключателя; автоматическую блокировку при возникновении аварийных режимов короткого замыкания (однофазных, двухфазных и трёхфазных) в нагрузке [1].

Устройство ТАВР состоит из двух частей: трёхфазного тиристорного коммутатора и модуля управления. Тиристорный коммутатор подключён непосредственно к секции сборных шин. С другой секцией сборных шин он подключён посредством кабельной перемычки. Для защиты тиристоров, силовых модулей коммутатора, от импульсных коммутационных перенапряжений, связанных с коммутацией вакуумных выключателей, в местах подключения коммутатора должны быть установлены ограничители перенапряжений. Для защиты кабельной перемычки на стороне другой секции сборных шин устанавливается дополнительный защитный выключатель [2].

Алгоритм работы ТАВР включает следующие действия: распознавание неисправного ввода за 0,02–0,04 секунды; отключение выключателя неисправного ввода сразу после определения его неисправности, до достижения уровня остаточного напряжения 0,4 вольт на неисправной секции сборных шин; последующее синхронное переключение электродвигателей неисправной секции

сборных шин на исправную секцию, с углом фазового рассогласования не более 20 электрических градусов; контроль и восстановление нормальной схемы электроснабжения после появления напряжения на отключенном вводе; блокировка работы штатного устройства автоматического ввода резерва (АВР) при работе ТАВР и автоматическое включение резерва при выводе ТАВР из работы; блокировка работы ТАВР при коротких замыканиях после вводных выключателей; контроль работы выключателей распределительного устройства, управляемых от ТАВР; выдача соответствующих команд в цепи телесигнализации.

ТАВР состоит из силового тиристорного модуля и модуля управления, и позволяет осуществить его установку с любыми типами распределительных устройств. На рисунке 1 в цифровом модуле предусмотрена возможность управления силовым модулем в автоматическом или ручном режиме.

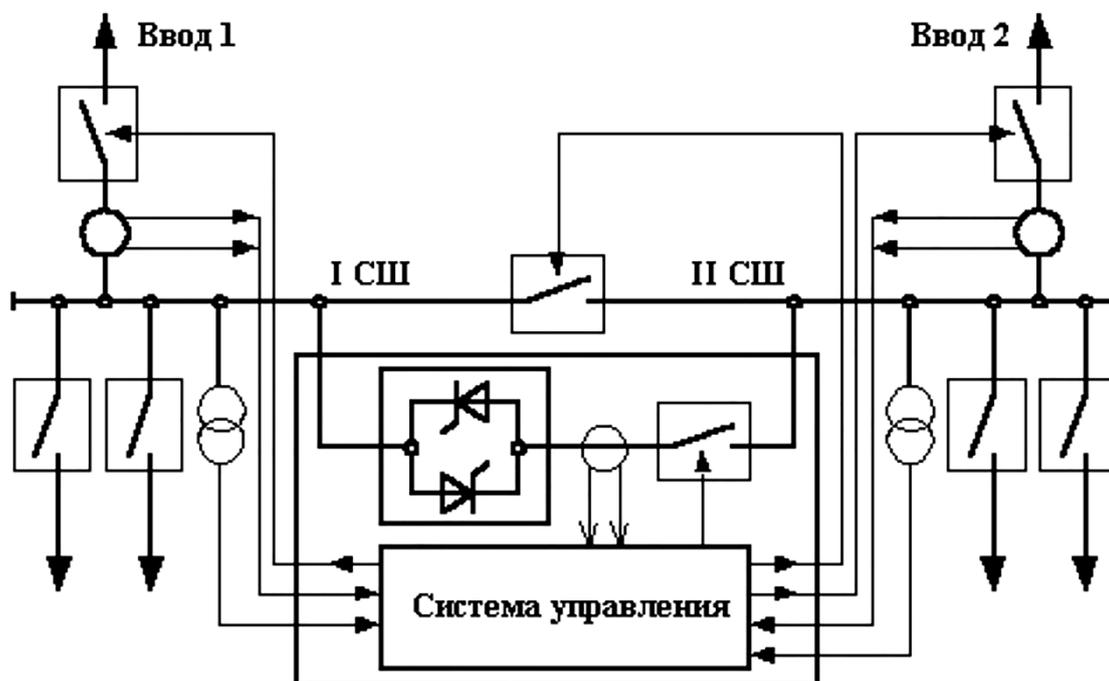


Рисунок 1 – Структурная схема ТАВР-6 кВ, ТАВР-10 кВ

При работе в автоматическом режиме, цифровой модуль управления АВР восстанавливает штатную схему подстанции при восстановлении питающего

---

напряжения на повреждённом ранее вводе. Вся информация о режимах работы ТВР сохраняется в памяти микроконтроллера цифрового модуля управления, текущая информация выводится на жидкокристаллическом табло.

Устройство автоматического ввода резерва (АВР) предназначено для бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии при отключении рабочего источника питания, путем подключения к резервной линии питания [3].

АВР необходимо для переключения нагрузки с общей сети на резервный генератор. Для этого установка управляет запуском и остановкой источника тока с помощью сигналов. Поскольку для выхода генератора на номинальную частоту требуется определенное время, АВР соблюдает выдержку между командами включения резервных источников и подключения нагрузок. После возобновления работы основной сети производится автоматическое восстановление электроснабжения потребителей и их переход с генератора на магистраль. При этом для проверки устойчивости питания также соблюдается выдержка. В случае подачи качественного напряжения поступает команда на останов генератора [4].

Конструкция устройства автоматического ввода резерва включает три составляющие:

1. Микроконтроллер, который отвечает за отслеживание ситуации с напряжением в основной сети, и при отсутствии электричества в главном источнике дает команду переключиться на резерв.

2. Силовая часть, которая включает в себя автоматы и контакторы, выполняющие переключение с одного источника на другой.

3. Релейный блок, отвечающий за управление генератором.

Устройство срабатывает при выполнении нескольких ключевых условий: отсутствие напряжения на входе с основного источника питания; на участке электросети, который защищает автомат, нет короткого замыкания; выключа-

тель ввода включён; в резервном источнике питания напряжение присутствует. АВР отключает вводной выключатель на обесточенном участке сети и включает межлинейный выключатель только при соблюдении всех условий [5].

Схемы переключения, входящие в АВР предусматривают следующие случаи: 1) общие основные и аварийные потребители – нормальное и аварийное питание подключается к одному и тому же потребителю; 2) отдельные основные и аварийные потребители – нормальное питание осуществляется помимо станции переключения, и аварийное питание подводится к резервным потребителям.

По роду тока нормального и аварийного питания щит АВР обеспечивает: нормальное и аварийное питание постоянным током; нормальное и аварийное питание переменным током (однофазное и трёхфазное с нулевым проводом); нормальное питание переменным током (однофазное и трёхфазное с нулевым проводом), а аварийное питание постоянным током.

Катушка пускателя КМ1 подключается через фазу L3 от первого ввода, через нормально замкнутый контакт КМ2. Таким образом, когда подается питание на ввод № 1, катушка первого пускателя замыкается, и вся нагрузка подключается к источнику напряжения № 1. Второй контактор при этом отключен, так как нормально замкнутый разъем КМ1, будет в этот момент разомкнут, и питание на катушку второго пускателя поступать не будет. При исчезновении напряжения на первом вводе, отпадает контактор-1 и включается контактор-2. Энергоснабжение у потребителя не прекращается (рис. 2).

Выделим несколько характеристик для сравнительного анализа двух устройств. По быстродействию, высокой надёжности электроснабжения, системе управления и удобному интерфейсу лидирует ТАВР. У АВР существуют преимущества по визуализации управления, возможности настроить параметры защиты по напряжению и возможности использовать для питания резервной линии генератор.

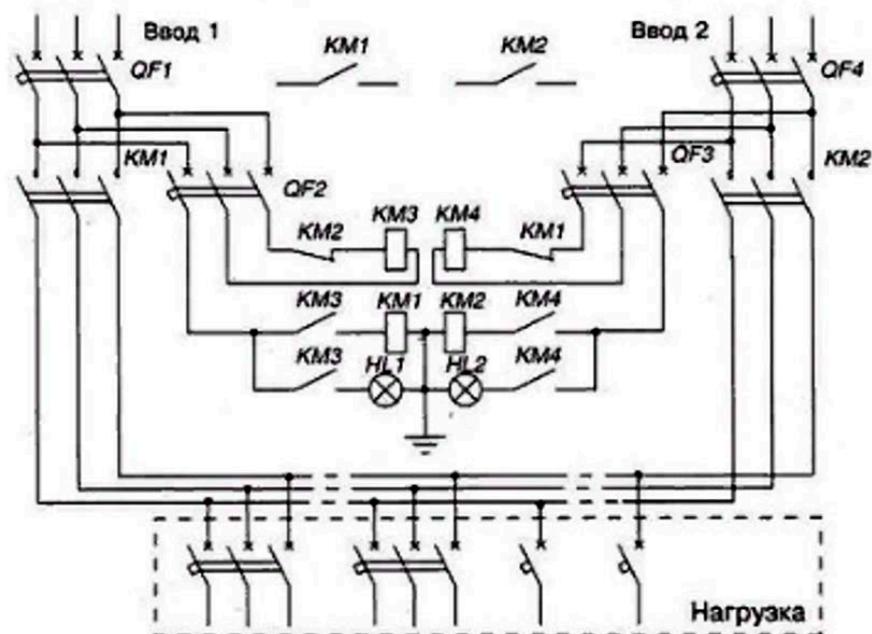


Рисунок 2 – Структурная схема АВР

Сравнительный анализ двух устройств автоматического ввода резерва выявил ряд преимуществ у ТАВР. Таким образом, можно заключить, что данное устройство является наиболее надёжным.

### Список источников

1. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию : учебное пособие. М. : Высшая школа, 2002. 255 с.
2. Гловацкий В. Г., Пономарев И. В. Современные средства релейной защиты и автоматики электросетей. М. : Энергомашин, 2004. 534 с.
3. Левченко М. Т., Хомяков М. Н. Автоматическое включение резерва. М. : Энергия, 1971. 43 с.
4. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учебник. М. : Издательский центр «Академия», 2013. 448 с.
5. Чернобровов Н. В. Семенов В. А. Релейная защита энергетических систем. М. : Энергоатомиздат, 1998. 800 с.

© Козырева А. Е., Артюшевская Е. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 620.91

### Оценка вольт-амперным методом эффективности солнечных батарей

**Зоя Федоровна Кривуца**<sup>1</sup>, доктор технических наук, доцент

**Наталья Федоровна Двойнова**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> Сахалинский государственный университет,

Сахалинская область, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>1</sup> [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru), <sup>2</sup> [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru)

**Аннотация.** Описан механизм возникновения фототока в солнечных панелях. Проведены исследования монокристаллических, поликристаллических и аморфных панелей вольт-амперным методом. Представленный метод позволяет оценить эффективность солнечных панелей по коэффициенту заполнения вольт-амперной характеристики.

**Ключевые слова:** солнечные панели, электрическая энергия, кремний, напряжение, сила тока

**Для цитирования:** Кривуца З. Ф., Двойнова Н. Ф. Оценка вольт-амперным методом эффективности солнечных батарей // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 47–52.

### Volt-ampere evaluation of solar panel efficiency

**Zoya F. Krivutsa**<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**Natalya F. Dvoynova**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2</sup> Sakhalin State University, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

<sup>1</sup> [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru), <sup>2</sup> [dnfsach@yandex.ru](mailto:dnfsach@yandex.ru)

**Abstract:** The mechanism of photocurrent in solar panels is described. Monocrystalline, polycrystalline and amorphous panels were investigated by the volt-ampere method. The presented method makes it possible to evaluate the efficiency of solar panels by the filling factor of the volt-ampere characteristic.

**Keywords:** solar panels, electrical energy, silicon, voltage, current

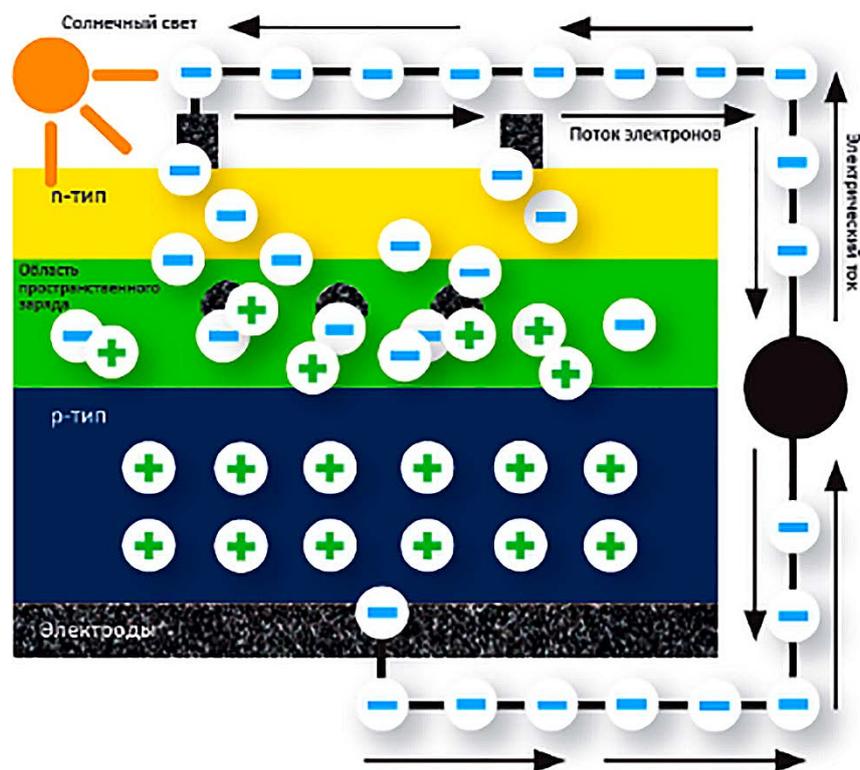
**For citation:** Krivutsa Z. F., Dvoynova N. F. Ocenka vol't-ampernym metodom effektivnosti solnechnyh batarej [Volt-ampere evaluation of solar panel efficiency].

---

Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vse-rossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 47–52), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Развитие ресурсного потенциала за счет использования альтернативных источников энергии позволяет повысить эффективность производства сельскохозяйственной продукции [1–5]. Солнечные панели являются электрическими компонентами, преобразующими энергию солнца в электрическую энергию. Большинство панелей сделаны из кремния – полупроводникового материала, получаемого из обычного песка. В отличие от диэлектрика, полупроводник является материалом, содержащим достаточное количество свободных электронов при температурах окружающего воздуха более 15 °С, что позволяет создавать электрический ток в разы меньше, чем ток, протекающий в проводнике. Использование полупроводниковой подложки позволяет изменять характеристики солнечных панелей, увеличивая их проводимость.

При производстве солнечной панели над слоем с нехваткой электронов создаётся слой с избытком электронов. Это приводит к образованию узкого переходного слоя со свободными электронами, занимающими дырки. В этой области (области пространственного заряда) нет ни дырок, ни свободных электронов по отдельности, то есть она является диэлектрической. При установке проводящих контактов в n-слой и p-слой ток не начнёт проходить через полупроводник из-за диэлектрического слоя, изолирующего их друг от друга. Солнечные лучи падают на поверхность солнечной панели и проникают через тонкий n-слой до достижения переходного слоя, где они могут выталкивать электроны, занимающие дырки. После вытеснения электронов их место занимают новые и, таким образом, через панель начинает течь ток, который можно использовать для питания двигателей, ламп или зарядки аккумуляторов (рис. 1).



**Рисунок 1 – Принципиальная схема солнечной панели**

Между различными панелями имеются отличия, обусловленные, в частности, структурой кристаллов. Различают монокристаллические, поликристаллические и аморфные панели. Несомненными плюсами монокристаллических панелей является их компактность и эффективность.

В основу монокристаллического модуля входит очищенный чистый кремний. Поверхность больше похожа на пчелиные соты или небольшие ячейки, которые соединяются между собой в единую структуру. Готовые маленькие пластинки соединяются сеткой из электродов. В данном случае процесс производства наиболее трудоемкий и энергетически затратный, что отражается на конечной стоимости солнечной батареи. Но монокристаллические элементы обладают лучшей производительностью. Их средний коэффициент полезного действия составляет от 22 до 25 %.

Поликристаллические панели производятся из кремния, имеющего поли-

---

кристаллическую структуру. Поликристаллы получаются в результате постепенного охлаждения расплавленного кремния. Поликристаллическая солнечная батарея имеет неоднородную поверхность, из-за чего хуже поглощает свет, и её коэффициент полезного действия соответственно ниже.

Называть аморфный кремний разновидностью кристаллического не совсем правильно. Его решётка показывает, что данное вещество – форма мелкодисперсного кремния, существующего в виде кристаллов. Аморфный фотоэлемент отличается чрезвычайно тонкой плёночной структурой. Главной его особенностью является то, что активный элемент на основе аморфного кремния, который имеет толщину от половины до одного микрометра (в отличие от обычных кремниевых элементов, толщина которых достигает до 300 микрометров) обеспечивает фотоэлементу гибкость. Гибкая подложка, применяемая для панели на аморфных фотоэлементах, позволяет монтировать такую солнечную панель на любую поверхность с углами и изгибами, скручивать и компактно упаковывать её. В отличие от поли- и монокристаллических модулей, аморфные панели не могут выработать большого количества энергии, и их эффективность самая низкая. Износостойкость тончайшей плёнки и срок службы тоже сравнительно невелики. Но и стоимость у них достаточно невысокая. При этом аморфные панели обладают ещё одним ценным преимуществом: они могут неплохо работать в условиях не только рассеянного, но и совсем слабого освещения. Характеристики модуля также зависят от схемы включения панелей. Высокая эффективность достигается путём соединения одинаковых солнечных ячеек.

Для определения эффективности использования солнечных панелей в Амурской области целесообразно экспериментально исследовать зависимость напряжения от силы тока путем построения вольт-амперных характеристик данных панелей.



Рисунок 2 – Определение вольт-амперных характеристик солнечных панелей на стенде «Солнечная энергетика»

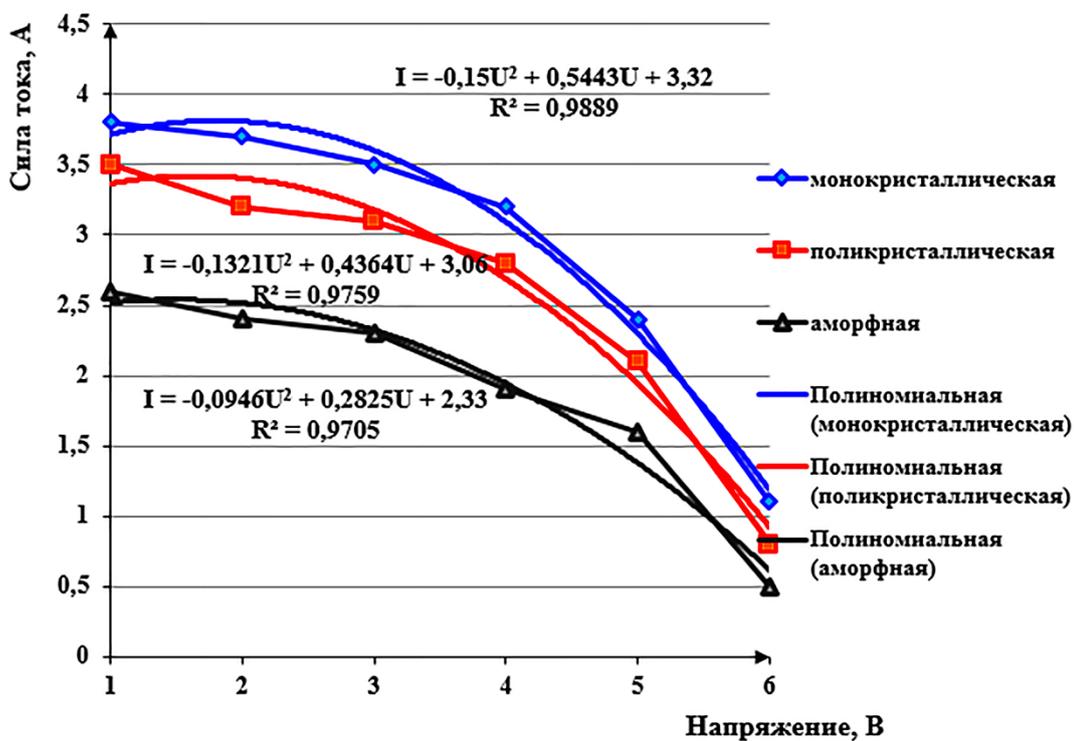


Рисунок 3 – Вольт-амперные характеристики солнечных панелей

Экспериментальные исследования по определению выходных параметров солнечных панелей проводились на стенде «Солнечная энергетика» фирмы InEnergy (рис. 2). Угол наклона панелей составлял 120 градусов, экспериментальные исследования осуществлялись 11 марта 2021 г. с 11 до 12 часов в г. Благовещенске. Исследовались монокристаллические, поликристаллические и аморфные панели.

Одним из основных показателей эффективности солнечных панелей является коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики, показывающий долю реальной мощности панели к расчётному значению. Проведенные исследования показали, что коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики наибольший у монокристаллических панелей. Наименьшим коэффициентом обладают аморфные солнечные панели.

#### **Список источников**

1. Кривуца З. Ф. Исследование топливной экономичности автомобилей в транспортно-технологическом обеспечении предприятий АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 107–110.
2. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Оптимизация работы транспортно-технологических средств // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 21–23.
3. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Энергетическая оценка технологического процесса перевозок бобовых культур // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 58–59.
4. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 11. С. 180–185.
5. Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Панова Е. В. Повышение производительности автопоездов с прицепными системами в транспортно-технологическом обеспечении АПК // Научное обозрение. 2014. № 7. С. 469–474.

© Кривуца З. Ф., Двойнова Н. Ф., 2021

Статья поступила в редакцию 26.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 26.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 51

**Расчёт потребления мощности  
для процесса смешивания кормов в шнековом смесителе**

**Людмила Геннадьевна Крючкова**, кандидат технических наук, доцент  
Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия, [lyudmila0511@mail.ru](mailto:lyudmila0511@mail.ru)

**Аннотация.** Установлено уравнение, описывающее общую задачу определения мощности смешивающего шнека и мешалки. Отдельно определены уравнения мощности шнека-смесителя и лопастной мешалки. Обосновано, что для вычисления суммарной мощности необходимо учитывать особенности конструкции и режимно-кинематических параметров дозирующе-выгрузного устройства, которые влияют на процесс работы кормораздаточных машин.

**Ключевые слова:** мощность привода, шнек-смеситель, шаг винта, смешивающее устройство, лопасть мешалки, скорость лопасти

**Для цитирования:** Крючкова Л. Г. Расчёт потребления мощности для процесса смешивания кормов в шнековом смесителе // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 53–56.

**Calculation of power consumption  
for the feed mixing process in a screw mixer**

**Lyudmila G. Kryuchkova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia  
[lyudmila0511@mail.ru](mailto:lyudmila0511@mail.ru)

**Abstract:** An equation describing the general problem of determining the power of the mixing screw and the agitator is established. Separately, the power equations of the screw mixer and the paddle agitator are determined. It is proved that in order to calculate the total power, it is necessary to take into account the design features and the mode-kinematic parameters of the dosing and unloading device, which affect the operation of feed dispensers.

**Keywords:** drive power, screw mixer, screw pitch, mixing device, agitator blade, blade speed

**For citation:** Kryuchkova L. G. Raschyot potrebleniya moshchnosti dlya processa smeshivaniya kormov v shnekovom smesitele [Calculation of power consumption for the feed mixing process in a screw mixer]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-*

*prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. (PP. 53–56), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).*

Используя известные методики, запишем формулу для определения мощности привода шнека-смесителя, показанного на рисунке 1, при изготовлении влажных и сухих кормовых смесей [1–3].

Искомую мощность можно записать как сумму мощностей шнека и лопастной мешалки в виде выражения (1):

$$N_{\text{см}} = N_{\text{смш}} + N_{\text{м}} \quad (1)$$

где  $N_{\text{см}}$  – общая мощность смешивающего устройства, кВт;

$N_{\text{смш}}$  – мощность смешивающего шнека, кВт;

$N_{\text{м}}$  – мощность мешалки, кВт.

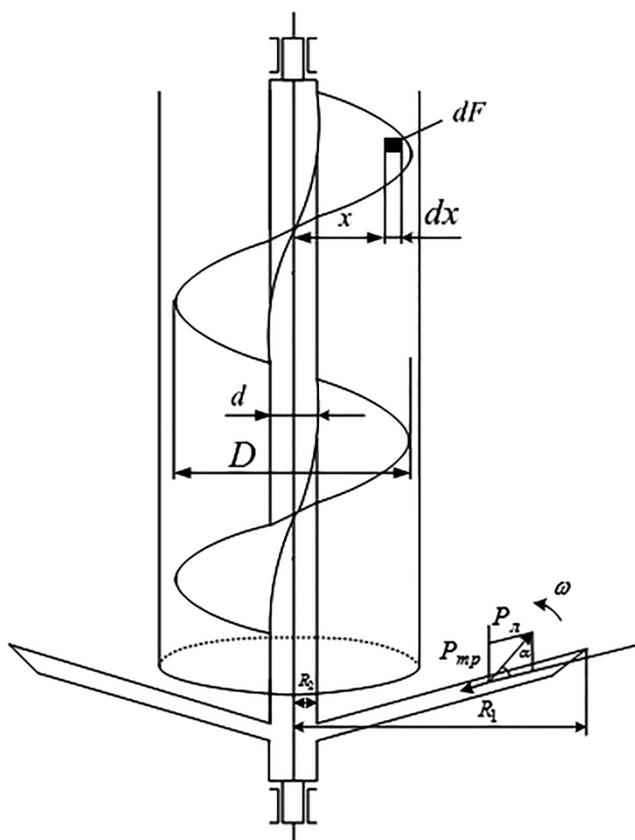


Рисунок 1 – Схема к определению мощности на привод шнека-смесителя

Представим мощность шнека-смесителя в виде аналитического выражения (2):

$$N_{\text{смш}} = 0,01 \cdot Q_{\text{см}} \cdot L_3 = \frac{0,01\pi \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot s_1 \cdot n_{\text{см}} \cdot \rho \cdot \varphi_{\text{н}} \cdot L_3}{4} \quad (2)$$

где  $Q_{\text{см}}$  – подача шнека, кг/с;

$D_1$  и  $d_1$  – диаметры шнека и вала шнека, м;

$s_1$  – шаг винта, м;

$n_{\text{см}}$  – частота вращения шнека ( $\frac{\omega_1}{2\pi}$ ), с<sup>-1</sup>;

$\varphi_{\text{н}}$  – коэффициент заполнения шнека.

Коэффициент заполнения шнека принимается равным для горизонтальных шнеков в пределах от 0,3 до 0,4; для вертикальных шнеков – от 0,7 до 0,8.

Используя приведенные зависимости, приходим к выводу, что мощность привода шнека-смесителя можно вычислить по формуле (3):

$$N_{\text{см}} = \frac{0,01 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot s_1 \cdot \omega_1 \cdot \rho \cdot \varphi_{\text{н}} \cdot L_3}{8} \quad (3)$$

Тогда аналитическое выражение для вычисления мощности лопастной мешалки (4) выглядит следующим образом:

$$N_{\text{м}} = P \cdot \vartheta \cdot z_1 \cdot \frac{\gamma_2}{2\pi} = (P_{\text{л}} + P_{\text{тр}}) \cdot \vartheta \cdot z_1 \cdot \frac{\gamma_2}{2\pi}, \quad (4)$$

$$P_{\text{л}} = k_{\text{с}} \cdot \rho \cdot \frac{\vartheta_{\text{л}}^2}{2} \cdot F_{\text{л}}, \quad (5)$$

$$P_{\text{тр}} = f \cdot P_{\text{л}} \cdot \cos \alpha_2, \quad (6)$$

$$N_{\text{м}} = k_{\text{с}} \cdot \rho \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \cdot F_{\text{л}} \cdot (1 + f \cdot \cos \alpha_2) \cdot \vartheta \cdot z_1 \cdot \frac{\gamma_2}{2\pi}, \quad (7)$$

$$\vartheta_{\text{л}} = \omega_2 \cdot R_{\text{ср}} = \omega_2 \cdot \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (8)$$

где  $P$  – общее усилие на лопасть мешалки, Н;

$z_1$  – число лопастей мешалки;

$\gamma_2$  – угол наполнения смесителя по среднему радиусу лопасти;

$P_{\text{л}}$  – усилие сопротивления движению на лопасть мешалки, Н;

$P_{\text{тр}}$  – усилие от трения корма о лопасть мешалки, Н;

$k_{\text{с}}$  – коэффициент сопротивления;

$\vartheta_{\text{л}}$  – скорость лопасти по среднему радиусу, м/с;  
 $F_{\text{л}}$  – площадь сечения лопасти, перпендикулярной направлению движения, мм<sup>2</sup>;  
 $\alpha_2$  – угол наклона лопасти к продольной оси смесителя;  
 $\omega_2$  – угловая скорость шнека, с<sup>-1</sup>.

Значения коэффициента сопротивления принимают равным 2,5.

Полученные зависимости (4)–(8) позволяют записать аналитическое выражение для вычисления общей мощности (9):

$$N_{\text{см}} = \frac{0,01 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot s_1 \cdot \omega_1 \cdot \rho \cdot \varphi_{\text{н}} \cdot L_3}{8} + k_{\text{с}} \cdot \rho \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \cdot F_{\text{л}} \cdot (1 + f \cdot \cos \alpha_2) \cdot \vartheta \cdot z_1 \cdot \frac{\gamma_2}{2\pi} \quad (9)$$

Таким образом, полученное уравнение позволяет решить задачу определения мощности смешивающего шнека и мешалки, при вычислении которой, необходимо учитывать закономерности её изменения в конкретных условиях: особенности конструкции и режимно-кинематических параметров дозирующе-выгрузного устройства.

### Список источников

1. Боярский Л. Г. Производство и использование кормов. М. : Росагропромиздат, 1988. 222 с.
2. Завражков А. И., Николаев Д. И. Механизация приготовления и хранения кормов. М. : Агропромиздат, 1990. 336 с.
3. Справочник по кормлению сельскохозяйственных животных / А. М. Венедиктов, П. И. Викторов, А. П. Калашников [и др.]. М. : Россельхозиздат, 1983. 303 с.

© Крючкова Л. Г., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 681.5

### Современные автоматические системы управления освещением

**Виктор Юрьевич Лесик**, студент

Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия, [Strull338@gmail.com](mailto:Strull338@gmail.com)

**Аннотация.** Рассмотрены современные автоматические системы управления освещением, базирующиеся на протоколе DALI. Проведён анализ широкоэмиттерного и адресного типов управления протоколом. Выделены достоинства и недостатки систем.

**Ключевые слова:** освещение, системы управления, протокол DALI, широкоэмиттерный тип управления, адресный тип управления

**Для цитирования:** Лесик В. Ю. Современные автоматические системы управления освещением // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 57–62.

### Modern automatic lighting control systems

**Viktor Yu. Lesik**, student

<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia  
[Strull338@gmail.com](mailto:Strull338@gmail.com)

**Abstract:** Modern automatic lighting control systems based on the DALI protocol are considered. The analysis of broadcast and address types of protocol control is carried out. The advantages and disadvantages of the systems are highlighted.

**Keywords:** lighting, control systems, DALI protocol, broadcast control type, address control type

**For citation:** Lesik V. Yu. Sovremennye avtomaticheskie sistemy upravleniya osveshcheniem [Modern automatic lighting control systems]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 57–62), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

В современной промышленности потребление электрической энергии в Единой энергетической системе в 2021 г. составило около 93 млрд. кВт·ч. Промышленные предприятия разрабатывают мероприятия по снижению расхода

---

электроэнергии. Одним из них является оптимизированная работа осветительных установок, за счет внедрения системы автоматизированного управления освещением [1]. Российскими компаниями-интеграторами систем автоматизированного управления технологическими процессами разработаны два способа управления осветительной нагрузкой: полное или точечное отключение осветительных установок и регулирование мощностью осветительных установок.

Проведём обзор современных автоматизированных систем управления освещением на основе протокола DALI, являющегося специализированным цифровым протоколом стандарта IEC 62386 для управления освещением.

Цифровой протокол DALI на физическом (полевом уровне) состоит из двухпроводной шины (кабель сечением до 1,5 мм<sup>2</sup>). Напряжение в цепи составляет 16 вольт. Данный уровень позволяет конфигурировать точность цифрового сигнала, который не искажается на расстоянии. Все устройства получают одинаковый код и в пять метров, и в 100 метров от источника сигнала. Соблюдение полярности не требуется. В одном сегменте шины располагается максимум 64 устройства, которые можно подключать параллельно в любом порядке: шлейф, «звезда», ветви (кроме кольца). Количество сегментов можно расширять без ограничений с помощью IP-контроллеров [2].

Различают два типа управления цифровым протоколом DALI.

При широковещательном типе управления, светильники имеют адрес, но устройства управления их не различают, сообщая всем одну команду. Данное световое оборудование объединено в одну шину. Все светильники в шине работают одинаково. Достоинством данного типа управления является недорогое и простое технологическое решение для локальных задач. Недостатки состоят в том, что устройства работают по одной команде, и это не позволяет создавать определенные логические алгоритмы управления освещением (рис. 1).



**Рисунок 1 – Широковещательный тип управления протоколом DALI**

При использовании адресного типа управления, контроллер знает адреса всех светильников, сообщая каждому отдельную команду. Светильники в шине работают независимо или объединены в группы. В данном типе управления задаётся ручной и автоматический ввод информации. При автоматическом вводе создаётся логический код программы на платформе *ambiot*, где дискретным сигналом служит *EBDSPiR DNET* – комбинированный датчик движения. К каждому дискретному сигналу создаётся макрос управления на языке *LAD* (релейной логики). С помощью цифрового протокола *Master* сети опрашивает осветительные устройства и организует обратную связь, что позволяет управлять отдельным устройством, обеспечивая обмен данными между удаленным или локальным сервером и компонентами сети *DALI*.

Датчик или настенная клавишная сенсорная панель являются лишь частью системы. Они передают команды в контроллеры, которые управляют светильниками с учётом программы. Настройка производится через персональный компьютер с указанием адресов светильников, их группы, зон помещений

управления. Сервер хранит сценарии поведения, расписания и специальные условия работы светильников, в зависимости от условий освещенности, наличия движения, времени суток, скорости затухания и др. (рис. 2).



**Рисунок 2 – Адресный тип управления протоколом DALI**

Достоинство адресного типа управления заключается в том, что выполняется опрос каждого устройства и его гибкая настройка (от нуля до ста процентов освещённости). Отображение статуса устройств ведётся в реальном времени. Производится разграничение в правах доступа разным пользователям (рис. 3) [2].

Недостатки такой системы состоят в следующем:

- 1) низкая скорость передачи данных, что не позволяет интегрировать код программы в другие системы;
- 2) невозможность управления любыми другими системами, кроме системы освещения;
- 3) ограниченный выбор интерфейсов пользователя.



**Рисунок 3 – Функции автоматической системы управления освещением DALI**

Адресный тип управления достаточно дорогой, работает только с определёнными световыми устройствами, не поддерживает аналоги, что приводит к определённым затратам при эксплуатации и замене.

Если необходимо управлять объектом с большой концентрацией исполнительных устройств, при условии возможности реализации разных сценариев освещения, протокол DALI просто необходим [2]. В тоже время, если к одному контроллеру подключены один – два светильника, режим работы которых, к тому же, не должен отличаться, целесообразно использование протокола 0–10В. Протокол 0–10В применяется, например, для управления лампами уличного освещения, где на одну лампу приходится, как правило, один контроллер, и оборудование DALI там явно избыточно.

Поэтому, при проектировании системы освещения необходимо оценивать плюсы и минусы применения каждого из протоколов и выбирать наиболее подходящий по возможностям, удобству и цене. Можно применить решения объединив DALI, например, с KNX, используя специальные шлюзы, которые выпускаются всеми крупными производителями KNX оборудования [2].

Данные решения позволяют интегрировать любые комбинации вариантов

---

управления, отличаются простотой в использовании, имеют интуитивно понятный интерфейс панели управления с возможностью индивидуальной настройки для различных областей применения с помощью онлайн-инструментов [4].

### **Список источников**

1. Семенов Б. Ю. Экономичное освещение для всех. М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2010. 224 с.
2. Световые технологии : сайт. URL: <https://www.LTcompany.com> (дата обращения: 05.11.2021).
3. Schneider Electric : сайт. URL: <https://www.schneider-electric.ru> (дата обращения: 06.11.2021).
4. Siemens : сайт. URL: <https://www.siemens.com/ru/ru/home> (дата обращения: 06.11.2021).

© Лесик В. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

УДК 681.5

### Микроконтроллер как основа для автоматической системы освещения

Виктор Юрьевич Лесик<sup>1</sup>, студент

Людмила Николаевна Горбунова<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [Strull338@gmail.com](mailto:Strull338@gmail.com), <sup>2</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос повышения энергетической эффективности освещения с использованием микроконтроллерного управления. Обоснована функциональная схема системы освещения. Предлагаемая система позволит более рационально использовать световой поток светодиодных светильников в помещении.

**Ключевые слова:** освещение, микроконтроллер, функциональная схема освещения, световой поток, световой коэффициент полезного действия

**Для цитирования:** Лесик В. Ю., Горбунова Л. Н. Микроконтроллер как основа для автоматической системы освещения // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 63–66.

### Microcontroller as the basis for an automatic lighting system

Viktor Yu. Lesik<sup>1</sup>, student

Lyudmila N. Gorbunova<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [Strull338@gmail.com](mailto:Strull338@gmail.com), <sup>2</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru)

**Abstract:** The issue of increasing the energy efficiency of lighting using microcontroller control is considered. The functional scheme of the lighting system is substantiated. The proposed system will allow a more rational use of the luminous flux of LED lamps in the room.

**Keywords:** lighting, microcontroller, functional lighting scheme, luminous flux, luminous efficiency

**For citation:** Lesik V. Yu., Gorbunova L. N. Mikrokontroller kak osnova dlya avtomaticheskoy sistemy osveshcheniya [Microcontroller as the basis for an automatic lighting system]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 63–66), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

---

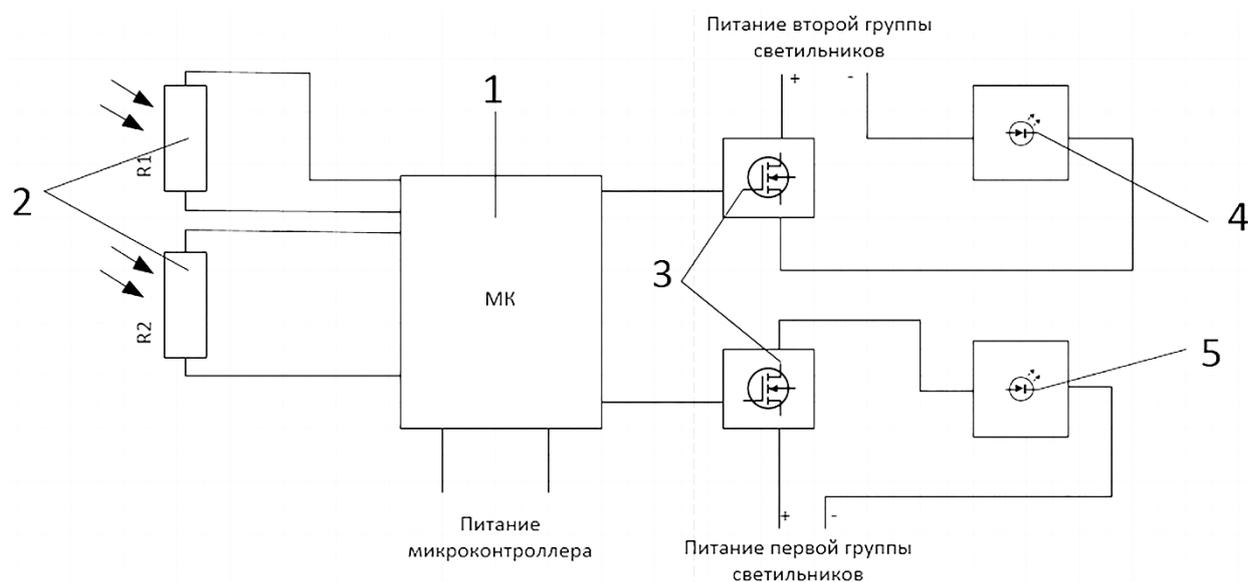
Освещение является необходимым условием человеческой жизнедеятельности и высокой производительности труда. Доказано, что оно имеет тонизирующее действие, улучшает работу основных процессов высшей нервной деятельности, стимулирует обменные и иммунобиологические процессы, влияет на формирование суточного ритма физиологических функций человека [3]. Однако, использование электроосвещения ведет к расходу электроэнергии, а её неэффективное использование ведёт к истощению энергетических ресурсов.

Неэффективным использованием электроэнергии можно назвать использование источников света с низким световым коэффициентом полезного действия (КПД) и светоотдачей, в то время как существуют наиболее эффективные источники света, которые обладают более высокими световым КПД и светоотдачей, а также большим сроком службы. В этой связи, необходимо использование компактных люминесцентных ламп, которые обладают светоотдачей около 80 люменов на ватт, сроком службы около десяти тысяч часов и световым КПД порядка 70 % [2] на смену лампам общего назначения, которые имеют светоотдачу около 30 люменов на ватт, срок службы порядка одной тысячи часов и световой КПД порядка 5 % [4].

Однако, наиболее эффективным способом энергосбережения является модернизация системы освещения с внедрением автоматического управления. Автоматическое управление системы освещения заключается в регулировании светового потока источника оптического излучения (либо светильника в целом), в зависимости от уровня освещённости в контролируемой зоне, в частности с помощью микроконтроллера.

Для этого необходимо измерять в режиме реального времени освещённость, передавать информацию в микроконтроллер, который должен регулировать световой поток источника света. В случае использования в качестве ис-

точника света светодиода, наилучшим регулированием светового потока будет использование широтно-импульсной модуляции. На рисунке 1 нами представлена функциональная схема системы освещения.



**Рисунок 1 – Функциональная схема автоматической системы освещения**

Микроконтроллер (1) получает аналоговый сигнал с датчиков освещённости или фоторезисторов (2) об уровне освещённости в данный момент. Использование нескольких датчиков обусловлено исключением ошибочной регуляции и необходимостью достоверных показаний об уровне освещённости с разных точек контролируемой зоны освещения. Согласно заложенной в микроконтроллер программы, скважность сигнала будет изменяться на затворах полевых транзисторов (3) пропорционально изменению освещённости.

Необходимо разделить общее количество светильников в помещении на две группы, если есть естественный источник света. Так как в области, ближе расположенной к источнику естественного света, будет большая освещённость, то и регулирование светового потока предполагается другое, то есть световой поток должен быть «ниже», чем у отдалённых от естественного источника света светильников. Этим обусловлено использование нескольких групп светильников (4, 5).

---

Предлагаемая автоматическая система освещения позволяет более рационально использовать световой поток светодиодных светильников в помещении. Однако её практическое применение требует доработки, для точного выявления зависимости сопротивления фоторезистора от освещённости в одной плоскости, определении влияющих факторов и написании программы (алгоритма) для микроконтроллера.

### **Список источников**

1. Иткинсон Г. В. Состояние и перспективы разработки и производства светодиодов в России // Светотехника. 2007. № 6. С. 26–29.
2. Наумов А. А., Садыков М. Ф. Некоторые аспекты энергосбережения в осветительной технике // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. № 5 (19). С. 109–118.
3. Писаненко С. Искусственное освещение // Петровка, 38. URL: <https://petrovka-38.com/arkhiv/item/iskusstvennoe-osveshchenie> (дата обращения: 15.10.2020).
4. Рахматова М. У., Низомаддинов И. М. Энергосберегающие технологии и способы энергосбережения // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 212–214.

© Лесик В. Ю., Горбунова Л. Н., 2021

Статья поступила в редакцию 18.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 18.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

УДК 620.9

**Расчёт влияния теплопроводности стенки  
биогазового реактора на величину мощности  
дополнительных источников теплоты для подогрева сырья**

**Александр Михайлович Лукьянченко**, студент  
Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина,  
Белгородская область, Белгород, Россия, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Аннотация.** Приведены расчёты по оценке влияния теплопроводности стенки цилиндрического биогазового реактора на выбор мощности дополнительных источников теплоты. Обосновано практическое значение результатов расчётов для обеспечения температурных режимов при переработке органического субстрата в биогаз.

**Ключевые слова:** биогазовый реактор, мощность, источники теплоты, температурное поле, теплофизические характеристики, теплопроводность, теплоизоляционные материалы

**Для цитирования:** Лукьянченко А. М. Расчёт влияния теплопроводности стенки биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 67–70.

**Calculation of the effect of the thermal conductivity of the biogas reactor wall on the power of additional heat sources for heating raw materials**

**Alexander M. Lukyanchenko**, student  
Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin,  
Belgorod region, Belgorod, Russia, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Abstract:** Calculations are given to assess the influence of the thermal conductivity of the wall of a cylindrical biogas reactor on the choice of power of additional heat sources. The practical significance of the calculation results for ensuring temperature conditions during the processing of organic substrate into biogas is substantiated.

**Keywords:** biogas reactor, power, heat sources, temperature field, thermophysical characteristics, thermal conductivity, thermal insulation materials

**For citation:** Lukyanchenko A. M. Raschyot vliyaniya teploprovodnosti stenki biogazovogo reaktora na velichinu moshchnosti dopolnitel'nyh istochnikov teploty dlya podogreva syr'ya [Calculation of the effect of the thermal conductivity of the biogas reactor on the power of additional heat sources for heating raw materials].

---

Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vse-rossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 67–70), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Особенностью переработки органических отходов в биогазовых установках является комплексная переработка органических отходов с получением органических удобрений и альтернативного источника энергии (биогаза). Таким образом, реализация данных технологий позволяет провести утилизацию отходов и обеспечить получение ценных продуктов. На практике для переработки органического сырья используются различные конструкции биогазовых реакторов в зависимости от применяемых технологий переработки [1, 4–7]. Обеспечение высокой эффективности производства переработки органических отходов в биогаз напрямую связано с соблюдением температурных режимов и режимов перемешивания сырья.

Температурные режимы при сбраживании могут поддерживаться за счет теплоты, выделяющейся в результате химических реакций. Однако, если этого количества теплоты недостаточно, то используется дополнительный подвод (дополнительные источники теплоты).

Нами проведены расчёты по оценке влияния теплоизоляционных свойств стенки биогазового реактора на выбор мощности дополнительных источников теплоты. В расчётах использованы результаты общего решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [8, 9].

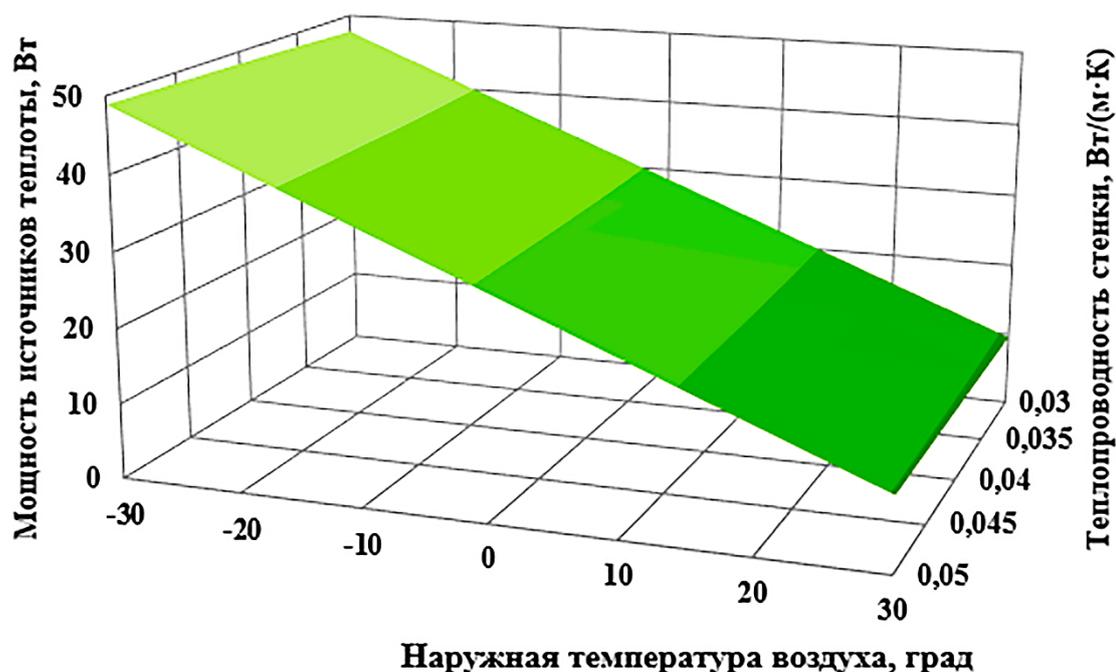
Физическая и математическая модель биогазового реактора представлялась в форме сплошного цилиндра радиусом  $R_1$  (рабочий объём реактора) и высотой  $H$ , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной  $\Delta$  и наружным радиусом конструкции  $R_2 = R_1 + \Delta$ .

При этом допускалось, что источники теплоты распределены по объёму

реактора равномерно. Также учитывалась температура внешней среды и условия теплообмена на внешней поверхности реактора.

Расчеты проводились для разницы значений температурного поля между центром биогазового реактора  $T_1(0)$  и у внутренней стенки реактора  $T_1(R)$ :  $\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R)$ . При этом учитывалось влияние температуры внешней среды и теплопроводности стенки биогазового реактора на величину удельной мощности внутренних источников теплоты.

На рисунке 1 представлена расчётная поверхность мощности источников теплоты при изменении коэффициента теплопроводности стенки  $\lambda_2$  и наружной температуры воздуха  $T_c$ .



**Рисунок 1 – Расчетные значения величины дополнительных источников теплоты в зависимости от наружной температуры воздуха  $T_c$  коэффициента теплопроводности стенки  $\lambda_2$**

На основе проведённых расчётов можно заключить, что в исследуемом диапазоне изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции стенки ( $\lambda_2$ ) от 0,03 Вт/(м·К) до 0,05 Вт/(м·К), для выбора мощности дополнительных

источников теплоты, определяющей является наружная температура среды вне реактора ( $T_c$ ), что необходимо учитывать при сооружении биогазового реактора в конкретной местности.

### Список источников

1. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 20–22.
2. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю., Ульяновцев Ю. Н. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 30–36.
3. Вендин С. В., Ульяновцев Ю. Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 30–36.
4. Метановая ферментация куриного помета при пониженной концентрации ингибиторов / А. И. Салюк, С. А. Жадан, Е. Б. Шаповалов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. 2017. № 4 (6). С. 89–98.
5. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода / Н. Б. Голуб, М. В. Потапова, М. В. Шинкарчук [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. 2018. № 25 (30). С. 51–59.
6. Садчиков А. В. Повышение качества метана, используемого для синтеза водорода // Альтернативная энергетика и экология. 2017. № 10 (12). С. 45–54.
7. Садчиков А. В., Кокарев Н. Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках // Фундаментальные исследования. 2016. № 1 (2). С. 90–93.
8. Vendin S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 1993. Vol. 2 (65). P. 823–825.
9. Vendin S. V. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Vol. 18 (11). P. 12253–12258.

© Лукьянченко А. М., 2021

Статья поступила в редакцию 24.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 24.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

УДК 536.24

**Расчёт влияния размеров цилиндрического  
биогазового реактора на величину  
мощности дополнительных источников теплоты**

**Николай Петрович Матрошилов**, студент

Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина,  
Белгородская область, Белгород, Россия, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Аннотация.** Приведены расчёты по оценке величины мощности дополнительных источников теплоты для подогрева сырья от размеров цилиндрического биогазового реактора. Показано существенное влияние высоты реактора и допустимого перепада температур на величину мощности дополнительных источников теплоты в реакторе. Обосновано, что сооружение очень высоких зданий для сбраживания субстрата потребует дополнительных энергетических затрат для поддержания температурных режимов внутри реактора.

**Ключевые слова:** биогазовый реактор, источники теплоты, температурное поле, мощность

**Для цитирования:** Матрошилов Н. П. Расчёт влияния размеров цилиндрического биогазового реактора на величину мощности дополнительных источников теплоты // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 71–75.

**Calculation of the effect of the size of a cylindrical  
biogas reactor on the power of additional heat sources**

**Nikolai P. Matroshilov**, student

Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin,  
Belgorod region, Belgorod, Russia, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

**Abstract:** Calculations are given to estimate the power of additional heat sources for heating raw materials from the size of a cylindrical biogas reactor. The significant influence of the reactor height and the permissible temperature difference on the power of additional heat sources in the reactor is shown. It is proved that the construction of very high buildings for the fermentation of the substrate will require additional energy costs to maintain temperature conditions inside the reactor.

**Keywords:** biogas reactor, heat sources, temperature field, power

**For citation:** Matroshilov N. P. Raschyot vliyaniya razmerov cilindricheskogo biogazovogo reaktora na velichinu moshchnosti dopolnitel'nyh istochnikov teploty [Calculation of the effect of the size of a cylindrical biogas reactor on the power of

---

additional heat sources]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 71–75), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Для сельского хозяйства актуальной проблемой является комплексная переработка органических отходов. Реализация данных технологий позволяет провести утилизацию отходов и обеспечить получение ценных продуктов. На практике для переработки органического сырья используются различные конструкции биогазовых реакторов в зависимости от применяемых технологий переработки [1, 4, 5].

Необходимо отметить, что, несмотря на многочисленные положительные результаты исследований в этом направлении, имеется целый ряд нерешённых задач технического и технологического характера. Это особенности перерабатываемого сырья, технологий и методов подготовки сырья к сбраживанию, а также правильный выбор бактерий с учётом температур их нормального развития. Также важное значение имеют правильный выбор конструкции биогазового реактора и учёт условий внешней окружающей среды.

Непосредственно при сбраживании большую роль играют режимы перемешивания сырья, отвода биогаза и удаления отработанной фракции сырья. Все эти нюансы технологии должны обеспечиваться системами контроля параметров и управления работой исполнительных механизмов.

Наличие химически-активной среды накладывает определенные требования к используемым конструкционным материалам. Необходимо учитывать, что получаемый биогаз для дальнейшей переработки требует дополнительной очистки, что влечёт за собой применение специальных фильтров. Требуется дальнейшая переработка и твердая фракция после сбраживания.

Однако, достоверно можно утверждать, что обеспечение высокой эффективности производства переработки органических отходов в биогаз напрямую

связано с соблюдением температурных режимов и режимов перемешивания сырья.

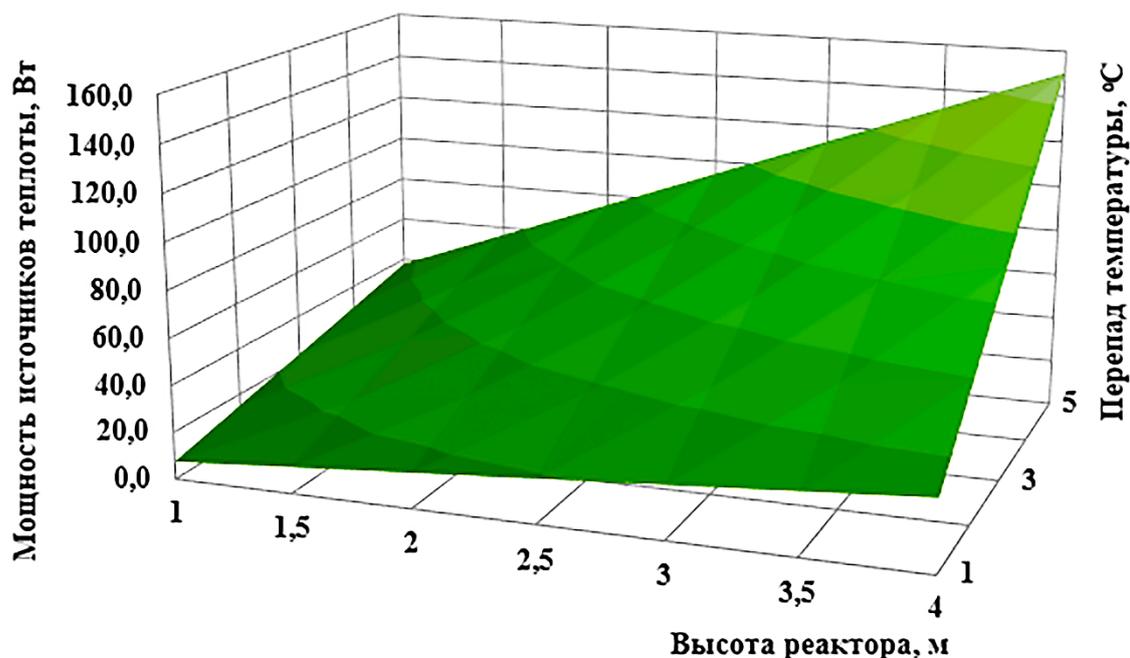
Температурные режимы при сбраживании могут поддерживаться за счёт теплоты, выделяющейся в результате химических реакций. Однако, если этого количества теплоты недостаточно, то используется дополнительный подвод (дополнительные источники теплоты). Величина мощности дополнительных источников теплоты, необходимых для поддержания режимов сбраживания, зависит от многих факторов. В первую очередь, учитываются теплофизические свойства сбраживаемого сырья (субстрата), а также размеры биогазового реактора, толщина и свойства стенок конструкции, а также условия внешней окружающей среды. Известно, что большие по объёму сооружения требуют больше затрат энергии при сохранении тепла. Поэтому, представляет интерес влияние высоты биогазового реактора на величину дополнительных источников теплоты.

Нами проведены расчёты по оценке влияния высоты биогазового реактора на выбор мощности дополнительных источников теплоты. В расчётах использованы результаты общего решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [2, 3, 6].

Физическая модель биогазового реактора представлялась в форме сплошного цилиндра радиусом  $R_1$  (рабочий объём реактора) и высотой  $H$ , окружённого цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной  $\Delta$  и наружным радиусом конструкции:  $R_2 = R_1 + \Delta$ . При этом допускалось, что источники теплоты распределены по объёму реактора равномерно, а также учитывалась температура внешней среды и условия теплообмена на внешней поверхности реактора.

Расчёты проводились для разницы значений температурного поля между центром биогазового реактора  $T_1(0)$  и у внутренней стенки реактора  $T_1(R)$ :

$\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R)$ . На рисунке 1 представлена расчётная поверхность мощности источника теплоты в зависимости от высоты реактора  $H$  при различных значениях  $\Delta T_1$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) для биомассы с теплопроводностью  $\lambda_1$ , равной  $0,6 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .



**Рисунок 1 – Расчетные значения величины дополнительных (сторонних) источников теплоты в зависимости от высоты реактора  $H$  при различных значениях  $\Delta T_1$**

На основе проведённых расчетов можно заключить, что влияние высоты реактора и допустимого перепада температур на величину мощности дополнительных источников теплоты в реакторе существенно. При этом допустимый перепад температур наиболее сильно проявляется с увеличением высоты реактора. Отсюда следует, что сооружение очень высоких зданий для сбраживания субстрата потребует дополнительных энергетических затрат для поддержания температурных режимов внутри реактора.

**Список источников**

1. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании // *Сельский механизатор*. 2016. № 7. С. 20–22.
2. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю., Ульяновцев Ю. Н. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2020. № 2 (26). С. 30–36.
3. Вендин С. В., Ульяновцев Ю. Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. № 4 (24). С. 30–36.
4. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода / Н. Б. Голуб, М. В. Потапова, М. В. Шинкарчук [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 25 (30). С. 51–59.
5. Получение газообразных продуктов при пиролизе биомассы водорослей / Н. И. Чернова, С. В. Киселева, О. М. Ларина [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 31 (36). С. 23–34.
6. Vendin S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 1993. Vol. 2 (65). P. 823–825.

© Матрошилов Н. П., 2021

Статья поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

УДК 631.53

### Анализ физических методов предпосевной обработки семян

Анна Евгеньевна Матусевич<sup>1</sup>, студент

Артём Александрович Ланин<sup>2</sup>, студент

Артём Александрович Бормотов<sup>3</sup>, студент

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru), <sup>2</sup> [lanin2345@gmail.ru](mailto:lanin2345@gmail.ru), <sup>3</sup> [artem09200096@gmail.ru](mailto:artem09200096@gmail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены основные физические методы, используемые для обработки семян перед посевом и способствующие развитию посевных качеств семян. Выделены положительные и отрицательные стороны каждого метода. Сделан вывод, что среди существующих методов обработки, наиболее эффективными для Амурской области, являются ультразвуковая обработка семян и электрофизические методы.

**Ключевые слова:** посевные качества семян, предпосевная обработка, физические методы, ультразвуковая обработка, электрофизические методы

**Для цитирования:** Матусевич А. Е., Ланин А. А., Бормотов А. А. Анализ физических методов предпосевной обработки семян // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 76–82.

### Analysis of physical methods of pre-sowing seed treatment

Anna E. Matusevich<sup>1</sup>, student

Artem A. Lanin<sup>2</sup>, student

Artem A. Bormotov<sup>3</sup>, student

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru), <sup>2</sup> [lanin2345@gmail.ru](mailto:lanin2345@gmail.ru), <sup>3</sup> [artem09200096@gmail.ru](mailto:artem09200096@gmail.ru)

**Abstract:** The main physical methods used for seed treatment before sowing and contributing to the development of seed sowing qualities are considered. The positive and negative sides of each method are highlighted. It is concluded that among the existing processing methods, the most effective for the Amur region are ultrasonic seed treatment and electrophysical methods.

**Keywords:** sowing qualities of seeds, pre-sowing treatment, physical methods, ultrasonic treatment, electrophysical methods

**For citation:** Matusevich A. E., Lanin A. A., Bormotov A. A. Analiz fizicheskikh metodov predposevnoy obrabotki semyan [Analysis of physical methods of

pre-sowing seed treatment]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 76–82), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Целью исследования является изучение и анализ физических методов предпосевной обработки семян, выявление преимуществ и недостатков воздействия данных методов на посевной материал, а также выбор наиболее приемлемых методов в условиях Амурской области.

На рисунке 1 представлены различные способы стимулирования посевных свойств семян (всхожесть, качество, энергия роста), на основе применения способов химической, физической и биологической предпосевной обработки [5].

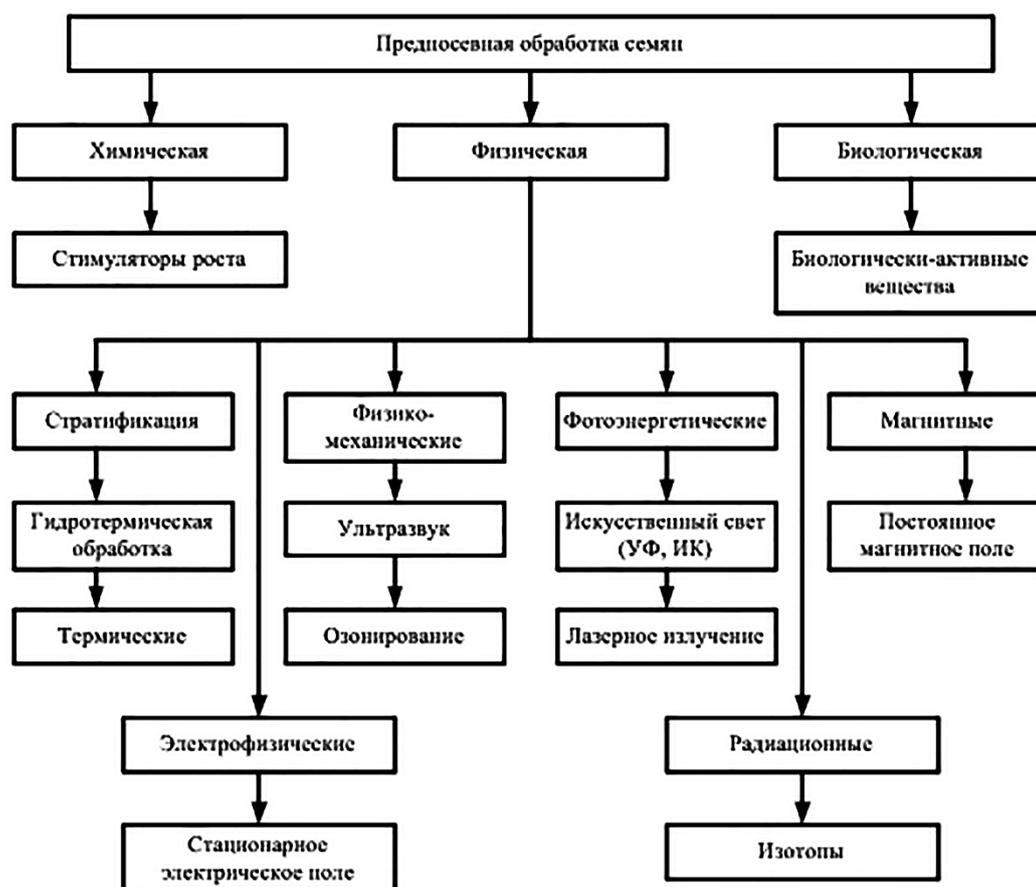


Рисунок 1 – Методы предпосевной обработки семян

---

В современных условиях одним из наиболее распространенных методов предпосевной обработки семян является физическая обработка, которая включает электрофизические, радиационные, физико-механические, термические, электромагнитные и фотоэнергетические методы [11]. При использовании методов физической обработки семян может быть достигнуто повышение урожайности, увеличение показателей качества продукции, а также ускорение роста [7].

**Метод электрофизического воздействия.** Этот метод включает в себя обработку материала  $\gamma$ -излучением, электромагнитным полем СВЧ-диапазона и т. д. Данный метод наиболее выгоден для крупномасштабного производства, за счёт использования в нем электрической энергии, что представляет собой наиболее эффективную и доступную на сегодняшний день технологию обработки семян перед посевом. Развивающиеся технологии в области применения электрической энергии позволяют автоматизировать процесс обработки, тем самым снижая трудовые и материальные затраты.

Обработка материала в электромагнитном поле сверхвысокой частоты является одним из наиболее эффективных методов, так как включает в себя два фактора воздействия: тепловой и электромагнитный [1, 9]. Недостатком данного метода выступает неравномерное распределение теплового воздействия на обрабатываемый материал, что приводит к снижению урожайности и качества получаемой продукции.

**Метод физико-механического воздействия.** Данный метод включает обработку материала ультразвуком или при помощи барботирования в водной среде воздухом или кислородом. Использование метода является наиболее эффективным с целью повышения всхожести, что достигается на основе увеличения пропускной способности семенной оболочки для лучшего влагопоглощения [4].

Работа с кислородом является взрывоопасной и пожароопасной. Также

это весьма длительный процесс, что непосредственно является существенным минусом использования барботирования с целью предпосевной обработки семян.

Несмотря на свою эффективность (повышение посевных качеств в среднем на 20–40 %), механизм ультразвуковой обработки до конца не исследован [12].

**Метод термического воздействия.** Данный метод воздействия включает в себя гидротермическую обработку и стратификацию семян (выдерживание семян при неизменной температуре в течение длительного времени) [6]. Основой метода является тепловое воздействие и увеличение влагосодержания семян с целью усиления всхожести и снижения вероятности заражения семян патогенной микрофлорой, а также размягчения оболочки семян, которая мешает проросту.

Основным и наиболее существенным недостатком метода термического воздействия выступает длительный процесс обработки посевного материала, который может достигать несколько месяцев, что является весьма затратным [7].

**Метод радиационного воздействия.** С целью применения на практике данного метода используются специальные стационарные гамма-установки с камерой, предназначенной для облучения, в которой на платформе размещается обрабатываемый материал.  $\gamma$ -лучи оказывают положительный эффект на плодovitость растений в зависимости от разных факторов: вида, времени облучения и мощности излучения.

Однако у данного метода есть существенные недостатки: во-первых, нет точного, установленного значения дозы облучения; во-вторых, данный метод представляет опасность радиоактивного заражения, как обрабатываемого материала, так и персонала, обслуживающего этот процесс.

**Метод фотоэнергетического воздействия.** К данному виду предпосевной обработки семян можно отнести облучение инфракрасным и ультрафио-

---

летовым излучением. За счет использования облучения можно достичь повышения урожайности семян на 11–12 %.

Предпосевная обработка семян инфракрасным излучением позволяет стимулировать всхожесть семян путем изменения параметров предпосевного материала: силы роста и энергии прорастания семян, количества возбудителей болезней, количества питательных веществ. Данное облучение увеличивает проницаемость материалов, что приводит к росту поглощения энергии материалом и повышению коэффициента поглощения энергии. При облучении в обрабатываемом материале создаются радикальные центры, которые собирают поглощённую энергию фотонов [13].

Однако, длительная обработка инфракрасным излучением может привести к снижению предпосевных свойств семян, за счёт резкого повышения температуры.

Обработка предпосевного материала ультрафиолетовым излучением влияет на увеличение прорастания семян, что приводит к повышению урожайности на 18 %. Такое воздействие оказывает наибольший эффект при обработке семян высокогорных растений. Использование ультрафиолетовых лучей влечёт возникновение фотохимических реакций. Однако, превышение установленных значений облучения может привести к гибели растений и к ожогам у обслуживающего персонала [8].

**Методы электромагнитного воздействия.** Ещё одним распространённым и эффективным методом обработки семян перед посевом выступает облучение в электромагнитном поле. За счет современных технологий в данном процессе можно достичь наибольшей автоматизации, что обеспечивает простоту регулировки режимов обработки и достижения наибольшего положительного эффекта.

При посеве семян, обработанных в электромагнитном поле, достигается

увеличение свойств и качественных характеристик материалов на 8–12 %. Однако, такая обработка влечёт за собой нестабильность получаемых результатов, в связи с недостаточной изученностью взаимодействия материалов с электромагнитным полем. Также немаловажную роль играют показатели изменения внешних факторов воздействия и неоднородности материала [10].

В ходе проведённого исследования выявлено, что многие из методов физического воздействия на семена оказывают положительный эффект, но также определены и недостатки таких методов. Неполная изученность некоторых методов является предпосылкой их экспериментального использования и неоднозначности получаемых результатов. Использование комбинированных установок является одним из наиболее эффективных методов обработки семян.

### **Список источников**

1. Батыгин Н. Ф., Савин В. Н. Использование ионизирующих излучений в растениеводстве. Л. : Колос, 1966. 124 с.
2. Батыгин Н. Ф., Ушакова С. И., Никонова Н. Д. Комплексная оценка процесса воздействия электромагнитного поля высокой частоты на семена // Применение энергии высоких и сверхвысоких частот в технологических процессах сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. Челябинск : Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 1983. С. 71–75.
3. Бородин И. Ф. Электричество управляет растениями // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1996. № 4. С. 24–30.
4. ИК-биостимулятор семян для фермерских хозяйств / И. А. Худоногов, И. В. Алтухов, В. А. Федотов [и др.]. Иркутск : Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. 42 с.
5. Ирха А. П. Повышение эффективности использования электрофизических способов предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар, 1998. 24 с.
6. Исследование температурных полей при предпосевной обработке семян масличных культур электромагнитным полем СВЧ-диапазона / А. В. Бастрон, А. В. Исаев, А. В. Мещеряков [и др.] // Ползуновский вестник. 2011. № 2 (1). С. 4–8.

---

7. Кодзоев М. Улучшение элитного семеноводства овощных и бахчевых культур в России // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2001. №1. С. 54–57.

8. Козлов Д. Г., Козлов В. Г. Влияние ультрафиолетового облучения на всхожесть и урожайность сельскохозяйственных культур // *Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы междунар. науч.-техн. конф.* (Минск, 21–22 ноября 2013 г.). Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2013. С. 250–254.

9. Лещенко А. К., Михайлов В. Г., Сичкарь В. И. Селекция, семеноведение и семеноводство сои. Киев : Урожай, 1985. 118 с.

10. Савин В. Н. Некоторые вопросы методики облучения семян  $\gamma$ -лучами // *Вопросы семеноводства, семеноведения и контрольно-семенного дела*. 1964. Вып. 2. С. 84–90.

11. Старухин Р. М. Повышение эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы с использованием низкочастотного электрического поля : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Барнаул, 2012. 23 с.

12. Ткаченко Н. М., Ткаченко Ф. А. Семена овощных и бахчевых культур. М. : Колос, 1977. 325 с.

13. Федотов В. А. Технология предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением : дисс. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2013. 140 с.

© Матусевич А. Е., Ланин А. А., Бормотов А. А., 2021

Статья поступила в редакцию 19.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 19.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 620.97

**Внедрение системы механического воздействия для преобразования её кинетической энергии в электрическую с дальнейшим использованием**

**Анна Евгеньевна Матусевич<sup>1</sup>**, студент

**Никита Андреевич Паньков<sup>2</sup>**, студент

**Вероника Романовна Армаева<sup>3</sup>**, студент

**Дмитрий Валерьевич Евтеев<sup>4</sup>**, студент

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru), <sup>2</sup> [nikitapankov2001@gmail.com](mailto:nikitapankov2001@gmail.com),

<sup>3</sup> [veronika120401@gmail.com](mailto:veronika120401@gmail.com), <sup>4</sup> [evteev.23@mail.ru](mailto:evteev.23@mail.ru)

*Аннотация.* Рассмотрено использование пьезоэлектрического эффекта как источника альтернативной энергии. Выделены основные достоинства и недостатки данного способа получения энергии. Разработана принципиальная электрическая схема для представления работы пьезоэлектрического преобразователя. Проведен теоретический расчёт использования пьезоэлектрических пластин. Сделан вывод о перспективности данного вида получения электрической энергии.

*Ключевые слова:* пьезоэлектрический эффект, преобразование электрической энергии, пьезоэлектрический преобразователь, накопление энергии

*Для цитирования:* Матусевич А. Е., Паньков Н. А., Армаева В. Р., Евтеев Д. В. Внедрение системы механического воздействия для преобразования её кинетической энергии в электрическую с дальнейшим использованием // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 83–89.

**Introduction of a mechanical impact system  
to convert its kinetic energy into electrical energy with further use**

**Anna E. Matusевич<sup>1</sup>**, student

**Nikita A. Pankov<sup>2</sup>**, student

**Veronika R. Armaeva<sup>3</sup>**, student

**Dmitry V. Evteev<sup>4</sup>**, student

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [anna\\_12092000@mail.ru](mailto:anna_12092000@mail.ru), <sup>2</sup> [nikitapankov2001@gmail.com](mailto:nikitapankov2001@gmail.com),

<sup>3</sup> [veronika120401@gmail.com](mailto:veronika120401@gmail.com), <sup>4</sup> [evteev.23@mail.ru](mailto:evteev.23@mail.ru)

---

**Abstract:** The use of the piezoelectric effect as a source of alternative energy is considered. The main advantages and disadvantages of this method of obtaining energy are highlighted. A schematic electrical diagram has been developed to represent the operation of a piezoelectric converter. A theoretical calculation of the use of piezoelectric plates is carried out. The conclusion is made about the prospects of this type of electric energy production.

**Keywords:** piezoelectric effect, electrical energy conversion, piezoelectric converter, energy storage

**For citation:** Matusevich A. E., Pankov N. A., Armaeva V. R., Evteev D. V. Vnedrenie sistemy mekhanicheskogo vozdeystviya dlya preobrazovaniya eyo kineticheskoy energii v elektricheskuyu s dal'nejshim ispol'zovaniem [Introduction of a mechanical impact system to convert its kinetic energy into electrical energy with further use]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 83–89), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Целью исследования явилось изучение принципа действия пьезоэлектрического преобразователя, практики его применения. В соответствии с поставленной целью поставлена и решена задача конструирования и внедрения установки с пьезоэлектрическим эффектом.

В современных условиях остро стоит вопрос относительно энергосбережения и внедрения альтернативных источников энергии, которые будут гарантировать безопасность использования, соответствие экологическим нормам.

Пьезоэлектрические преобразователи представляют собой устройства, в которых применяется пьезоэлектрический эффект в керамике или плёнках, кристаллах. Здесь происходит преобразование, позволяющее получить из механической энергии электрическую, или получить обратный эффект. Пластина из пьезоэлектрического материала, на которой имеются два изолированных друг от друга электрода представляет собой пьезоэлектрический преобразователь [4].

На гранях пьезоэлектрического кристалла появляются неравнозначные

электрические заряды, обладающие малой разностью потенциалов, если произвести растягивание или сжатие в нужном направлении. Поместив на грани электроды, соединённые между собой, при таких растяжениях и сжатиях кристалла, в цепи, образованной электродами, возникнет мгновенный электрический импульс. Таким образом мы можем увидеть пьезоэлектрический эффект.

Есть два вида проявления пьезоэлектрического эффекта: продольный и поперечный. Соответствующее различие зависит от типа кристалла. У продольного эффекта заряды и деформация возникает в направлении индуцирующего воздействия. При рассмотрении поперечного эффекта направление деформации и возникновение электрических зарядов будут направлены перпендикулярно вызывающего воздействия [5].

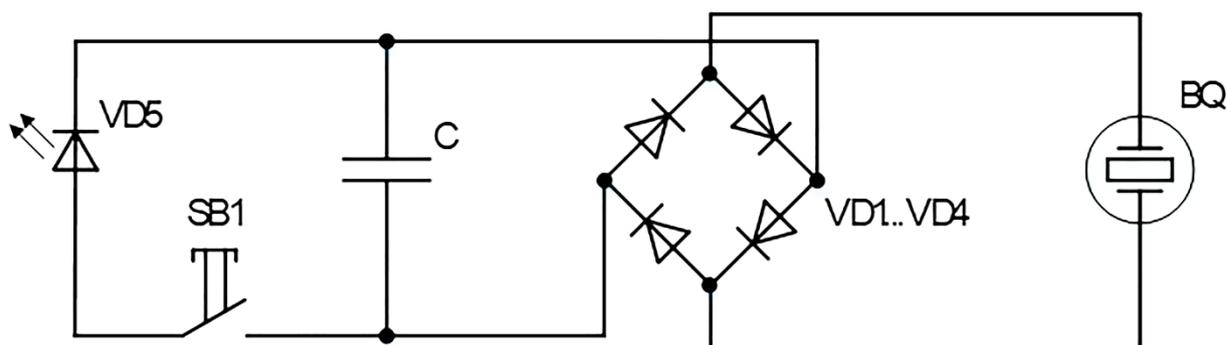
Основными достоинствами пьезоэлектрических преобразователей являются относительно долгий срок службы, мобильность, малая занимаемая площадь, экологичность, работа преобразователей не зависит от окружающих природных явлений [3].

Пьезоэлектрические преобразователи имеют и отрицательные стороны. Прежде всего, это малый вырабатываемый ток. По этой причине, они могут служить только как преобразователи энергии, и не применимы в качестве её источника.

Другим недостатком является непостоянство выработки зарядов. Получаемый ток – кратковременный, из-за чего необходимо использование дополнительных устройств и элементов, что приводит к усложнению устройства и повышению его стоимости.

Для демонстрации работы пьезоэлектрического элемента ВQ мы подключили его к светодиодной лампочке VD5 через мостовую схему VD1...VD4 с добавлением кнопки включения SB1 и конденсатора С (рис. 1).

Использование преобразованной энергии от пьезоэлектрического элемента нашло свое применение в некоторых областях жизнедеятельности.



**Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема включения светодиода VD5 от пьезоэлектрического элемента BQ**

*Создание пьезоэлектрических дорог.* Предполагает получение электроэнергии в момент проезда техники по дорогам. Вырабатывать электрическую энергию, используя пьезоэлектрический эффект, можно с помощью трафика движения автомобилей по существующим дорогам [2].

Этот механизм работает путем внедрения кристаллов из пьезоэлектрического материала в дорогу. Небольшой заряд вырабатывается одним автомобилем, но если участок будет протяжённостью в один километр, то будет получено 440 ватт энергии. Эту энергию можно использовать, например, для питания уличных фонарей вблизи дороги.



**Рисунок 2 – Дорога для питания уличных фонарей**

Трафик движения автомобилей на шоссе дорогах практически равномерен во всём часовом спектре суток. При передвижении, автомобили оказывают силу, суммарное значение которой можно рассчитать, с учётом среднего количества автомобилей, проезжающих через отдельно взятый промежуток, за интервал времени. В Израиле были проведены такие испытания, в ходе которых участок дороги в один километр производил до 400 киловатт в час электрической энергии.

*Танцевальные площадки.* Пьезоэлектрические генераторы применимы в таких местах, как танцевальные клубы, железнодорожные вокзалы и на других объектах с массовым скоплением людей. При таких условиях вырабатывается от 2,5 до 22 ватт электроэнергии. При длительном воздействии сжатия и растяжения на пьезоэлектрический кристалл, генерируется малый заряд, который может питать маломощные установки, что позволяет экономить затраты на электроэнергию [1].



**Рисунок 3 – Танцевальные площадки, вырабатывающие электроэнергию за счет пьезоэлектрического эффекта**

*Использование пьезоэлектрической энергии в обуви.* Если разместить кристаллы в обуви возле пяток, то при ежедневных воздействиях будет генерироваться электроэнергия, которую в дальнейшем можно использовать для различных бытовых приборов [1]. Энергия при ходьбе человека вырабатывается при сдавливании двух элементов, изготовленных из пружинной стали, а энергия от сжатия и разжимания пальцев ног, – посредством изгиба биморфной пластины. Из-за малой эффективности преобразования электромеханическим воздействием количество получаемой электроэнергии является сравнительно небольшим (8,2 милливольт на пятке и 1,2 милливольт на пальцах во время ходьбы).



**Рисунок 4 – Пьезоэлектрическая генерация внутри каблука обуви**

*Пример расчёта использования пьезоэлектрического эффекта.* Нами предполагается использование пьезоэлектрических пластин на входе в шестой корпус Дальневосточного государственного аграрного университета. Площадь участка составляет пять квадратных метров.

Для покрытия указанной площади необходимо двенадцать плиток фирмы Pavegen Systems стоимостью 1 000 долларов или 70 928 рублей.

Студенты, преподаватели и персонал, в среднем, совершают пятнадцать шагов в день по этому участку. Если учесть, что длина каждого шага условно равна 0,54 метра, то в общем за одно воздействие на участок будет получено четыре ватт на секунду электрической энергии. При общей численности проходящих людей 540 человек, электрическая энергия будет равна: 32 400 джоулей (540 человек·15 шагов·4 ватт на секунду) или девять ватт в час.

### **Список источников**

1. Агеев В. А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учебное пособие. Саранск : Национальный исследовательский Мордовский университет имени Н. П. Огарева, 2004. 175 с.
2. Задворная А. Альтернативные источники энергии. Пьезоэлектричество // Источники энергии. Интернет-журнал про энергию. URL: <https://beelead.com/pezoelektricheski-effekt> (дата обращения: 12.10.2021).
3. Марфенин Н. Н. Устойчивое развитие человечества : учебник. М. : Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2006. 624 с.
4. Пахомов П. И. Пьезоэлектрические преобразователи : методическое пособие. Бишкек : Кыргызско-Российский славянский университет, 2001. 22 с.
5. Пьезоэлектрическая дорога – новый способ получения электроэнергии // Украинский портал о технологиях и спецтехнике. URL: <https://enki.ua/pezoelektricheskaya-doroga-novyuy-sposob-polucheniya-elektroenergii-8179> (дата обращения: 04.10.2021).

© Матусевич А. Е., Паньков Н. А., Армаева В. Р., Евтеев Д. В., 2021

Статья поступила в редакцию 24.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 24.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

---

УДК 536.24

**Расчёт влияния толщины стенки биогазового реактора  
на распределение температуры во внутреннем  
объёме при наличии дополнительных источников теплоты**

**Алина Анатольевна Оксаниченко**, студент

Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина,  
Белгородская область, Белгород, Россия, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

*Аннотация.* Приведены расчёты по оценке распределения температуры во внутреннем объёме при наличии дополнительных источников теплоты в зависимости от толщины стенки цилиндрического биогазового реактора. Установлено, что с изменением толщины стенки биогазового реактора перепад температур между центром и внутренней стенкой меняется незначительно, а увеличение толщины стенки приводит к повышению абсолютной температуры. Рекомендовано для обеспечения соблюдения требований к допустимому перепаду температуры между центром и внутренней поверхностью стенки ограничивать диаметр биогазового реактора.

*Ключевые слова:* биогазовый реактор, источники теплоты, температурное поле, мощность, теплоизоляционные материалы

*Для цитирования:* Оксаниченко А. А. Расчёт влияния толщины стенки биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объёме при наличии дополнительных источников теплоты // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 90–94.

**Calculation of the effect of the wall thickness  
of a biogas reactor on the temperature distribution  
in the internal volume in the presence of additional heat sources**

**Alina A. Oksanichenko**, student

Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin,  
Belgorod region, Belgorod, Russia, [elapk@mail.ru](mailto:elapk@mail.ru)

*Abstract:* Calculations are given to estimate the temperature distribution in the internal volume in the presence of additional heat sources depending on the wall thickness of a cylindrical biogas reactor. It was found that with a change in the wall thickness of the biogas reactor, the temperature difference between the center and the inner wall changes slightly, and an increase in the wall thickness leads to an increase in the absolute temperature. It is recommended to limit the diameter of the

---

biogas reactor to ensure compliance with the requirements for the permissible temperature difference between the center and the inner surface of the wall.

**Keywords:** biogas reactor, heat sources, temperature field, power, thermal insulation materials

**For citation:** Oksanichenko A. A. Raschyot vliyaniya tolshchiny stenki biogazovogo reaktora na raspredelenie temperatury vo vnutrennem ob"yome pri naliichii dopolnitel'nyh istochnikov teploty [Calculation of the effect of the wall thickness of a biogas reactor on the temperature distribution in the internal volume in the presence of additional heat sources]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 90–94), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

В результате комплексной переработки органических отходов можно получить такие ценные продукты, которыми выступают органические удобрения и биогаз.

На практике для переработки органического сырья используются различные конструкции биогазовых реакторов в зависимости от применяемых технологий переработки [1, 4–7]. Необходимо отметить, что, несмотря на многочисленные положительные результаты исследований в этом направлении, имеется целый ряд нерешённых задач технического и технологического характера. Это особенности перерабатываемого сырья, технологий и методов подготовки сырья к сбраживанию, выбор бактерий с учётом температур их нормального развития. Также необходимо правильное определение конструкции биогазового реактора и учёт условий внешней окружающей среды. Кроме того, непосредственно при сбраживании большую роль играют режимы перемешивания сырья, отвода биогаза и удаления отработанной фракции сырья. Все эти нюансы технологии должны обеспечиваться системами контроля параметрами и управления работой исполнительных механизмов.

Достоверно установлено, что обеспечение высокой эффективности производства переработки органических отходов в биогаз напрямую связано с соблюдением температурных режимов и режимов перемешивания сырья.

---

Температурные режимы при сбраживании могут поддерживаться за счет теплоты выделяющейся в результате химических реакций. Однако, если этого количества теплоты недостаточно, то используется дополнительный подвод (дополнительные источники теплоты).

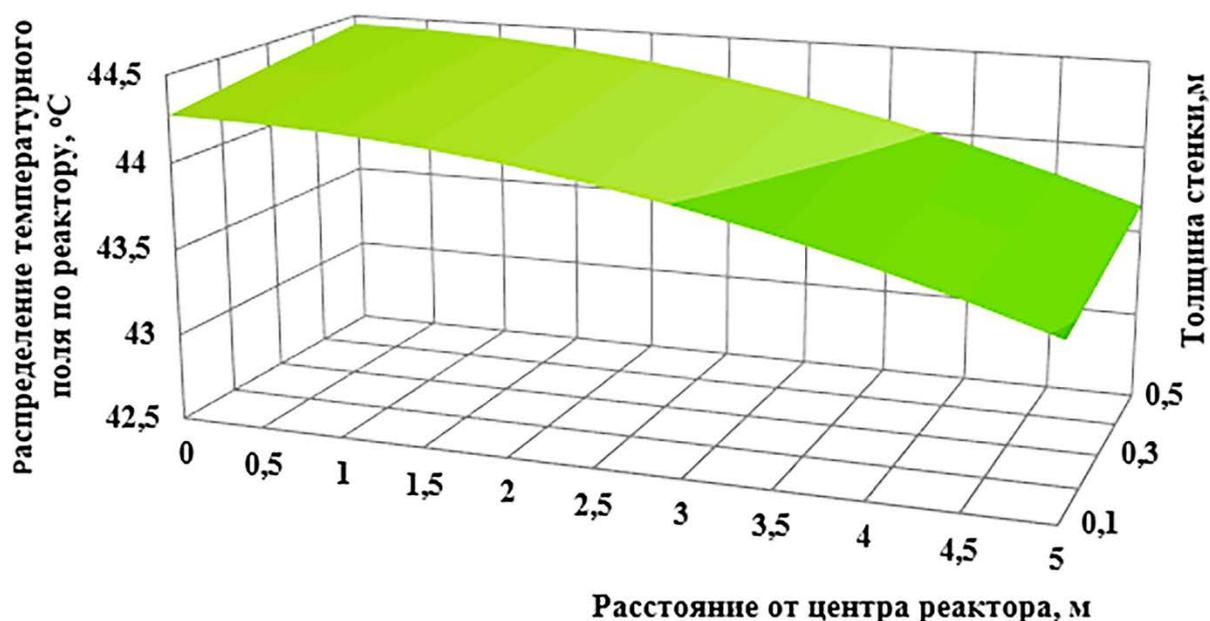
Величина мощности дополнительных источников теплоты, необходимых для поддержания режимов сбраживания, зависит от многих факторов. В первую очередь, учитываются теплофизические свойства сбраживаемого сырья (субстрата), а также размеры биогазового реактора, толщина и свойства стенок конструкции, а также условия внешней окружающей среды.

Нами проведены расчёты по оценке влияния толщины стенки биогазового реактора на распределение температуры во внутреннем объеме реактора. В расчётах использованы результаты общего решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах [2, 3, 6, 8].

Физическая модель биогазового реактора представлялась в форме сплошного цилиндра радиусом  $R_1$  (рабочий объём реактора) и высотой  $H$ , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной  $\Delta$  и наружным радиусом конструкции  $R_2 = R_1 + \Delta$ . При этом допускалось, что источники теплоты распределены по объёму реактора равномерно. Также учитывалась температура внешней среды и условия теплообмена на внешней поверхности реактора.

Расчёты проводились для разницы значений температурного поля между центром биогазового реактора  $T_1(0)$  и у внутренней стенки реактора  $T_1(R)$ :  $\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R)$ .

На рисунке 1 представлена расчетная поверхность распределения температурного поля внутри биогазового реактора при изменении толщины кирпичной стенки  $\Delta$ .



**Рисунок 1 – Расчётные значения температурного поля внутри биогазового реактора при изменении толщины кирпичной стенки  $\Delta$**

На основе проведённых расчётов можно заключить, что с изменением толщины стенки биогазового реактора перепад температур между центром и внутренней стенкой меняется незначительно, а увеличение толщины стенки реактора приводит к повышению абсолютной температуры. В тоже время для обеспечения соблюдения требований к допустимому перепаду температуры между центром и внутренней поверхностью стенки следует ограничивать диаметр биогазового реактора.

#### Список источников

1. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 20–22.
2. Вендин С. В., Мамонтов А. Ю., Ульяновцев Ю. Н. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 30–36.

---

3. Вендин С. В., Ульяновцев Ю. Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. № 4 (24). С. 30–36.

4. Метановая ферментация куриного помёта при пониженной концентрации ингибиторов / А. И. Салюк, С. А. Жадан, Е. Б. Шаповалов [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2017. № 4 (6). С. 89–98.

5. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода / Н. Б. Голуб, М. В. Потапова, М. В. Шинкарчук [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 25 (30). С. 51–59.

6. Получение газообразных продуктов при пиролизе биомассы водорослей / Н. И. Чернова, С. В. Киселева, О. М. Ларина [и др.] // *Альтернативная энергетика и экология*. 2018. № 31 (36). С. 23–34.

7. Садчиков А. В. Повышение качества метана, используемого для синтеза водорода // *Альтернативная энергетика и экология*. 2017. № 10 (12). С. 45–54.

8. Vendin S. V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 1993. Vol. 2 (65). P. 823–825.

9. Vendin S. V. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media // *International Journal of Environmental and Science Education*. 2016. Vol. 18 (11). P. 12253–12258.

© Оксаниченко А. А., 2021

Статья поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

---

УДК 636.083:697.95

**К вопросу формирования микроклимата  
животноводческих помещений в переходный период**

**Олеся Александровна Пустовая**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Антон Гунминович Ван**<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [pus14@yandex.ru](mailto:pus14@yandex.ru), <sup>2</sup> [toni.van.2000@mail.ru](mailto:toni.van.2000@mail.ru)

**Аннотация.** Установлено, что большое влияние на формирование микроклимата животноводческих помещений оказывают климатические условия региона, а также особенности строительства и эксплуатации помещений. Исследованы отдельные параметры микроклимата животноводческих помещений. Результаты исследований могут быть использованы для оптимизации работы интеллектуальной системы контроля микроклимата.

**Ключевые слова:** животноводческие помещения, микроклимат, климатические условия, преобладающее направление ветра, температура, влажность

**Для цитирования:** Пустовая О. А., Ван А. Г. К вопросу формирования микроклимата животноводческих помещений в переходный период // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 95–99.

**On the issue of the formation of the  
microclimate of livestock premises in the transition period**

**Olesya A. Pustovaya**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Anton G. Van**<sup>2</sup>, student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [pus14@yandex.ru](mailto:pus14@yandex.ru), <sup>2</sup> [toni.van.2000@mail.ru](mailto:toni.van.2000@mail.ru)

**Abstract:** It is established that the climatic conditions of the region, as well as the peculiarities of the construction and operation of premises, have a great influence on the formation of the microclimate of livestock premises. The individual parameters of the microclimate of livestock premises are investigated. The research results can be used to optimize the operation of an intelligent microclimate control system.

**Keywords:** livestock premises, microclimate, climatic conditions, prevailing wind direction, temperature, humidity

**For citation:** Pustovaya O. A., Van A. G. K voprosu formirovaniya mikroklimate zhivotnovodcheskih pomeshchenij v perekhodnyj period [On the issue of the

formation of the microclimate of livestock premises in the transition period]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 95–99), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

В современной животноводческой отрасли поддержание высокой продуктивности животных является одной из основополагающих задач. Одним из основных факторов, влияющих на продуктивность, в том числе крупного рогатого скота, наряду с кормлением, выступает микроклимат.

Микроклимат в животноводческом помещении тесно связан с жизнедеятельностью животных. Его отклонения от нормируемых значений, установленных СП 106.13330.2012 «Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения», приводит к потерям животноводческой продукции. При этом снижения удоев могут достигать 20 %, прироста живой массы – 30 %, увеличение затрат на корма – 20 %.

Исследования, проведённые ранее, показали, что микроклимат в животноводческом помещении зависит не только от факторов внутри помещения, но и в значительной степени от особенностей климата, а также от строительства и эксплуатации животноводческих помещений [1, 2]. Поэтому, комплексный анализ факторов, влияющих на микроклимат животноводческого помещения, является актуальной задачей.

К нормируемым показателям микроклимата относятся температура, газовый состав атмосферы помещения, влажность, скорость движения воздуха, освещённость. Однако в последнее время наблюдается большая разница в оценках нормируемых показателей отдельными производителями оборудования для животноводства. Так, согласно исследованиям, проведённым компанией DeLaval, освещённость кормового стола более 200 люкс положительно сказывается на продуктивности животных, в отличии от принятой согласно

стандарту 30–70 люкс. Скорость движения воздуха в помещении в зимнее время согласно стандарта составляет 1 м/с. Однако широкое распространение получили так называемые коровники ангарного типа с глубокой подстилкой, скорость движения воздуха в которых зависит от силы и направления ветра на данной территории.

Отдельно необходимо отметить важность поддержания влажности в помещениях для содержания крупного рогатого скота. Слишком низкие значения этого показателя приводят к дискомфорту, который вызван у животных пересыханием слизистых оболочек.



а) иней на ограждающих конструкциях    б) намерзание льда на вытяжных шахтах  
**Рисунок 1 – Воздействия влажности на животноводческое помещение**

Однако превышение значений влажности выше допустимых, также негативно влияет на условия содержания скота. Высокая влажность вызывает появление конденсата на конструкциях помещения, льда в зимнее время на вытяжных шахтах, холодного душа для животных в помещении коровника при таянии инея и льда (рис. 1). В результате сочетания воздействия таких факторов, как влажность, температура, скорость движения воздушных масс на жи-

---

вотных оказывается негативное влияние, что приводит к повышенной заболеваемости.

Особенности микрорельефа местности, влияющие на направление воздушных масс, особенно актуальны для Амурской области в переходный период, то есть весной и осенью, когда преобладающее направление ветров (для зимы – северо-западное, для лета – южное) меняется. Неустойчивый характер движения воздушных масс приводит к резкой смене температурного фона. Так, 10 декабря 2021 г. при южном направлении ветров температура наружного воздуха в коровнике на 400 голов ООО «Пограничное» (с. Нижняя Полтавка) составила от 8 до 12 °С в зависимости от локализации, при наружной температуре на территории животноводческого комплекса минус 5 °С. Тогда как 13 декабря того же года на территории комплекса температура составила уже минус 19 °С при северо-западном направлении ветра.

Изменение климатических условий вызывает изменение параметров микроклимата в помещении крупного рогатого скота. Однако такой отклик всегда отсрочен по времени ввиду влияния ряда факторов, таких, например, как инерционность изменения температуры ограждающих конструкций помещения коровника. Проведённые ранее исследования студентом магистратуры электроэнергетического факультета А. В. Колесниковым под руководством кандидата сельскохозяйственных наук, доцента О. А. Пустовой показали, что формируемые в помещении коровника зоны перегрева и переохлаждения меняют свою локацию в зависимости от направления ветра на территории животноводческого комплекса и температуры воздушных масс.

Таким образом, микроклимат в животноводческих помещениях формируется под воздействием множества факторов, которые условно можно разделить на внешние и внутренние по отношению к помещению. Оценка этих факторов и дифференциация их влияния позволит сформировать алгоритм полу-

чения математической модели динамики параметров микроклимата в переходные период (весна, осень), что, в свою очередь, позволит использовать эти результаты для оптимизации работы интеллектуальной системы контроля микроклимата.

### **Список источников**

1. Мартынова Е. Н., Мель И. В. Анализ влияния изменения наружной температуры воздуха на микроклимат в животноводческих помещениях // Эффективность адаптивных технологий в животноводстве : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Ижевск, 17–19 июня 2004 г.). Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. С. 236–240.

2. Мартынова Е. Н., Мель И. В. Оценка микроклимата, физиологическое состояние и продуктивность коров // Аграрная наука. 2007. № 8. С. 26–27.

© Пустовая О. А., Ван А. Г., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 28.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 28.12.2021.

УДК 621.315.1

**Мониторинг воздушной линии  
электропередачи при помощи беспилотных аппаратов**

Лолита Владимировна Смолина<sup>1</sup>, студент  
Екатерина Юрьевна Артюшевская<sup>2</sup>, старший преподаватель

<sup>1,2</sup> Амурский государственный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [lolita.smolina@bk.ru](mailto:lolita.smolina@bk.ru), <sup>2</sup> [kateona2006@yandex.ru](mailto:kateona2006@yandex.ru)

**Аннотация.** Рассмотрена проблема мониторинга линий электропередачи. Для решения проблемы предложено использовать беспилотные летательные аппараты. Обосновано, что при помощи беспилотных летательных аппаратов возможно обследование воздушной линии, опоры, новых трасс линии электропередачи и прилегающих территорий, а также создание цифровой модели рельефа. Проведена оценка целесообразности использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга линий электропередачи.

**Ключевые слова:** мониторинг, линия электропередачи, беспилотный летательный аппарат, обследование воздушной линии

**Для цитирования:** Смолина Л. В., Артюшевская Е. Ю. Мониторинг воздушной линии электропередачи при помощи беспилотных аппаратов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 100–105.

**Monitoring of an overhead power transmission line using unmanned vehicles**

Lolita V. Smolina<sup>1</sup>, student  
Ekaterina Yu. Artushevskaya<sup>2</sup>, senior lecture

<sup>1,2</sup> Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [lolita.smolina@bk.ru](mailto:lolita.smolina@bk.ru), <sup>2</sup> [kateona2006@yandex.ru](mailto:kateona2006@yandex.ru)

**Abstract:** The problem of monitoring power transmission lines is considered. To solve the problem, it is proposed to use unmanned aerial vehicles. It is proved that with the help of unmanned aerial vehicles, it is possible to survey the overhead line, supports, new power line routes and adjacent territories, as well as create a digital terrain model. The feasibility of using unmanned aerial vehicles for monitoring power transmission lines has been assessed.

**Keywords:** monitoring, power transmission line, unmanned aerial vehicle, aerial line inspection

**For citation:** Smolina L. V., Artushevskaya E. Yu. Monitoring vozdushnoj linii

---

elektroperedachi pri pomoshchi bespilotnyh apparatov [Monitoring of an overhead power transmission line using unmanned vehicles]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 100–105), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

По данным Федеральной сетевой компания Единой энергетической системы за 2020 г. протяжённость линий электропередач (ЛЭП) в России составляла около 149 тысяч километров, а объём электросетей – 673 тысячи удельных единиц [4]. Большая часть ЛЭП располагается в труднодоступных местах, и на доступ к ним, для осуществления ремонта и обследования, затрачивается много времени и финансов.

Для обеспечения надёжности электроснабжения необходимо осуществлять постоянный диагностический контроль электрических устройств, чтобы своевременно выявлять возникающие неисправности. Причиной возникновения неисправностей могут служить: перенапряжение, резкое изменение температуры, сильный ветер, гололёд на проводах и многое другое. Эффективным способом выявления аварий на ЛЭП является использование беспилотных летательных аппаратов. Традиционный способ обследования имеет ряд недостатков: высокая трудоёмкость, большие затраты времени и сложность обследования труднодоступных участков, потери информации о техническом состоянии ЛЭП (человеческий фактор).

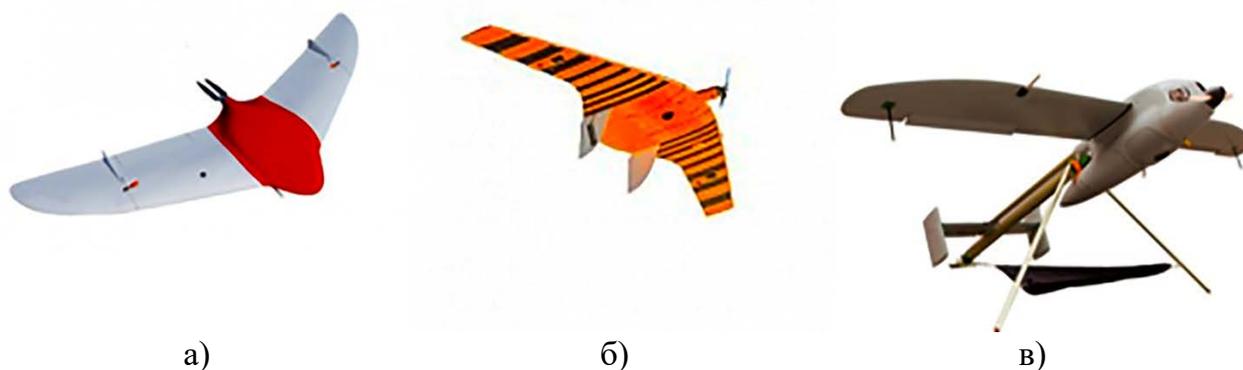
С помощью беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) возможно проведение аэрофотосъёмки воздушных ЛЭП, измерение провисания проводов, тепловизионный и оптический контроль высоковольтных силовых элементов линии, контроль удалённости от воздушных линий до природных объектов, обследование новых трасс ЛЭП и прилегающих территорий, создание цифровой модели рельефа, исполнительное обследование воздушных линий электропе-

редачи, инженерные расчеты и анализ провисания проводов, определение физических параметров, моделирование нагрузок, анализ повреждений, аварий, анализ зарастания охраняемых территорий. БПЛА также могут служить для выявления размыва грунта у основания опоры дождевыми осадками, обнаружения коррозии на элементах опоры, проверки количества изоляторов в гирлянде, сколов и трещин на изоляторе, обнаружения обрывов и набросов фазных проводов, авиационно-лазерного сканирования ЛЭП для точного измерения прогиба ЛЭП, дополнительного мониторинга во время пожара, грозы и гололеда.

В России используются БПЛА как самолётного, так и мультироторного типа. Основными БПЛА самолётного типа являются Геоскан 201, Суперкам 350F и Птеро G0 (рис. 1). Основными БПЛА мультироторного типа выступают Геоскан 401и Суперкам X8 (рис. 2) [3].

Беспилотные летательные аппараты самолётного типа используются для общей съёмки воздушной линии электропередачи. Мультироторные беспилотные летательные аппараты применяют для более детального и тщательного осмотра [1].

Основные технические характеристики рассматриваемых беспилотных летательных аппаратов представлены в таблице 1.



а)

б)

в)

а) Геоскан 201; б) Суперкам 350F; в) Птеро G0

**Рисунок 1 – Основные беспилотные летательные аппараты самолётного типа**



а) б)

а) Геоскан 401; б) Суперкам X8

**Рисунок 1 – Основные беспилотные летательные аппараты мультироторного типа**

**Таблица 1 – Основные технические характеристики беспилотных летательных аппаратов**

Характеристики	Самолётного типа			Мультироторного типа	
	Геоскан 201	Суперкам 350F	Птеро G0	Геоскан 401	Суперкам X8
Длительность полета, ч.	до 3	до 4,5	до 8	до 1	до 1
Площадь съёмки за один полёт, км <sup>2</sup>	7–22	10–34	9–25	2,1	1,5
Скорость полета, км/ч	64–130	65–120	85–125	0–50	0–60
Температура эксплуатации, °С	–20–40	–40–40	–30–40	–20–40	–35–35
Рабочая высота полета, м	100–4 000	150–5 000	80–3 000	25–500	50–1 000
Максимальная протяжённость маршрута, км	210	240	800	24	25

По способу управления летательные аппараты подразделяют на ручные, автоматические и полуавтоматические.

Информация, полученная с помощью беспилотного оборудования, позволяет персоналу сетевых компаний оперативно и объективно оценивать состояние оборудования подстанций, воздушных линий, опор и т. д. За счёт высокой мобильности летательных аппаратов, время сбора данных о состоянии воздушных линий электропередачи сокращается в несколько раз, по сравне-

нию с традиционным осмотром участка ЛЭП. При помощи летательного аппарата можно снизить опасность для жизни работников, так как работы выполняются на безопасном расстоянии от воздушной линии. Также, для более оперативного и точного выявления проблем линии электропередачи используют видеосъёмку с потоковой передачей данных при помощи мобильных Интернет-сетей.

Средняя цена и гарантийный период эксплуатации летательных аппаратов самолётного и мультироторного типов представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Средняя цена и гарантийный период эксплуатации разных видов беспилотных летательных аппаратов**

Название аппарата	Средняя цена, тыс. р.	Гарантия, год/ количество полётов	Цена за один полёт на период действия гарантии, р.
<b>Самолётного типа</b>			
Геоскан 201	1 560	2/160	9 750
Суперкам 350F	1 850	1/70	26 430
Птеро G0	3 400	2/100	34 000
<b>Мультироторного типа</b>			
Геоскан 401	1 650	1/80	23 125
Суперкам X8	1 500	1/90	16 700

Проведенный анализ показал, что вложенные средства на приобретение БПЛА окупятся за период действия гарантии. Средний преискурант обслуживания ЛЭП на Дальнем Востоке составляет от 12 000 рублей до 21 000 рублей за один выезд бригады. В то же время один полет Геоскан 201 оценивается в 9 750 рублей [2]. Соответственно стоимость одного полёта будет меньше по стоимости, чем выезд бригады. Осмотры верхней и нижней части опор занимают большое количество времени, и сам процесс является трудоёмким и опасным для человека, поэтому рационально использовать летательные аппараты, как с точки зрения надёжности, так и экономичности.

На протяжении пяти последних лет мероприятия по применению БПЛА

реализуются в компаниях «Россети» ПАО «ФСК ЕЭС», ПАО «МРСК Сибири», АО «Тюменьэнерго», ПАО «Кубаньэнерго», ПАО «МРСК Северо-Запада». На Дальнем Востоке с октября 2021 г. филиал «Распределительные сети» ПАО «Сахалинэнерго» стал проводить диагностику ЛЭП напряжением 35 кВ в Корсаковском районе с помощью БПЛА.

Для мониторинга воздушной линии электропередачи рационально использовать беспилотные летательные аппараты. Они позволяют производить быстрый, точный и безопасный анализ и сбор информации о состоянии линии электропередачи, что в свою очередь способствует принятию своевременных решений для устранения неисправностей.

### **Список источников**

1. Беспилотные системы // Компания «ZALA. AERO». URL: <https://zala.aero/category/applications/monitoring/energeticheskix-resursov-lep-tec-aes-ges/> (дата обращения 11.11.2021).
2. Прейскурант стоимости услуг «Техническое обслуживание и ремонт электрических сетей и электрооборудования» // Филиал ПАО «МРСК Центра и Приволжья» «Рязаньэнерго». URL: [https://mrsk-cp.ru/for\\_consumers/additional\\_service/ryazanenergo/](https://mrsk-cp.ru/for_consumers/additional_service/ryazanenergo/) (дата обращения 17.11.2021).
3. Рэндал У. Б., Тимоти У. М. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика. М. : ТЕХНОСФЕРА, 2015. 312 с.
4. Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы : сайт. URL: <https://www.fsk-ees.ru> (дата обращения 17.11.2021).

© Смолина Л. В., Артюшевская Е. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 02.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 29.12.2021.

The article was submitted 02.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 29.12.2021.

---

УДК 621.313.13

### Электродвигатели летательных аппаратов

**Макар Юрьевич Янтураев**<sup>1</sup>, студент

**Антон Александрович Меднов**<sup>2</sup>, младший научный сотрудник

<sup>1</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет, Республика Башкортостан, Уфа, Россия

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт «Электротехнические комплексы и системы», Республика Башкортостан, Уфа, Россия

<sup>1</sup> [yanturaev\\_makar@mail.ru](mailto:yanturaev_makar@mail.ru), <sup>2</sup> [mednov@spartak.ru](mailto:mednov@spartak.ru)

**Аннотация.** Проведён подробный анализ технических характеристик электрических двигателей летательных аппаратов. Обозначены преимущества и недостатки различных конструкций электрических двигателей.

**Ключевые слова:** летательный аппарат, двигатель, электрооборудование, технические характеристики двигателя

**Для цитирования:** Янтураев М. Ю., Меднов А. А. Электродвигатели летательных аппаратов // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 106–113.

### Electric motors of aircraft

**Makar Yu. Yanturaev**<sup>1</sup>, student

**Anton A. Mednov**<sup>2</sup>, Junior Researcher

<sup>1</sup> Ufa State Aviation Technical University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>2</sup> Research Institute "Electrotechnical Complexes and Systems", Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

<sup>1</sup> [yanturaev\\_makar@mail.ru](mailto:yanturaev_makar@mail.ru), <sup>2</sup> [mednov@spartak.ru](mailto:mednov@spartak.ru)

**Abstract:** A detailed analysis of the technical characteristics of electric motors of aircraft has been carried out. The advantages and disadvantages of various designs of electric motors are indicated.

**Keywords:** aircraft, engine, electrical equipment, engine specifications

**For citation:** Yanturaev M. Yu., Mednov A. A. Elektrodvigateli letatel'nyh apparatov [Electrical motors of aircraft]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 106–113), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Разрабатываемое для летательных аппаратов электрооборудование должно иметь высокую экономичность, надежность и качество выполняемых функций. Также необходимо учитывать, что под обслуживание и функциональные системы выделяются ограниченные объемы, поэтому массогабаритные показатели электродвигателя летательного аппарата приобретают исключительное значение.

**Электромеханические преобразователи двигательного типа.** При электромеханическом преобразовании энергии в электродвигательных преобразователях свойственны разные способы формирования результирующего поля и взаимодействия полей якоря и индуктора: индукционный, электромагнитный, магнитоэлектрический, реактивный и гистерезисный [1].

На основе индукционного способа создания поля создан класс асинхронных электродвигателей, различающихся по типу выполнения ротора: с короткозамкнутым ротором (наиболее распространен в электрооборудовании летательных аппаратов), с фазным ротором, массивным и полым ротором.

Электромагнитный, магнитоэлектрический, реактивный способы послужили для создания другого класса электромеханических преобразователей, а именно синхронных машин с различным выполнением ротора: без обмоток, с одной или двумя обмотками возбуждения, с разной проводимостью по геометрическим осям (реактивный ротор).

Электромагнитный и магнитоэлектрический способы характерны для электродвигателей постоянного тока с механическими преобразователями электроэнергии (щеточно-коллекторными узлами).

Всего электрические машины разного типа и мощности составляют около трети от общего количества агрегатов бортового авиационного оборудования (табл. 1). Большая их часть – это электродвигатели, являющиеся конструктивными элементами электрических механизмов, насосов, гидроагрегатов и т. д. [5].

**Таблица 1 – Электрические машины в бортовом оборудовании летательных аппаратов**

Параметр	Самолет				
	Ан-24 (1959– 1979 гг.)	Як-40 (с 1966 г.)	Ту-134 (1966– 1989 гг.)	Ту-154 (1968– 2013 гг.)	Ил-62 (1966– 1995 гг.)
Общее количество	440	390	483	556	584
Количество агрегатов с электрическими машинами:					
с одной	118	114	118	131	133
с двумя	23	23	26	33	40
с тремя	12	14	17	21	22
с четырьмя и более	4	3	4	9	8
Общее количество электрических машин на самолете	220	215	250	312	325
электродвигателей	140	144	137	173	179
асинхронных	64	61	59	97	99
синхронных	2	2	3	3	2
коллекторных постоянного тока	74	81	75	73	78
электродвигателей в составе электромашиных преобразователей	7	7	8	5	2
информационных электрических машин	69	61	100	129	138

**Электродвигатели постоянного тока.** К электродвигателям постоянного тока относятся коллекторные и вентильные двигатели, работающие от сети постоянного тока. Применение коллекторных двигателей на летательных аппаратах с первичной системой электроснабжения переменного тока объясняется рядом положительных особенностей их эксплуатационных характеристик: 1) большим разнообразием механических характеристик различной жесткости; 2) относительной простотой регулирования угловой частоты вращения, что обеспечивает экономичность системы привода; 3) возможностью питания привода жизненно важных систем от аккумуляторных батарей в полёте или на стоянке; 4) возможностью использования для запуска маршевого двигателя или двигателя вспомогательной силовой установки.

Применяемые на борту летательного аппарата электродвигатели постоянного тока отличаются большим разнообразием, что позволяет их классифицировать по наиболее характерным отличительным признакам, а именно по назначению, типу коммутатора, способу возбуждения, конструктивному исполнению и исполнению якоря.

Некоторые технические характеристики авиационных коллекторных электродвигателей представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Основные технические параметры авиационных коллекторных двигателей постоянного тока [3]**

Тип	Ток потребления, А	Момент на валу, 10 <sup>-2</sup> , Нм	Частота вращения, об/мин	Режим работы	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Примечание
Д-1ФТ	0,37	0,167	6 000	ПКР	0,3	36x74	Привод механизма вращательного движения
Д-70Г	3,6	0,98	9 000–11 000	Д	1,1	56,5x118,5	Привод стеклоочистителя
Д-5500А	315	1 960	2 750	КР	21,2	268x160	Привод маслососа
МВ-1200	62	124	7 400	Д	11	150x235	Привод вентилятора в системе охлаждения воздуха
МУ-55	2,2	3,48	7 050	ПКР	0,9	55x55x115	Привод механизмов дистанционного управления
Д-3300ТМ	190	490	6 500–11 500	ПКР	15	136x278	Привод лебедок
Д16-1	2,4	1,27	9 000–15 000	ПКР	0,53	45,4x88,5	Привод самолетных фар
МП-5600	350	1 376	4 200	Д	28	128x190	Привод насосных станций
Примечание: ПКР – повторно-кратковременный режим; Д – продолжительный режим; КР – кратковременный режим.							

**Электродвигатели переменного тока.** Широкому распространению в авиационных электроприводах и механизмах различного назначения, а также в приборном оборудовании электродвигателей переменного тока безусловно способствовал перевод первичной бортовой сети на переменный ток стабильной частоты. В отличие от электродвигателей с щеточно-коллекторными узлами, электродвигатели переменного тока характеризуются большей надежностью и меньшей стоимостью, отличаются простотой в обслуживании, возможностью эксплуатации в высотных условиях. Среди известных, работающих на переменном токе типов электромеханических преобразователей в

авиационном электрооборудовании наибольшее распространение получили асинхронные электродвигатели, которые изготавливаются в трехфазном и двухфазном исполнении, имеют короткозамкнутый ротор, и работают от сети напряжением 200 вольт, частотой 400 герц (трёхфазные) и 115 вольт или 36 вольт, 400 герц (двухфазные).

Технические характеристики некоторых асинхронных трехфазных электродвигателей приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Технические параметры авиационных асинхронных трёхфазных двигателей [2]**

Показатели	Тип двигателя								
	МГТ-750К2	ММТ-900	ММТ-3000М	МТ-25	МТ-30-ООМ	МТ-3	МТ-4	МТЖ-15	ЭТМ-104
Ток, А	4,5	6,5	28	28	16	19	24	67	2
Момент на валу 10 <sup>-2</sup> , Нм	1,27	1,42	8,23	0,034	3,53	3,8	5	20	–
Мощность на валу, Вт	–	–	–	–	–	3 000	4 000	15 000	200
Частота вращения, об/мин	7 400	5 500	3 200	7 300	7 600	7 400	7 400	7 100	10 800
Режим работы	Д	Д	Д	Д	Д	ПКР	Д	ПКР	Д
Габаритные размеры, мм	115x271	114x172	198x293	78x105	175x173	–	130x160	–	–
Масса, кг	5	4	15,5	1,5	10	7	6	14	1,4

Примечания: 1 Д – продолжительный режим; ПКР – повторно-кратковременный режим.  
 2 МГТ-750К2 – привод внутрибакового насоса; ММТ-900 и ММТ-3000М – привод герметичного внутрибакового насоса; ММТ-25 и МТ-30-ООМ – привод внебакового насоса; МТ-3 – привод гидравлического насоса; МТ-4 – привод вентиляционного насоса; МТЖ-15 – привод насоса насосной станции; ЭТМ-104 – привод наружного топливного насоса.

Недостатками асинхронных трёхфазных двигателей по сравнению с электродвигателями постоянного тока выступают: 1) меньшее разнообразие механических характеристик; 2) малый пусковой момент при больших пусковых токах; 3) наличие на механической характеристике участка статически неустойчивого режима работы двигателя.

Кроме того, жесткая связь частоты вращения асинхронного двигателя с частотой тока питающей сети даёт возможность реализации частот вращения

лишь кратных числу пар полюсов, а плавность регулирования может быть осуществлена посредством специальных преобразователей частоты.

**Синхронные электродвигатели.** На борту авиационных летательных аппаратов синхронные электрические машины получили преимущественное распространение в качестве генераторов – источников электроэнергии для основных и вспомогательных систем электроснабжения. Среди синхронных электродвигателей наибольшее применение имеют магнитоэлектрические, гистерезисные и шаговые двигатели. Некоторые технические параметры авиационных гистерезисных электродвигателей представлены в таблице 4.

**Таблица 4 – Технические параметры гистерезисных электродвигателей**

Показатели	Тип двигателя						
	ДСП-10	ДСП-25	ДСП-60	ДСП-120	ГТ-112М	ГТ-402	Т16/6М1
Напряжение, В	36	36	36	36	115	40	27
Мощность на валу, Вт	10	25	60	120	–	1,2	0,06
Момент на валу $10^{-2}$ , Нм	1,58	3,92	9,81	19,62	0,24	0,15	0,015
Номинальный ток, А	3,6	6,6	5,4	9,6	0,2	0,25	0,16
Коэффициент полезного действия, %	34,5	44,0	54,5	54,5	15,5	–	–
$\cos \varphi$	0,20	0,22	0,21	0,24	0,70	–	–
Габаритные размеры, мм	60x120	70x133	95x155	130x175	64x79	40x69	20x44
Масса, кг	1,5	2,0	3,5	7,0	0,4	0,28	0,06
Частота вращения, об/мин	6 000	6 000	6 000	6 000	12 000	3 000	4 000

В гистерезисном электродвигателе конструкция статора и электрическая схема соединения фаз обмотки такая же, как и в других машинах переменного тока.

Шаговые электродвигатели широко применяют в качестве исполнительных двигателей в дискретных системах автоматического управления. В настоящее время известно большое количество конструктивных форм шаговых электродвигателей, которые различаются числом фаз, типом роторов, числом пакетов стали магнитопровода и способом фиксации ротора.

Основные технические параметры шаговых электродвигателей приведены в таблице 5. Все электродвигатели питаются от сети напряжением 27 вольт и имеют длительный режим работы.

**Таблица 5 – Технические параметры шаговых электродвигателей [4]**

Показатели	Тип двигателя								
	ДШ-0,025А	ДШ-0,1А	ДШ-0,25А	ДШ-1А	ДИР-1А	ДШИ-1М	ДШ-46-0,04-5	ДШ-65-0,06-3	ДШ-78-0,16-1
Номинальный момент, Нм	0,0025	0,01	0,025	–	0,004	0,001	0,004	0,006	0,16
Номинальный ток, А	0,8	1,5	2,0	7,0	0,27	0,065	3,9	1,3	6,4
Номинальная приемистость, шаг/с	280	280	130	70	50	100	1 000	600	550
Момент инерции нагрузки 10 <sup>-8</sup> , кг·м	2,45	18,6	56,4	412	34	49	0,16	16	100
Габаритные размеры, мм	40x82	50x107	60x125	100x179	39x60	33x46	46x80	65x140	78x170
Масса, кг	0,25	0,55	1,10	3,30	0,16	0,10	0,36	1,20	2,30
Номинальный шаг, град	22,5	22,5	22,5	22,5	36,0	15,0	5,0	3,0	1,0

Вентильно-индукторные электродвигатели по сравнению с другими типами электромеханических преобразователей просты в изготовлении, дешёвы, технологичны, обладают повышенной надёжностью и ремонтпригодностью, работоспособны в крайне тяжёлых условиях окружающей среды.

Основная проблема при создании вентильно-индукторного двигателя состоит в организации рациональной коммутации ключей коммутатора, которая во многом определяется датчиком положения ротора, так как последний должен иметь высокую разрешающую способность и формировать сигналы, корректируемые в зависимости от режима работы.

### Список источников

1. Бесконтактный электропривод летательных аппаратов / под ред. В. С. Павлихина. М. : Московский энергетический институт, 1987. 108 с.

2. Каталог автоматизированных электроприводов, электромеханизмов, электродвигателей, аппаратуры запуска и контроля. Киров : ОАО «Электропривод», 2007. 320 с.

3. Номенклатурный перечень изделий. Киров : ОАО «Электромашиностроительный завод «ЛЕПСЕ», 2007. 415 с.

4. Разработка и производство электродвигателей ДБМ Машиноаппарат // Официальный сайт ОАО «Машиноаппарат». URL: <https://mashap.maverick.ru> (дата обращения: 30.09.2021).

5. Серебряков А. Д. Индукторные электрические машины в бортовом оборудовании воздушных судов // Computer Modelling and New Technologies. 1999. Vol. 3. P. 108–112.

© Янтураев М. Ю., Меднов А. А., 2021

Статья поступила в редакцию 04.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 29.12.2021.

The article was submitted 04.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 29.12.2021.

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК СПОСОБ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОИЗВОДСТВА**

УДК 681.5

## Исследование возможности использования ARDUINO как альтернативы современным автоматическим системам управления освещением

Людмила Николаевна Горбунова<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
Виктор Юрьевич Лесик<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru), <sup>2</sup> [Strull338@gmail.com](mailto:Strull338@gmail.com)

**Аннотация.** Исследован вопрос о снижении стоимости автоматической системы управления освещением в сравнении с готовыми современными решениями. Выявлена зависимость значений датчика освещённости от освещённости на рабочей поверхности.

**Ключевые слова:** автоматическая система освещения, широтно-импульсная модуляция, микроконтроллер, DALI, датчик освещённости

**Для цитирования:** Горбунова Л. Н., Лесик В. Ю. Исследование возможности использования ARDUINO как альтернативы современным автоматическим системам управления освещением // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 115–120.

## Investigation of the possibility of using ARDUINO as an alternative to modern automatic lighting control systems

Lyudmila N. Gorbunova<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences

Viktor Yu. Lesik<sup>2</sup>, student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [lng1977@mail.ru](mailto:lng1977@mail.ru), <sup>2</sup> [Strull338@gmail.com](mailto:Strull338@gmail.com)

**Abstract:** The issue of reducing the cost of an automatic lighting control system in comparison with ready-made modern solutions is investigated. The dependence of the values of the light sensor on the illumination on the work surface is revealed.

**Keywords:** automatic lighting system, pulse width modulation, microcontroller, DALI, light sensor

**For citation:** Gorbunova L. N., Lesik V. Yu. Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya ARDUINO kak al'ternativy sovremennym avtomaticheskim sistemam upravleniya osveshcheniem [Investigation of the possibility of using ARDUINO as an alternative to modern automatic lighting control systems]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.)* – All-

---

*Russian (National) Scientific and Practical Conference. (PP. 115–120), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).*

В настоящее время остро ставится вопрос об энергосбережении. Основные усилия по энергосбережению сконцентрированы именно в сфере потребления электроэнергии. При этом главная роль в увеличении эффективности использования энергии принадлежит современным энергосберегающим технологиям.

Использование электроэнергии в сельскохозяйственном производстве происходит в следующих направлениях: освещение, электронагрев, электропривод машин и механизмов, электротехнология и системы управления. Наибольший расход электроэнергии в сельскохозяйственных предприятиях приходится на электроосвещение (30–45 %) и обогрев, в том числе нагрев воды на технологические нужды [1]. В этой связи необходимо применение энергосберегающих технологий в электроосвещении.

Энергосбережение в электроосвещении делится на:

- 1) замену источников света на наиболее современные, которые имеют большой световой коэффициент полезного действия и меньшее энергопотребление;
- 2) внедрение автоматических систем управления освещением; данный вариант требует больших капиталовложений, но в то же время более эффективно снижает энергопотребление.

Современные автоматические системы управления освещением являются дорогим решением, так как основаны, в большинстве случаев, на протоколе DALI и каждый модуль (микроконтроллер, датчик, драйвер и др.) имеет свое значение [2]. Так как, такая система не унифицирована (для контроллера DALI нужен специальный датчик освещенности DALI и драйвер к светильнику), то перед нами встает задача снизить стоимость системы управления. При этом функционал должен оставаться прежним.

Для этого необходимо рассмотреть современные микроконтроллеры и определить, какой из них наиболее выгодный для автоматической системы управления освещением. Отечественные микроконтроллеры имеют достаточно высокую стоимость. Поэтому, было решено остановиться на зарубежном микроконтроллере ARDUINO на базе Atmega 328. Это популярный микроконтроллер с относительно низкой стоимостью.

Система управления освещением включает:

- 1) микроконтроллер, осуществляющий контроль за уровнем освещённости в помещении;
- 2) дисплей, отображающий текущий уровень освещённости и выбор уровня освещённости;
- 3) энкодер, служащий как потенциометр, то есть для регулировки уровня освещённости;
- 4) датчик освещённости, размещенный на рабочей поверхности и передающий данные об уровне освещённости в микроконтроллер.

Следует отметить, что готовые датчики освещённости, которые передают аналоговую информацию через аналого-цифровой преобразователь в люксах на микроконтроллер, оказались значительно дороже датчика освещённости, основанном на компараторе LM393 и фоторезисторе.

Так как нам необходимо минимизировать затраты на систему освещения, то выбор сделан в пользу более дешевого варианта датчика освещённости. Этот датчик передает аналоговый сигнал, и микроконтроллер ARDUINO понимает его сигнал как значения от 0 до 1 024.

Данные значения ни о чем не говорят, потому что не совпадают с освещённостью рабочей поверхности в люксах. Поэтому, для решения проблемы было принято поверить показания датчика с люксметром Testo 540 и понять зависимость этих значений. Для этого на рабочей поверхности были разме-

щены люксметр Testo 540 и датчик освещенности LM393, на которых воздействовал светодиодный источник света под углом 90° и, изменяя расстояние от источника до датчика и люксметра, были получены значения освещённости и показания датчика освещённости, с помощью «монитора порта» в программе ARDUINO IDE в реальном времени. Результаты были получены для 100, 200, 300, 400, ..., 1 000 люкс. Проводилось тридцать измерений для каждого значения и рассчитывалось среднее значение для каждого уровня освещённости. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты эксперимента определения уровней освещённости**

<b>Показание Testo 540, люкс</b>	<b>Среднее значение датчика освещённости, о. е.</b>	<b>Показание Testo 540, люкс</b>	<b>Среднее значение датчика освещенности, о. е.</b>
100	220	600	85
200	160	700	82
300	132	800	75
400	112	900	67
500	95	1 000	60

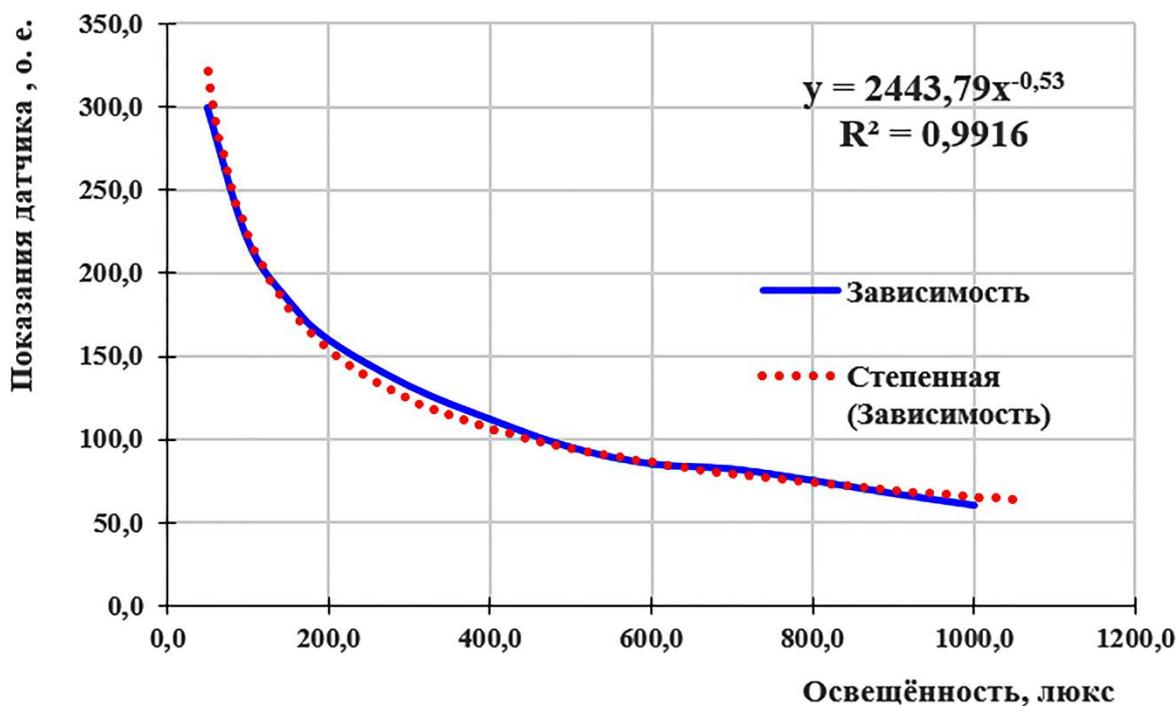
По данным таблицы 1, построена зависимость показаний датчика освещённости от освещённости рабочей поверхности (рис. 1) и установлено уравнение зависимости (1):

$$y = 2443,79 \cdot x^{-0,53} \quad (1)$$

где  $y$  – значение датчика освещенности, о. е.;

$x$  – необходимая освещённость рабочей поверхности, люкс.

В ходе проверки уравнения (1) путем повторения эксперимента (по показаниям люксметра выставлялась определенная освещённость), высчитывались показания датчика и сверялись полученные значение в реальном времени с помощью «монитора порта» программы ARDUINO IDE. В реальных условиях проводилась проверка расчётной зависимости с реальной зависимостью.



**Рисунок 1 – Зависимость показаний датчика от освещённости рабочей поверхности**

При этом выявлено, что при измерении малых уровней освещённости показания значительно отличались. Поэтому экспериментальным путём выведено новое уравнение зависимости, проверяемое в различное время суток в течение недели, в котором погрешность не превышала 4 %. Новое уравнение с меньшей погрешностью имеет вид (2):

$$y = 2550,50 \cdot x^{-0,53} \quad (2)$$

Данное уравнение нашло применение в автоматической системе управления освещением, а именно в программном коде, где вместо  $x$  можно подставлять необходимую освещённость в помещении. Для данного расчёта это действие реализовано путем движения энкодера, но также его можно осуществить с помощью потенциометра. После этого микроконтроллер с помощью уравнения высчитывает значение, которое должно совпасть с значением датчика, а

далее с помощью широтно-импульсной модуляции, увеличивает или уменьшает световой поток светильника, до тех пор, пока рассчитанное значение не сравняется с значением, получаемым от датчика освещённости.

Таким образом, мы получили автоматическую систему, которая может управлять световым потоком в зависимости от освещённости рабочей поверхности. Выбор необходимого уровня освещённости производится на дисплее с помощью энкодера.

### **Список источников**

1. Повышение энергоэффективности в сельском хозяйстве / Е. В. Тимофеев, А. Ф. Эрк, В. Н. Судаченко [и др.] // Молодой ученый. 2017. № 4 (138). С. 213–217.
2. Ульянов Р. С., Завьялов В. А. Концепция системы освещения помещений с автоматическим управлением на базе светодиодов // Молодой ученый. 2013. № 3 (50). С. 108–111.

© Горбунова Л. Н., Лесик В. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 28.10.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 28.10.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 63:004.9

**Энергосберегающие технологии видеоцифрового управления  
поведением птицы для повышения  
эффективности производства в птицеводстве**

**Надежда Петровна Кондратьева<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор  
**Роман Геннадьевич Большин<sup>2</sup>**, кандидат технических наук  
**Мария Геннадьевна Краснолуцкая<sup>3</sup>**, кандидат технических наук  
**Андрей Сергеевич Кузьмин<sup>4</sup>**, студент

<sup>1,4</sup> Ижевская государственная сельскохозяйственная академия,  
Удмуртская Республика, Ижевск, Россия

<sup>2,3</sup> Учебно-научный инновационный центр «Омега»,  
Удмуртская Республика, Ижевск, Россия

<sup>1</sup> [aep\\_isha@mail.ru](mailto:aep_isha@mail.ru), <sup>2</sup> [Roman.78521@gmail.com](mailto:Roman.78521@gmail.com), <sup>3</sup> [Marial212@mail.ru](mailto:Marial212@mail.ru),

<sup>4</sup> [andry1977@gmail.com](mailto:andry1977@gmail.com)

**Аннотация.** Приведены результаты исследований по применению энергосберегающих технологий мониторинга поведенческих реакций птицы с помощью интеллектуального технического зрения в промышленном птицеводстве. Обосновано, что для увеличения продуктивности кур целесообразно использовать беспроводные IP-камеры в количестве восьми штук для контроля поведенческих реакций 19,5 тысяч кур и 500 петушков, что позволит обходиться без присутствия человека. Доказано, что использование технического зрения способствует сохранению птицы на 98 %, срок окупаемости предлагаемой системы составляет менее, чем один год.

**Ключевые слова:** техническое зрение, мониторинг поведенческих реакций птицы, интеллектуальное реле, язык программирования LADDER, видеоцифровое управление

**Для цитирования:** Кондратьева Н. П., Большин Р. Г., Краснолуцкая М. Г., Кузьмин А. С. Энергосберегающие технологии видеоцифрового управления поведением птицы для повышения эффективности производства в птицеводстве // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 121–127.

**Energy-saving technologies for video digital management  
of poultry behavior to improve poultry production efficiency**

**Nadezhda P. Kondratyeva<sup>1</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
**Roman G. Bolshin<sup>2</sup>**, Candidate of Technical Sciences  
**Maria G. Krasnolutskaaya<sup>3</sup>**, Candidate of Technical Sciences

---

Andrey S. Kuzmin<sup>4</sup>, student

<sup>1,4</sup> Izhevsk State Agricultural Academy, Udmurt Republic, Izhevsk, Russia

<sup>2,3</sup> Educational Scientific Innovation Center "Omega",  
Udmurt Republic, Izhevsk, Russia

<sup>1</sup> [aep\\_isha@mail.ru](mailto:aep_isha@mail.ru), <sup>2</sup> [Roman.78521@gmail.com](mailto:Roman.78521@gmail.com), <sup>3</sup> [Maria1212@mail.ru](mailto:Maria1212@mail.ru),

<sup>4</sup> [andry1977@gmail.com](mailto:andry1977@gmail.com)

**Abstract:** The results of research on the use of energy-saving technologies for monitoring behavioral reactions of poultry using intelligent technical vision in industrial poultry farming are presented. It is proved that in order to increase the productivity of chickens, it is advisable to use wireless IP cameras in the amount of eight pieces to control the behavioral reactions of 19.5 thousand chickens and 500 cockerels, which will allow you to do without the presence of a person. It is proved that the use of technical vision contributes to the preservation of poultry by 98 %, the payback period of the proposed system is less than one year.

**Keywords:** technical vision, monitoring of bird behavioral reactions, intelligent relay, LADDER programming language, video digital control

**For citation:** Kondratyeva N. P., Bolshin R. G., Krasnolutsкая M. G., Kuzmin A. S. Energoberegayushchie tekhnologii videocifrovogo upravleniya povedeniem pticy dlya povysheniya effektivnosti proizvodstva v pticevodstve [Energy-saving technologies for video digital management of poultry behavior to improve poultry production efficiency]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 121–127), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Существует напольное и клеточное содержание птицы. Выбор типа содержания зависит от преследуемой цели: если производитель хочет получать больше мяса с квадратного метра, то приоритетнее клеточное содержание, если в приоритете качественные показатели, то нужно использовать напольное содержание [2]. Клеточные батареи окупаются за три – четыре года, а напольное оборудование: за два – два с половиной года. При этом клетка приносит на 20 % больше прибыли, чем при напольном содержании. При ограничении движения в клетке расход корма на единицу продукции на 10–15 % меньше, чем при напольном содержании.

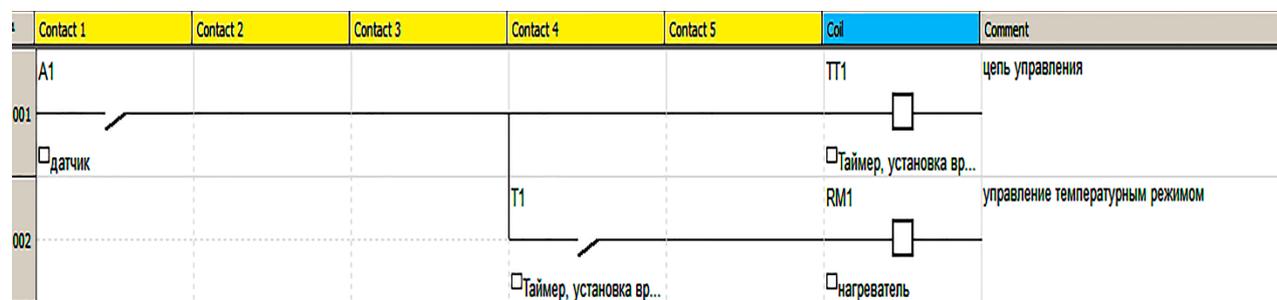
Клеточное содержание больше подходит молодняку. Напольное содержание птицы используется на многих птицефабриках и племенных заводах, которые выращивают племенную птицу, родительские формы первого и второго порядка с целью селекции и получения новых линий и пород домашней птицы с высокими хозяйственно-полезными признаками. Такие страны, как Австрия, Дания, Нидерланды и Канада, используют напольное содержание птицы из соображений обеспечения гуманного отношения к ней [2]. Птичники, рассчитанные на клеточное содержание птицы, в три раза меньше, чем при напольном содержании. К сожалению, не всякую взрослую птицу можно содержать в клетках из-за её большой массы, появления наминов на груди и ногах и ряда других причин.

Для оценки поведенческих (этологических) реакций птицы при напольном содержании нами использована система интеллектуального видеонаблюдения, состоящая из аппаратной и программной частей. Аппаратная часть производит цифровую видео- и аудиозапись, программное обеспечение – совмещает текст поведенческих действий с видеоизображением [10, 13, 14]. Для увеличения продуктивности кур целесообразно использовать беспроводные IP-камеры [1, 3, 4], которых, по нашим расчётам, необходимо восемь штук для контроля поведенческих реакций 19,5 тысяч кур и 500 петушков, что позволит обходиться без присутствия человека [13].

Нами разработаны технические решения для реализации трёх поведенческих реакции: скученность в помещении, скученность у поилки и птица долго лежит. Для этого использовано интеллектуальное реле Schneider Electric Zelio Logic.

Скученность птицы свидетельствует о низкой температуре в помещении. Для регулирования этого процесса устанавливают датчик температуры. В соответствии с санитарными нормами, комфортная температура для птицы составляет от 25 до 27 °С. Следовательно, при температуре ниже санитарных

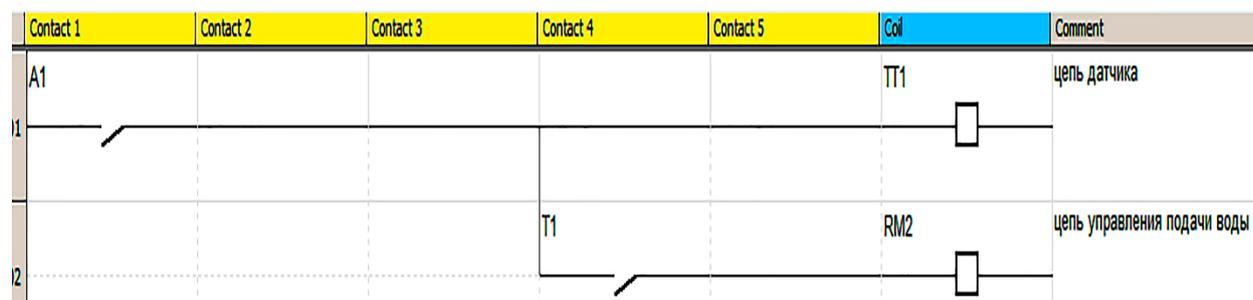
норм у птицы возникает скученность. На рисунке 1 приведён фрагмент программы для мониторинга температуры.



**Рисунок 1 – Фрагмент программы на языке LADDER для мониторинга температуры**

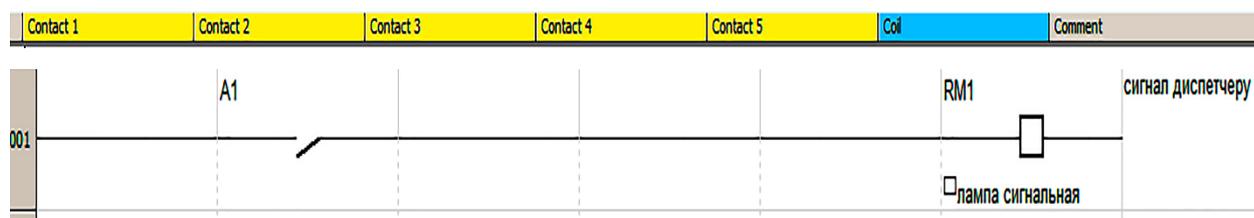
Алгоритм работы программы мониторинга температуры заключается в следующем. Камера фиксирует скученность в течение 15 минут. Далее подаётся сигнал на датчик температуры, что обеспечивает включение нагревателей. После повышения температуры до санитарной нормы, камера повторно проводит мониторинг поведения птицы. Если скученность не наблюдается, то подается сигнал на отключение нагревателей.

Скученность птицы у поилок свидетельствует о недостатке воды. Камера фиксирует это в течение 15 минут и подает сигнал на датчик воды. Обеспечивается включение насоса. Насос выключается в течение времени, когда все птицы разойдутся. Камера фиксирует это и подает сигнал на датчик воды, который отключает насос. На рисунке 2 приведён фрагмент программы для мониторинга воды.



**Рисунок 2 – Фрагмент программы на языке LADDER для мониторинга воды**

Если птица долго лежит и не встаёт, то это свидетельствует о ветеринарных проблемах. На рисунке 3 показан фрагмент программы для устранения ситуации. Алгоритм работы программы состоит в том, что если птица лежит неподвижно в течении 30 минут, подаётся сигнал диспетчеру при помощи сигнальной лампы.



**Рисунок 3 – Фрагмент программы  
на языке LADDER для мониторинга температуры**

**Заключение.** Для увеличения продуктивности кур целесообразно использовать безопасное и экономичное видеоцифровое управление [6, 7, 11]. Использование восьми беспроводных IP-камер позволяет автоматически управлять поведением 19,5 тысяч кур и 500 петушков [12]. Это создаёт возможность обходиться без присутствия человека, что повышает эффективность производства за счет увеличения эффективности трудовых ресурсов [7, 15]. Использование технического зрения способствует сохранению птицы на 98 %. Предлагаемая система технического зрения окупается примерно за шесть месяцев.

### Список источников

1. Башилов А. М., Королев В. А. Видеоцифровое системометрическое управление агротехнологическими процессами // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 4 (48). С. 68.
2. Возможности применения светодиодного освещения в птицеводстве / Н. П. Кондратьева, С. А. Баранов, Р. Н. Воробьёв [и др.] // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2013. № 2 (58). С. 15–16.

3. Ёлгин К. С. Основные элементы технического зрения, необходимые для анализа состояния растений // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Техническое зрение и распознавание образов» : материалы III науч.-техн. конф. (Анапа, 22–23 апреля 2021 г.). Анапа : Военный инновационный технополис «ЭРА», 2021. С. 133–140.

4. Игонин А. Г. Средства обработки графических изображений : учебное пособие. Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2009. 103 с.

5. Красильников Н. Н., Красильникова О. И. Компьютерная обработка изображений. Морфологические операции и их применение : учебное пособие. СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2010. 44 с.

6. Лукьянов А. А. Интеллектуальные задачи мобильной робототехники. Иркутск : Иркутский государственный университет, 2005. 312 с.

7. Мухаметгалиев Ф. Н., Зиганшин Б. Г., Ситдикова Л. Ф. Организационно-экономический механизм повышения эффективности трудовых ресурсов в сельском хозяйстве : монография. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2021. 376 с.

8. Нестеров В. В., Туранов С. Б., Петикарь П. В. Оптическое зрение для диагностики морфометрических параметров растений // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Техническое зрение и распознавание образов» : материалы III науч.-техн. конф. (Анапа, 22–23 апреля 2021 г.). Анапа : Военный инновационный технополис «ЭРА», 2021. С. 244–249.

9. Поведенческие реакции животных после экспериментальной черепно-мозговой травмы: влияние препарата нуклеотидной природы / Е. В. Дмитриенко, Т. А. Филатенкова, Е. Г. Рыбакина [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2014. № 3. С. 180–191.

10. Реализация безопасных агроэкологических электротехнологий с помощью цифровых технологий / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая [и др.] // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 2 (72). С. 67–70.

11. Риск-ориентированный подход для ранжирования объектов энергетики и территорий по уровню опасности в агропромышленном комплексе / А. В. Радикова, Н. П. Кондратьева, В. К. Ваштиев [и др.] // Современные подходы к развитию агропромышленного, химического и лесного комплексов. Проблемы, тенденции, перспективы : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Великий Новгород, 17 марта 2021 г.). Великий Новгород : Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2021. С. 413–418.

12. Сервис технических средств автоматики : учебное пособие / Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, И. А. Баранова [и др.]. Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. 112 с.

13. Система технического зрения для статических и динамических объектов предприятий АПК / Н. П. Кондратьева, М. Г. Соколов, Р. Г. Кондратьев [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4 (41). С. 37–40.

14. Цифровое управление безопасными агроэкологическими электротехнологиями / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая [и др.] // Евразийское Научное Объединение. 2021. № 1–3 (73). С. 75–79.

15. Ovchukova S. A., Kondratieva N. P., Kovalenko O. Y. Energy saving in lighting technologies of agricultural production // Light and Engineering. 2021. Vol. 2 (29). P. 21–25.

© Кондратьева Н. П., Большин Р. Г., Краснолуцкая М. Г., Кузьмин А. С., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 620.92:62.67

## Использование устройств получения горячего водоснабжения на территориях, приравненных к Крайнему Северу

Дмитрий Станиславович Котенко, студент  
Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия, [diman999port@gmail.com](mailto:diman999port@gmail.com)

**Аннотация.** Выделены и рассмотрены способы получения потока энергии от Солнца: использование фотопанелей, напрямую преобразующих солнечное излучение в электрический ток, и гелиоустановки, преобразующей солнечное излучение в теплоту, которая нагревает теплоноситель. Разработан вопрос применения гелиоустановки в условиях Амурской области. Для её размещения предложено задействовать конструкцию крыши частного дома.

**Ключевые слова:** микроклимат, Солнце, гелиоустановка, горячее водоснабжение, температура воздуха

**Для цитирования:** Котенко Д. С. Использование устройств получения горячего водоснабжения на территориях, приравненных к Крайнему Северу // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 128–131.

## The use of hot water supply devices in territories equated to the Extreme North

Dmitry S. Kotenko, student  
Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia  
[diman999port@gmail.com](mailto:diman999port@gmail.com)

**Abstract:** The methods of obtaining energy flow from the Sun are highlighted and considered: the use of photopanel that directly convert solar radiation into electric current, and solar installations that convert solar radiation into heat, which heats the coolant. The question of the use of a solar installation in the Amur region has been developed. To accommodate it, it is proposed to use the roof structure of a private house.

**Keywords:** microclimate, sun, solar installation, hot water supply, air temperature

**For citation:** Kotenko D. S. Ispol'zovanie ustrojstv polucheniya goryachego vodosnabzheniya na territoriyah, priravnennyh k Krajnemu Severu [The use of hot water supply devices in territories equated to the Extreme North]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian*

---

*(National) Scientific and Practical Conference. (PP. 128–131), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).*

Географическое положение Амурской области, с точки зрения солнечной энергии, относится к территориям, где целесообразно её использовать. Величина солнечного сияния, измеряемая количеством часов в год, на севере Амурской области составляет величину от 1 900 до 2 000 часов, а на юге – более 2 500 часов. В городе Благовещенске средняя величина сияния достигает 2 266 часов. Это один из самых высоких показателей в России.

Использовать поток энергии от Солнца можно двумя способами. Это, прежде всего, использование фотопанелей, напрямую преобразующих солнечное излучение в электрический ток, а также применение гелиоустановки, преобразующей солнечное излучение в теплоту, которая нагревает теплоноситель. В настоящее время оба направления развиваются. Предлагается большое количество конструкций, особенно в области гелиоэнергетики, авторское право на которые закреплено патентом.

Так, в патенте RU 2714635 С1 предлагается использовать конструкцию в форме пирамиды с фокусированием солнечного излучения на гранях при помощи дополнительных зеркал. В патенте RU 99122 U1 разработана конструкция солнечного нагревателя в форме половины цилиндра. На выходе получаем нагретую воду. Увеличение эффективности достигается за счёт использования формы большей площади. Однако все предлагаемые конструкции имеют и недостатки, особенно это касается их использования на территориях с большой продолжительностью низких температур.

В основном увеличение коэффициента полезного действия этих конструкций связано с их размещением. Чаще всего для размещения гелиоустановок предлагается использование крыш и естественных складок местности. Особенно такой способ актуален для урбанистических ландшафтов с ограниченной площадью горизонтальной поверхности.

Для территории Амурской области характерно разделение на три зоны (северная, центральная и южная). Северная и центральная зоны характеризуются наличием холмов или гор с крутыми склонами. Южная зона относится к лесостепным, с небольшими холмами, которые в основном используются под сельское хозяйство (растениеводство). Северная часть покрыта тайгой. Она и является наиболее перспективной в плане использования под гелиоустановки, однако отсутствуют потребители тепловой энергии, а передавать её на большое расстояние не представляется возможным.

Таким образом, территория Амурской области для применения гелиоустановок сужается до центральной и южной зоны, на территориях, близких к большим поселениям.

Для оценки разрабатываемой конструкции нами выбрана территория, находящаяся рядом с городом Благовещенск. Она имеет открытый горизонт в южную, юго-восточную и юго-западную сторону, что позволяет использовать световой день полностью. Для размещения установки будет использована конструкция крыши на частном доме. Покрытие крыши составляет профилированный металл.

Разработка конструкции установки осуществляется с учётом следующих предпосылок:

1. Чистота горизонта.
2. Возможность простого монтажа.
3. Возможность круглосуточного получения данных.

Для проведения эксперимента под крышу будет осуществлён монтаж труб в форме змеевика, заложены датчики температуры, установлен микроконтроллер. Данная конструкция будет использоваться для предварительного получения информации о динамике нагрева.

Также, нами проведено исследование температуры нагрева при помощи инфракрасной съёмки. Оно показало, что температура нагрева составляет

57 °С при облачности в ноль баллов (22 июня 2021 г.). В настоящее время динамика нагрева контролируется при помощи аппарата Логгер-100. Фиксируемыми параметрами являются температура воздуха, влажность и точка росы.

Таким образом, полученные предварительные данные позволяют утверждать, что конструктивно можно использовать подпространство крыши для монтажа гелиоустановки. Дальнейшие исследования направлены на оценку эффективности такой установки.

### **Список источников**

1. Влияние аэрозольного загрязнения атмосферы на работу солнечных приёмников / Б. И. Назаров, М. А. Салиев, А. Н. Махмудов [и др.] // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2020. № 5–6 (59). С. 206–213.

2. Лобеев А. И. Повышение эффективности использования солнечного коллектора с помощью гелиотрекера : Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. (Саратов, 30 апреля 2017 г.). Саратов : Издательство «ЦеСАин», 2017. С. 156–159.

3. Результаты экспериментальных исследований гелиоколлектора / Е. В. Тимофеев, А. Ф. Эрк, В. Н. Судаченко [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 96. С. 27–33.

4. Слесаренко И. В. Исследование и испытания вакуумных солнечных коллекторов в системах теплоснабжения // Фундаментальные исследования. 2016. № 2–3. С. 509–514.

© Котенко Д. С., 2021

Статья поступила в редакцию 17.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 17.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 62.65

## Снижение энергетических затрат транспортных средств за счёт термоэлектрического переноса энергии

Александр Викторович Кучер<sup>1</sup>, аспирант

Сергей Васильевич Щитов<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор

Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>3</sup>, доктор технических наук, доцент

Зоя Федоровна Кривуца<sup>4</sup>, доктор технических наук, доцент

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [alexkucher1987@mail.ru](mailto:alexkucher1987@mail.ru), <sup>2</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru), <sup>3</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru),

<sup>4</sup> [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru)

**Аннотация.** Представлены теоретические исследования по повышению эффективности транспортных средств в зимних условиях эксплуатации за счёт использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля. В основу принципа работы устройства положен термоэлектрический эффект переноса энергии. Доказано, что использование устройства позволяет использовать часть тепла, удаляемого из двигателя с выхлопными газами, для вторичного использования. Это даёт возможность улучшить работу гидравлической системы за счёт подогрева гидравлической жидкости и снижения вязкости самой жидкости при работе транспортного средства в условиях низких температур.

**Ключевые слова:** транспортное средство, нагревательное устройство, модуль Пельтье, термоэлектрический эффект переноса энергии

**Для цитирования:** Кучер А. В., Щитов С. В. Кузнецов Е. Е. Кривуца З. Ф. Снижение энергетических затрат транспортных средств за счёт термоэлектрического переноса энергии // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 132–137.

## Reduction of energy costs of vehicles due to thermoelectric energy transfer

Alexander V. Kucher<sup>1</sup>, graduate student

Sergey V. Shchitov<sup>2</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor

Evgeny E. Kuznetsov<sup>3</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Zoya F. Krivutsa<sup>4</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [alexkucher1987@mail.ru](mailto:alexkucher1987@mail.ru), <sup>2</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru), <sup>3</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru),

<sup>4</sup> [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru)

**Abstract:** Theoretical studies on improving the efficiency of vehicles in winter operating conditions through the use of a heating device based on a thermoelectric regenerative module are presented. The principle of operation of the device is based on the thermoelectric effect of energy transfer. It is proved that the use of the device allows you to use part of the heat removed from the engine with exhaust gases for secondary use. This makes it possible to improve the operation of the hydraulic system by heating the hydraulic fluid and reducing the viscosity of the fluid itself when the vehicle is operating at low temperatures.

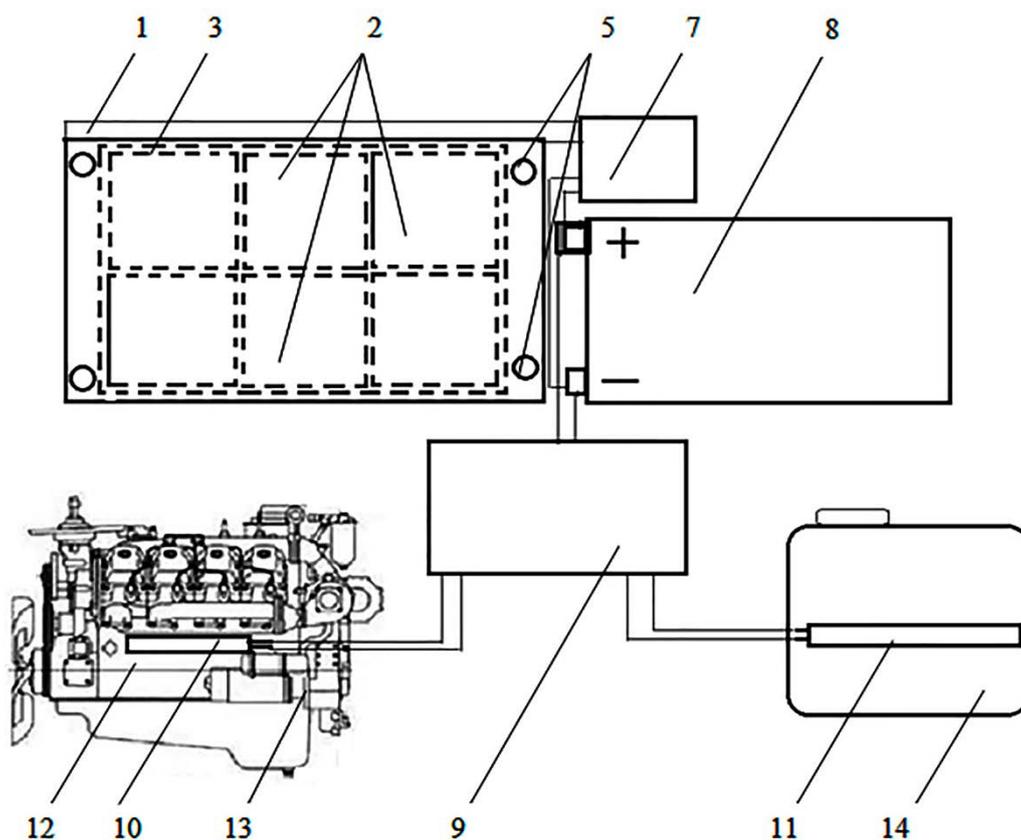
**Keywords:** vehicle, heating device, Peltier module, thermoelectric energy transfer effect

**For citation:** Kucher A. V., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Snizhenie energeticheskikh zatrat transportnyh sredstv za schyot termoelektricheskogo perenosa energii [Reduction of energy costs of vehicles due to thermoelectric energy transfer]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 132–137), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Для обеспечения надежной и бесперебойной доставки грузов транспортным средством в сложных зимних условиях необходимо проводить адаптационные мероприятия, направленные на снижение энергетических затрат. Возможность рекуперации тепла от сгорания топлива обеспечивает разработанный нами термоэлектрический рекуперативный модуль [1–8].

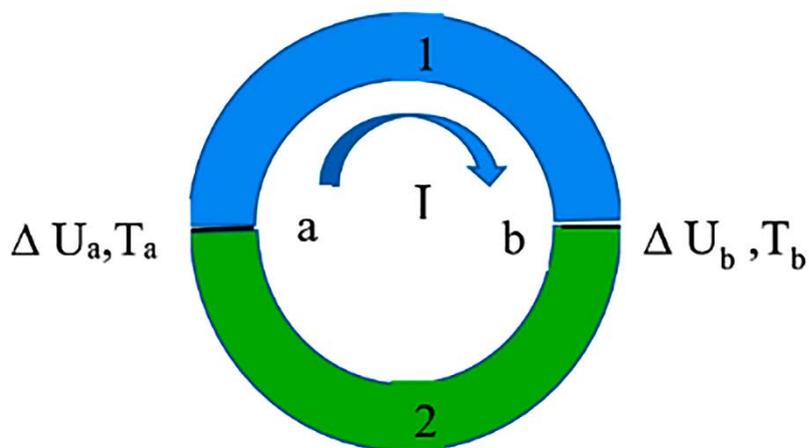
Предлагаемое устройство выполнено в виде комплекса, объединённого электрической сетью, и включает энергоблок, монтируемый на выхлопной трубе глушителя автомобиля. Непосредственно рекуперативное устройство состоит из батареи термоэлектрических модулей Пельтье (рис. 1).

При контакте двух разнородных металлов возникает термоэлектрический эффект, обусловленный зависимостью контактной разности потенциалов от температуры. Рассмотрим замкнутую цепь из двух разнородных металлических проводников 1 и 2, температуры контактов (спаев)  $a$  и  $b$ , которые поддерживаются от внешнего источника (предположим, что  $T_a > T_b$ ) (рис. 2).



- 1 – установочная муфта энергоблока; 2 – элементы Пельтье; 3 – установочная муфта;  
 4 – алюминиевая труба; 5 – монтажные отверстия; 6 – ветронаправляющая плоскость;  
 7 – преобразователь напряжения; 8 – щелочной аккумулятор; 9 – контроллер с таймером;  
 10, 11 – электронагревательный элемент; 12 – блок цилиндров;  
 13 – двигатель; 14 – ёмкость с рабочей жидкостью

**Рисунок 1 – Принципиальная схема термоэлектрического автомобильного рекуперативного модуля**



**Рисунок 2 – Определение зависимости термоэлектродвижущей силы от разности температур спаев**

Согласно [9], контактная разность потенциалов  $\Delta\varphi$  зависит от разности температур  $\Delta T$  и определяется выражением (1):

$$\Delta U = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{k \cdot T}{e} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

где  $A_1, A_2$  – работа выхода электрона из металла, соответственно 1 и 2, Дж;  
 $e$  – заряд электрона, Кл;  
 $k$  – постоянная Больцмана, Дж/К;  
 $T$  – термодинамическая температура, К;  
 $n_1, n_2$  – средняя концентрация электронов соответственно первого и второго металла, м<sup>-3</sup>.

Учитывая выражение (1), между замкнутыми спаями а и б возникает термоэлектродвижущая сила  $\varepsilon$ , которая создает электрический ток силой  $I$  и находится из формулы (2):

$$\varepsilon = \Delta U_a - \Delta U_b = \left( -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{k \cdot T_a}{e} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2} \right) - \left( -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{k \cdot T_b}{e} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2} \right) = (T_a - T_b) \cdot \frac{k}{e} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2} = \varepsilon_0 \cdot (T_a - T_b) \quad (2)$$

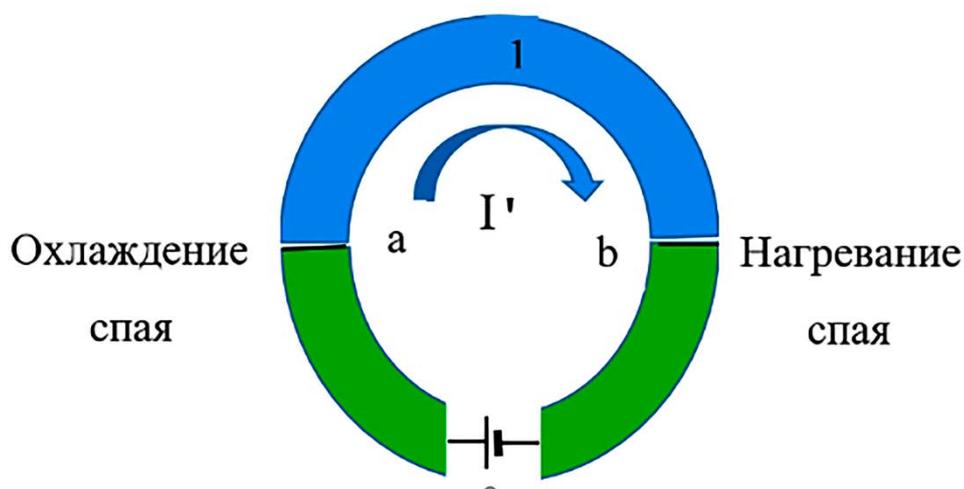
При этом удельная электродвижущая сила термопары ( $\varepsilon_0$ ) определяется из выражения (3):

$$\varepsilon_0 = \frac{k}{e} \cdot \ln \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

Удельная электродвижущая сила термопары не зависит от температуры спаев и является постоянной величиной для пары металлов, при условии пренебрежимо малой зависимости концентрации  $n_1$  и  $n_2$  от температуры спаев.

Таким образом, из выражения (2) следует, что чем больше разность температур спаев, тем выше термоэлектродвижущая сила термопары, создающая ток в замкнутой цепи проводников.

Предлагаемое разработанное устройство позволяет работать в режиме обратном термоэлектрическому (эффект Пельтье). В случае пропускания электрического тока  $I'$  от внешнего электрического тока в направлении, совпадающем с направлением термотока при термоэлектрическом эффекте, спаи  $a$  и  $b$  приобретают различную температуру. При этом необходимо учитывать, что спай  $a$ , который при термоэлектрическом эффекте поддерживался при более высокой температуре – охлаждается, а  $b$  – нагревается. В случае изменения направления тока  $I'$  на противоположное: спай  $a$  – нагревается, а спай  $b$  – охлаждается (рис. 3).



**Рисунок 3 – Определение зависимости температуры спаев от силы электрического тока**

Использование предложенного устройства позволяет использовать часть тепла, удаляемого из двигателя с выхлопными газами, для вторичного использования, путём преобразования в электрическую энергию, с последующим переводом в тепловую. Это даёт возможность улучшить работу гидравлической системы за счёт подогрева гидравлической жидкости и снижения вязкости самой жидкости при работе транспортного средства в условиях низких температур.

**Список источников**

1. Повышение пусковых качеств источников энергии автомобиля при адаптации к условиям низкотемпературного использования в агропромышленном комплексе / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 173–178.

2. Повышение эффективности использования грузовых автомобилей для вывоза сельскохозяйственной продукции в условиях низких температур / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, Е. Е. Кузнецов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 167–172.

3. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 86–93.

4. Расчёт энергетической эффективности используемых в сельском хозяйстве транспортных средств, подготовленных к зимним условиям эксплуатации / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2021. № 3 (45). С. 23.

5. Расширение функциональных возможностей колёсной энергетики / О. А. Кузнецова, З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1 (57). С. 87–98.

6. Термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль : пат. № 197094 Рос. Федерация. № 2019142798 ; заявл. 17.12.2019 ; опубл. 30.03.2020 / Кузнецов Е. Е., Щитов С. В., Гончарук А. И. [и др.]. Бюл. № 10. 8 с.

7. Формирование прямых энергетических затрат транспортного средства, адаптированного к региональным условиям низкотемпературной эксплуатации / А. В. Кучер, О. А. Кузнецова, С. В. Щитов [и др.] // Стратегии устойчивого развития мировой науки : 75-я междунар. науч. конф. Евразийского Научного Объединения (Москва, май 2021 г.). М. : Евразийское Научное Объединение, 2021. С. 32–35.

8. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming / A. E. Slepnev, E. S. Polikutina, S. V. Shchitov [et al.] // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems : 1<sup>st</sup> International Scientific and Practical Conference (Nalchik, 18–19 March 2021). Nalchik, 2021. P. 01003.

© Кучер А. В., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 24.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 24.12.2021.

УДК 536.2

**Применение математической модели  
для плоского солнечного коллектора в теплицах Амурской области**

**Кирилл Андреевич Паньков**<sup>1</sup>, студент  
**Светлана Александровна Черемисина**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия  
<sup>1</sup> [kirillpankov98@gmail.com](mailto:kirillpankov98@gmail.com), <sup>2</sup> [sg26081983@mail.ru](mailto:sg26081983@mail.ru)

**Аннотация.** Произведено построение математической модели для плоского солнечного коллектора с теплоносителем применительно к условиям Амурской области. На основе модели установлено, что при увеличении длины трубопровода уложенного в солнечном коллекторе, увеличивается время нахождения теплоносителя в зоне нагрева.

**Ключевые слова:** теплица, солнечный коллектор, математическая модель, теплоноситель, тепловоспринимающие трубки

**Для цитирования:** Паньков К. А., Черемисина С. А. Применение математической модели для плоского солнечного коллектора в теплицах Амурской области // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 138–144.

**Application of a mathematical model  
for a flat solar collector in greenhouses of the Amur region**

**Kirill A. Pankov**<sup>1</sup>, student  
**Svetlana A. Cheremisina**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences  
<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia  
<sup>1</sup> [kirillpankov98@gmail.com](mailto:kirillpankov98@gmail.com), <sup>2</sup> [sg26081983@mail.ru](mailto:sg26081983@mail.ru)

**Abstract:** A mathematical model has been constructed for a flat solar collector with a coolant in relation to the conditions of the Amur region. Based on the model, it was found that with an increase in the length of the pipeline laid in the solar collector, the time spent by the coolant in the heating zone increases.

**Keywords:** greenhouse, solar collector, mathematical model, heat carrier, heat-receiving tubes

**For citation:** Pankov K. A., Cheremisina S. A. Primenenie matematicheskoy modeli dlya ploskogo solnechnogo kollektora v teplicah Amurskoj oblasti [Application of a mathematical model for a flat solar collector in greenhouses of the Amur region]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex:

---

*Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. (PP. 138–144), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).*

Современный человек может и хочет пользоваться всеми необходимыми благами цивилизации, без которых очень сложно представить жизненный путь. Электричество, отопление и горячая вода являются неотъемлемой частью комфортных условий труда и быта общества. Для полноценного питания человеку необходимо получать свежие овощи круглый год.

Особенностью выращивания свежих овощей и зелени весной, зимой и осенью в Амурской области является низкий уровень температур. Для поддержания оптимальной температуры в теплице необходимо соответствующее энергетически эффективное оборудование. В этой связи нами предлагается использование солнечного коллектора для системы отопления. Проведённый анализ работы фотоэлектрических панелей (солнечных батарей) показал, что обогреть ими теплицу невозможно. Фотоэлектрические панели предназначены для выработки электричества. Для системы отопления в качестве источника тепла нужно применять оборудование, работающее от солнечной энергии, к которому относится солнечный коллектор.

Работа солнечных коллекторов основана на нагреве теплоносителя, циркулирующего по вакуумным трубкам, уложенным внутри остеклённой панели. Теплоноситель в трубках нагревается до высоких температур и отводится в уложенную под почвой систему труб.

Особенностью работы гелиоколлектора является обеспечение теплом помещения теплицы при попадании на него солнечных лучей, независимо от температуры воздуха окружающей среды. При отсутствии солнечных лучей (например, в пасмурную погоду или ночное время суток) необходимо применять другие виды тепловой энергии. Чаще всего для экономичной и эффек-

тивной работы системы отопления используются газовые котлы и печи, работающие на твердом топливе. Для автоматизации процесса отопления лучше всего подходят газовые котлы, которые могут использоваться без вспомогательных источников тепла.

Печи на твердом топливе сложно автоматизировать, так как необходима периодическая загрузка дров либо угля. Этот процесс можно выполнять вручную, либо с помощью автоподачи, что требует дополнительных затрат. Преимуществом таких печей является низкая стоимость топлива и высокая теплоотдача.

Также для системы отопления теплицы нами рассмотрены инфракрасные излучатели, системы кабельного подогрева и солнечные коллекторы. Недостатком применения этих систем является высокая стоимость электрической энергии, применяемой для их электроснабжения.

Применение тепловых пушек в теплицах экономически не эффективно. Ещё одним недостатком их применения является чрезмерное осушение воздуха, что является для растений очень важным аспектом.

Рассмотрим математическую модель солнечного коллектора для теплицы. Потери тепла в солнечном коллекторе возникают через корпус устройства. При этом полный коэффициент теплопроводности ( $U_L$ ) определяется по формуле (1):

$$U_L = U_t + U_b + U_h \quad (1)$$

где  $U_t$  – коэффициент теплопроводности верхней части устройства;  
 $U_b$  – коэффициент теплопроводности нижней части устройства;  
 $U_h$  – коэффициент теплопроводности боковых стенок.

Потерями через боковые стенки чаще всего можно пренебречь, так как площадь боковых стенок устройства очень мала.

Для определения потерь тепла через нижнюю часть устройства необходимо учитывать суммарное сопротивление теплопроводности всех слоёв, лежащих ниже трубопровода ( $R_{\text{общ}}$ ), используя выражения (2)–(3):

$$U_b = \frac{1}{R_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (3)$$

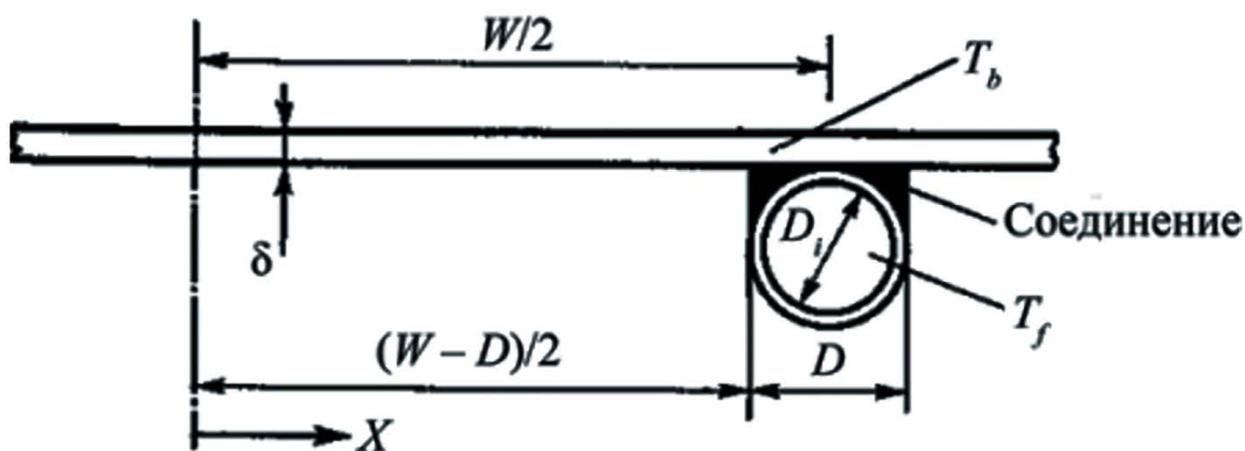
где  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  – толщина слоёв;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  – коэффициент теплопроводности слоёв.

Полезная энергия, поглощаемая плоским коллектором за единицу длины трубопровода в направлении потока теплоносителя, определяется по формуле (4):

$$q'_u = W \cdot F \cdot [S - U_L \cdot (T_f + T_a)] \quad (4)$$

Параметры формулы (4) отображены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Параметры измерений солнечного коллектора**

На характеристики коллектора особое влияние оказывает проводимость,

так как соединение металлов между листом и трубой может очень сильно влиять на работу устройства. Сопротивление в месте контакта, определяемое из выражения (5), не должно превышать 0,03 (м·°С)/Вт:

$$F' = \frac{U_0}{U_L} \quad (5)$$

где  $U_0$  – сопротивление переносу тепла от поглощающей пластины коллектора к окружающему воздуху.

Полезная энергия на единицу трубы, определяемая уравнением (6), в конечном счете, передаётся жидкости. Жидкость поступает в коллектор при температуре ( $T_f$ ) и выходит при более высокой температуре ( $T_f$ ). Тогда баланс энергии для элемента жидкости на участке одной трубы длиной ( $\Delta y$ ) можно представить в виде:

$$m \cdot C_p \cdot T_f|_y - m \cdot C_p \cdot T_f|_{y+\Delta y} + \Delta y \cdot q'_u = 0 \quad (6)$$

где  $m$  – массовый расход теплоносителя, кг/ч;

$C_p$  – теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг·К).

Согласно положениям теории подобия, конвективный теплообмен без изменения агрегатного состояния вещества в стационарных условиях может быть описан уравнением вида (7):

$$N_u = f(R_e, Pr, Gr, \Gamma, \dots) \quad (7)$$

Зная температуру теплоносителя на входе в коллектор ( $T_f$ ), а также коэффициент отвода тепла ( $F_R$ ), можно рассчитать полную полезную энергию плоского солнечного коллектора по формуле (8):

$$Q_U = AF_R [S - U_L(T_f - T_a)] \quad (8)$$

За счёт особенностей проектирования конструкции солнечного коллектора удобно проводить вскрытие, ремонт и выполнять замену частей коллектора.

Математическая модель позволила установить, что при увеличении длины трубопровода, уложенного в солнечном коллекторе, увеличивается время нахождения теплоносителя в зоне нагрева. Теплоноситель в результате прохождения по трубкам будет достигать больших температур, и на выходе будет достигаться больший коэффициент теплоотдачи.

Температурные параметры в теплице для различных видов культур определены соответствующими нормами. При этом необходимо учитывать и вегетативную фазу роста овощей и зелени. Температура почвенного слоя для корневой системы должна быть равна температуре воздуха, либо может отличаться на два – три градуса. Для поддержания температуры в зимний период необходимо настроить систему отопления по соответствующим параметрам.

**Выводы.** Нами составлена и описана математическая модель плоского солнечного коллектора, которая применима для теплиц в условиях Амурской области. Математическая модель позволила установить, какие технические решения можно использовать в конструкции плоских солнечных коллекторов, чтобы увеличить их эффективность в регионах с холодным климатом. Применение системы отопления на основе солнечной энергии обеспечит снижение затрат на выращивание овощей и уменьшит влияние человеческого фактора при управлении системой.

#### **Список источников**

1. Соловьёва Е. Г., Кондратенков А. Н. Система автономного энергоснабжения здания в условиях II климатической зоны // Вестник Московского государственного строительного университета. 2013. № 10. С. 208–215.
2. Такаев Б. В., Казанджан Б. И., Солодов А. П. Воздушный солнечный

коллектор с прозрачной тепловой изоляцией капиллярного типа // Первая все-российская школа-семинар молодых ученых и специалистов : сб. науч. тр. М. : Московский энергетический институт, 2002. С. 256–261.

3. Фотоэлектрические свойства гетеропереходов AlGaAs-GaAs / Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, Н. С. Зимигородова [и др.] // Физика и техника полупроводников. 1969. Т. 3. № 11. С. 1633–1637.

4. Эффективность солнечных водонагревателей в климатических условиях России / С. Е. Фрид, Ю. Г. Коломиец, А. В. Мордынский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. 2012. № 6. С. 21–26.

© Паньков К. А., Черемисина С. А., 2021

Статья поступила в редакцию 24.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 24.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

УДК 620

## Оценка перспектив распределённой генерации в Амурской области

Екатерина Юрьевна Проценко<sup>1</sup>, студент

Палина Павловна Проценко<sup>2</sup>, доцент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [ekaterina100400@mail.ru](mailto:ekaterina100400@mail.ru), <sup>2</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

**Аннотация.** Обосновано, что распределенная генерация является перспективным направлением развития энергетики Амурской области, так как область обладает значительным потенциалом нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Рассмотрены технологии распределенной генерации на территории региона. Дана оценка перспективных направлений развития распределённой генерации по направлениям: гидропотенциал, ветропотенциал, гелиопотенциал, биопотенциал, энергия на базе тепловых насосов.

**Ключевые слова:** распределенная генерация, гидропотенциал, ветропотенциал, гелиопотенциал, биопотенциал, тепловые насосы

**Для цитирования:** Проценко Е. Ю., Проценко П. П. Оценка перспектив распределённой генерации в Амурской области // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 145–150.

## Assessment of the prospects of distributed generation in the Amur region

Ekaterina Yu. Protsenko<sup>1</sup>, student

Palina P. Protsenko<sup>2</sup>, Associate Professor

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [ekaterina100400@mail.ru](mailto:ekaterina100400@mail.ru), <sup>2</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru)

**Abstract:** It is proved that distributed generation is a promising direction for the development of energy in the Amur region, since the region has a significant potential for unconventional renewable energy sources. The technologies of distributed generation in the region are considered. The assessment of promising directions for the development of distributed generation in the following areas is given: hydro-potential, wind potential, heliopotential, biopotential, heat pump-based energy.

**Keywords:** distributed generation, hydropotential, wind potential, heliopotential, biopotential, heat pumps

**For citation:** Protsenko E. Yu., Protsenko P. P. Ocenka perspektiv raspredelyonnoj generacii v Amurskoj oblasti [Assessment of the prospects of distributed generation in the Amur region]. Proceeding from Topical issues of energy in the

---

Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 145–150), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

На сегодняшний день рациональное использование энергетических ресурсов стало одним из приоритетных направлений политики энергосбережения многих государств. Следовательно, вопрос поиска новых, альтернативных источников тепловой и электрической энергии является как никогда актуальным.

Распределённая генерация представляет собой установку дополнительных источников электрической и тепловой энергии рядом с потребителями. Мощность источников определяется, исходя из мощности потребителей, и с учётом экономических, экологических и других факторов. Выбранная мощность может варьироваться в пределах от двух – трёх до сотен киловатт.

Основными причинами привлекательности использования распределённой генерации на территории Амурской области выступают:

1. Отсутствие необходимости в реконструкции и строительстве новых электрических сетей.
2. Увеличение надёжности электроснабжения.
3. Уменьшение потерь в сетях и перетоков реактивной мощности.
4. Снижение числа и протяжённости магистральных линий электропередачи.
5. Уменьшение воздействия на окружающую среду за счёт применения нетрадиционных источников энергии.

На территории Амурской области немногочисленное население и строительство крупных инфраструктур довольно дорогостоящее мероприятие. Необходимо сразу создавать передовую модульную инфраструктуру, которую сегодня нередко называют «зелёной». К примеру, нужны нетрадиционные источники энергии, которые могут использоваться локально, а не огромные

энергетические объекты и линии электропередачи, которые на тысячи километров передают электроэнергию. Нужна распределенная генерация, включающая гидропотенциал, ветропотенциал, гелиопотенциал, биопотенциал и энергию на базе тепловых насосов [3].

Гидропотенциал Амурской области составляет 70 % гидропотенциала всего Дальнего Востока, и создаётся большими и малыми реками. К большим рекам относится Амур, Зея, Бурея и Селемджа.

В области выявлено 97 рек с нормой годового стока в устье от 6 до 40–50 м<sup>3</sup>/с, на которых теоретически возможны создание и установка малых и микро- гидроэлектростанций. Однако степень гидрологической изученности рек невелика. Основным источником питания рек являются дожди. Поэтому, до 90 % годового стока приходится на период с апреля по октябрь и только 10 % – с ноября по март. Гидроэнергетический потенциал рек в зимний период по сравнению с летним уменьшается примерно в пять раз. Вследствие этого, до проектирования малых и микро- гидроэлектростанций на этих реках требуется дополнительно изучить гидропотенциал в местах их установки [1].

Основным показателем использования энергии ветра является его скорость. Оптимальное значение скорости ветра для выработки электроэнергии находится в интервале от 2,5 до 15 м/с. Лучше всего производится электроэнергия в районах, в которых скорость имеет средние значения. Среднегодовая скорость ветра в Амурской области, в основном, не превышает 2,5 м/с. Следовательно, в области нет достаточного количества ресурсов для использования ветроэнергетических установок.

Гелиопотенциал Амурской области представлен солнечной радиацией с количеством солнечных дней в году 326 в районе города Благовещенска (в других районах области плюс (минус) 13–16 дней). Почти для всей территории области характерна высокая прозрачность атмосферы, особенно зимой, что яв-

ляется предпосылкой для использования солнечной энергии в целях выработки электрической и тепловой энергии [4].

Средняя многолетняя годовая норма суммарного потока солнечной энергии составляет 4 800 МДж/м<sup>2</sup>, с колебаниями от 200–250 МДж/м<sup>2</sup> в зимние месяцы (ноябрь – декабрь) до 600–700 МДж/м<sup>2</sup> – в летние месяцы (июль – август). При этом интенсивность прямого солнечного излучения составляет в летние месяцы 1 000 и более Вт/м<sup>2</sup>. Таким образом, Амурская область является перспективным регионом для использования солнечной энергии.

Биопотенциал Амурской области представлен растительными остатками, отходами от лесозаготовок и лесопереработки, от содержания скота и птицы, отходами перерабатывающей промышленности, сточными водами канализации. Наиболее быстрый и эффективный способ утилизации отходов – анаэробное сбраживание органических отходов в биогазовых установках, при котором в биореакторах (реакторах-метантенках) происходит процесс метанового сбраживания с получением биогаза и экологически чистых органических удобрений [1].

На основе данных проектной и реальной мощности мегафермы «МилАНКа» проведён анализ эффективности применения биогазовых установок на территории Амурской области. Предварительная оценка потенциала использования биогазовых установок показала, что, при реальном поголовье скота в количестве 1 200 голов выход биогаза составил 15 966,72 МДж в сутки, а с увеличением поголовья до проектной мощности это число увеличится на 83,33 % и составит 29 272,32 МДж в сутки. Энергетический эффект при реальной мощности равен 2,513 Гкал/сут, а при достижении проектной мощности увеличится до 6,765 Гкал/сут. Коэффициент товарности биогазовой установки при реальной мощности составил 65,9 %, а при проектной достигнет почти 100 %.

Суммарный ресурсный потенциал отходов животноводства и птицеводства в регионе составляет 2,6 миллионов тонн в год, что позволяет ежегодно производить 5,2 млн. м<sup>3</sup> биогаза. Следовательно, использование произведенного биогаза приведёт к выработке электроэнергии в размере 10,5 млн. кВт·ч в год [2].

Теплоснабжение на базе тепловых насосов. Тепловые насосы или термотрансформаторы – это экологически чистые, компактные, фреоновые установки, позволяющие получать тепло для отопления и горячего водоснабжения за счёт использования тепла низко потенциального источника путём его переноса к теплоносителю более высокой температуры. В качестве источника тепла могут выступать промышленные и очищенные бытовые стоки, вода технологических циклов, тепло грунтовых, артезианских, термальных вод, воды рек, озёр, систем водоснабжения и теплоснабжения и любых других сбросных тепловых потоков [4].

Использование тепловых насосов в Амурской области представляется актуальным по нескольким причинам. Во-первых, состояние муниципальных тепловых сетей зачастую не позволяет осуществить подключение нового потребителя без нарушения гидравлических режимов теплоснабжения. Во-вторых, в регионе сложилась сложная ситуация с поставками качественного органического топлива. Третьей причиной является экологическая ситуация в области. Тепловой насос является в этом отношении несомненно более выгодным агрегатом, нежели котельная.

Результаты изучения материала показали, что наиболее перспективными направлениями развития распределенной генерации на территории Амурской области являются гелиоэнергетика и биоэнергетика. При поддержке государства данные отрасли могут стать эффективными инструментами развития Амурской области.

**Список источников**

1. Альтернативные источники энергии : учебное пособие / Л. А. Насырова, С. В. Леонтьева, Р. Р. Фасхутдинов [и др.]. Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2019. 122 с.

2. Потребление электроэнергии в энергосистеме Амурской области в 2020 году // Системный оператор Единой энергетической системы. URL: <https://www.so-ups.ru/odu-east/news/odu-east-news-view/news/15624/> (дата обращения: 29.09.2021).

3. Схема и программа развития электроэнергетики Амурской области на период 2021–2025 годов // Правительство Амурской области. URL: <https://www.amurobl.ru/pages/ekonomika/ekonomika-promyshlennoe-proizvodstvo/toplivno-energeticheskiy-kompleks/skhema-i-programma-razvitiya-elektroenergetiki-amurskoy-oblasti/skhema-i-programma-razvitiya-elektroenergetiki-amurskoy-oblasti-na-period-2021-2025-godov/> (дата обращения 29.09.2021).

4. Юдаев И. В., Даус Ю. В., Гамага В. В. Возобновляемые источники энергии : учебник. СПб. : Лань, 2021. 328 с.

© Проценко Е. Ю., Проценко П. П., 2021

Статья поступила в редакцию 16.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 27.12.2021.

The article was submitted 16.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 27.12.2021.

УДК 620.9

**Анализ использования нетрадиционных источников энергии  
в сельскохозяйственной деятельности на территории Амурской области**

**Палина Павловна Проценко<sup>1</sup>**, доцент

**Екатерина Юрьевна Проценко<sup>2</sup>**, студент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru), <sup>2</sup> [ekaterina100400@mail.ru](mailto:ekaterina100400@mail.ru)

**Аннотация.** Выделены объективные причины развития нетрадиционных источников энергии в Амурской области. Рассмотрены состояние и перспективы развития ветроэнергетики, гелиоэнергетики и биоэнергетики в сельскохозяйственной деятельности региона.

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, ветроэнергетика, гелиоэнергетика, биоэнергетика

**Для цитирования:** Проценко П. П., Проценко Е. Ю. Анализ использования нетрадиционных источников энергии в сельскохозяйственной деятельности на территории Амурской области // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 151–157.

**Analysis of the use of unconventional  
energy sources in agricultural activities in the Amur region**

**Palina P. Protsenko<sup>1</sup>**, Associate Professor

**Ekaterina Yu. Protsenko<sup>2</sup>**, student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [procenko-palina@yandex.ru](mailto:procenko-palina@yandex.ru), <sup>2</sup> [ekaterina100400@mail.ru](mailto:ekaterina100400@mail.ru)

**Abstract:** Objective reasons for the development of unconventional energy sources in the Amur region are highlighted. The state and prospects of development of wind power, solar power and bioenergy in the agricultural activity of the region are considered.

**Keywords:** alternative energy sources, wind energy, solar energy, bioenergy

**For citation:** Protsenko P. P., Protsenko E. Yu. Analiz ispol'zovaniya netraditsionnyh istochnikov energii v sel'skohozyajstvennoj deyatelnosti na territorii Amurskoj oblasti [Analysis of the use of unconventional energy sources in agricultural activities in the Amur region]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical*

---

*Conference. (PP. 157–157), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).*

Нетрадиционные (регенерируемые) источники энергии, на сегодняшний день являются одними из наиболее важнейших направлений развития энергетики многих стран. В широком понимании, альтернативные источники энергии – это обычные природные явления, действия которых возможно использовать во благо человека, не оказывая при этом негативного воздействия на окружающую среду. Производство энергии посредством таких источников является не только экономически выгодным, но и экологически эффективным, поскольку использование не возобновляемых источников (нефть, природный газ, горючий сланец, уголь) приводит к значительному образованию газов, обладающих парниковым эффектом и, как следствие, к глобальному потеплению [1].

К альтернативным источникам энергии относятся: ветроэнергетика, геотермальная энергетика, биоэнергетика, использование гидроэлектростанций, геотермальные источники.

Потребление электроэнергии в Амурской области в 2020 г. составило 9,124 млрд. кВт·ч, выработка электроэнергии – 16,405 млрд кВт·ч [4]. Соответственно, Амурская область является избыточной по производству электроэнергии. В то же время, не стоит пренебрегать альтернативными источниками энергии, так как в регионе существует несколько причин для их развития.

Во-первых, в области имеется необходимость покупки дополнительных энергоресурсов, например, таких как уголь, что приводит к дополнительным расходам на энергообеспечение, а также транспортным расходам на доставку приобретаемых ресурсов.

Во-вторых, основной проблемой топливно-энергетического комплекса является износ активов, в основном из-за большой протяжённости сетей, восстановление которых требует существенных вложений.

В-третьих, наличие на территории области таких объектов, как Амурский

газоперерабатывающий завод, магистральный газопровод «Сила Сибири», космодром «Восточный», которые являются крупными потребителями электроэнергии.

В-четвертых, важнейшей частью экономики области является сельское хозяйство. Владельцы фермерских хозяйств и сельскохозяйственных предприятий часто сталкиваются с проблемами подачи электроэнергии в сельской местности, что чаще всего связано с недостаточной мощностью в сети, обрывами линий электропередачи из-за неблагоприятных погодных условий.

Таким образом, анализ использования нетрадиционных источников энергии на территории Амурской области, является наиболее актуальным на сегодняшний день. Правильно и рационально выбранный источник альтернативной энергии, приведет к экономии используемого топлива, экономическому развитию региона, а также благоприятно скажется на экологии области.

**Ветроэнергетика.** Основным показателем использования энергии ветра является его скорость. Оптимальное значение скорости ветра для выработки электроэнергии находится в интервале от 2,5 до 15 м/с. Лучше всего производится электроэнергия в районах, в которых скорость имеет средние значения. Рассмотрим среднегодовую скорость ветра в Амурской области (табл. 1).

**Таблица 1 – Среднегодовая скорость ветра по Амурской области**

**В метрах в секунду**

Название населённого пункта	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 10 метров)	Средняя скорость ветра				Максимальная скорость ветра
		зима	весна	лето	осень	
Благовещенск	1,9	1,7	2,2	1,6	1,9	24
Архара	2,0	1,5	2,6	1,8	2,0	20
Белогорск	1,9	1,5	2,5	1,8	1,9	28
Джалинда (Сковородинский район)	1,9	1,9	2,2	1,5	1,8	20
Екатеринославка	2,1	1,0	2,8	2,3	2,2	19

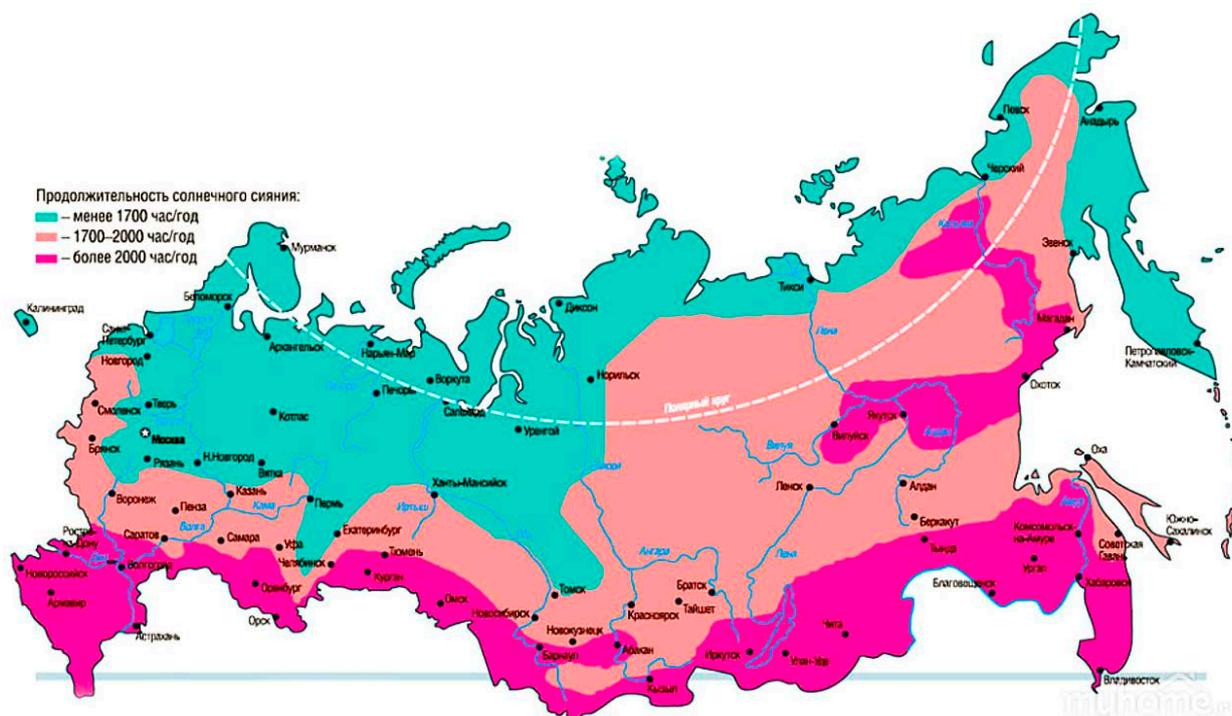
Продолжение таблицы 1

Название населённого пункта	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 10 метров)	Средняя скорость ветра				Максимальная скорость ветра
		зима	весна	лето	осень	
Ерофей Павлович (Сковородинский район)	1,1	0,7	1,6	1,1	0,9	24
Завитинск	1,8	1,3	2,3	1,5	1,9	23
Зея	1,2	1,0	1,7	1,2	1,0	22
Магдагачи	2,1	1,9	2,7	1,8	2,0	21
Мазаново	1,7	1,2	2,3	1,5	1,8	20
Поярково	1,8	1,4	2,3	1,6	1,8	30
Свободный	2,3	1,9	2,9	1,9	2,3	21
Сергеевка (Благовещенский район)	2,0	1,5	2,5	1,7	2,2	23
Сковородино	2,6	2,2	3,2	2,5	2,4	24
Тыгда (Магдагачинский район)	2,3	1,8	2,8	2,2	2,3	23
Тында	1,2	1,7	1,2	0,7	1,1	17
Февральск	1,4	0,7	2,0	1,4	1,5	19
Шимановск	2,0	1,6	2,6	1,9	2,0	23
Экимчан	1,0	0,5	1,5	1,1	1,1	19

Анализируя данные, можно сказать, что в Амурской области нет достаточного количества ресурсов для использования ветроэнергетических установок. Среднегодовая скорость ветра не превышает 2,6 м/с. Наибольшие скорости ветра наблюдаются в Сковородине, Тыгде, Магдагачах.

Использование ветроэнергетики в промышленных масштабах на территории области является нецелесообразным, так как для выработки достаточного количества энергии необходимы большие территории, что может повлечь за собой извлечение из оборота достаточного количества сельскохозяйственных угодий.

**Гелиоэнергетика.** Основным показателем использования гелиоэнергетических ресурсов является наибольшее количество поступающей на гелиоприёмник солнечной энергии. Использование гелиоэнергетических ресурсов с целью получения электроэнергии в крупных масштабах целесообразно при годовой продолжительности солнечного сияния не менее 2 000 часов в год. На карте солнечных энергоресурсов России (рис. 1) можно увидеть, что Амурская область находится в зоне где продолжительность солнечного сияния составляет более 2 000 часов в год. Следовательно, область является перспективным регионом для использования солнечной энергии.



**Рисунок 1 – Распределение солнечных энергоресурсов России**

Применение солнечной энергии в сельскохозяйственной деятельности возможно в любой из её отраслей. Получение большего количества электроэнергии возможно, благодаря обширным территориям и наличию свободных крыш сельскохозяйственных построек. На рисунке 2 рассмотрим значение солнечной инсоляции в городе Благовещенске.

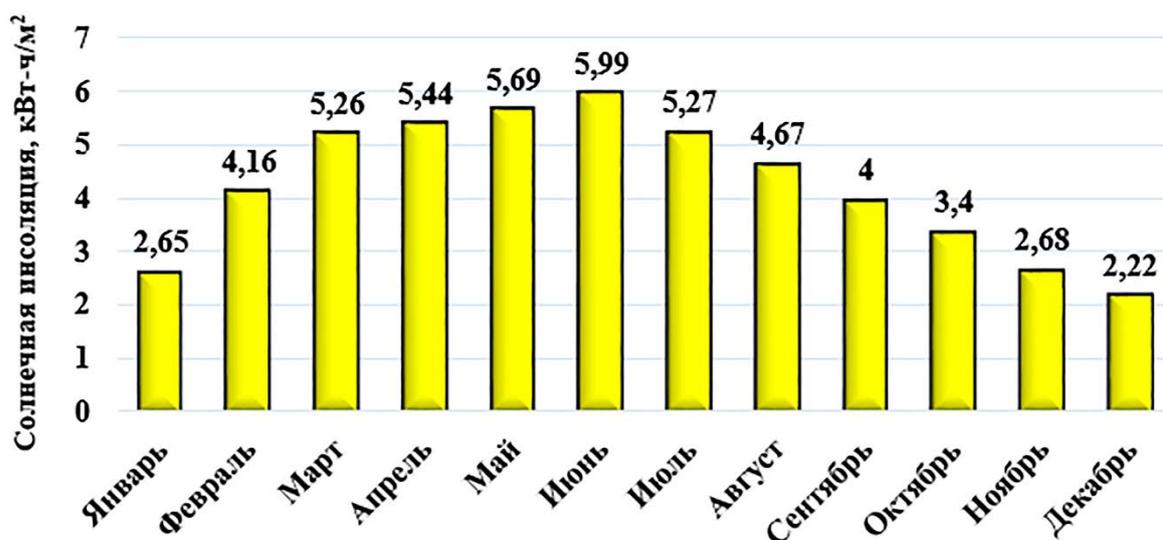


Рисунок 2 – Уровни солнечной инсоляции на территории города Благовещенска [3]

На территории Нижне-Бурейской ГЭС расположена первая в России гибридная электростанция, источниками энергии которой являются солнце и вода. На территории гидроэлектростанции установлено около 3,5 тысяч фотоэлектрических модулей, суммарная годовая выработка которых составляет полтора миллиона киловатт-часов. Выработанная энергия направлена на покрытие собственных нужд станции [2].

**Биоэнергетика.** Одним из возобновляемых источников энергии является биотопливо. Биологический газ – это вид биотоплива, который получается при разложении органических отходов в результате метанового брожения. Этот газ является экологически чистым топливом, его производство выполняется в биогазовых установках. Перспективным направлением развития данной отрасли в Амурской области является использование отходов птицеводства и животноводства, что также позволит решить проблему утилизации сельскохозяйственных отходов. Кроме того, для целей энергетики в биогазовых установках могут быть использованы отходы растительного происхождения и пищевые отходы [1].

Ресурсный потенциал отходов животноводства и птицеводства в регионе

составляет 2,6 млн. тонн в год, что позволит ежегодно производить 5,2 млн. м<sup>3</sup> биогаза. Использование произведённого биогаза приведёт к выработке электроэнергии в размере 10,5 млн. кВт·ч в год [5].

Результаты исследования показали, что наиболее перспективными направлениями развития нетрадиционных источников энергии в сельскохозяйственной деятельности на территории Амурской области являются гелиоэнергетика и биоэнергетика. При поддержке государства данные отрасли могут стать эффективными инструментами развития региона.

### **Список источников**

1. Альтернативные источники энергии : учебное пособие / Л. А. Насырова, С. В. Леонтьева, Р. Р. Фасхутдинов [и др.]. Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2019. 122 с.

2. Зелёная энергия. На Нижне-Бурейской ГЭС удался эксперимент по солнечной генерации // Государственная телерадиовещательная компания «Амур». Вести – Амурская область. URL: <https://gtrkamur.ru/news/2021/09/22/186724> (дата обращения: 30.09.2021).

3. Значение солнечной инсоляции в г. Благовещенск (Амурская область) // ENERGY. Альтернативная энергия. URL: <https://www.betaenergy.ru/insolation/blagoveshchensk/> (дата обращения: 15.09.2021).

4. Потребление электроэнергии в энергосистеме Амурской области в 2020 году // Системный оператор Единой энергетической системы. URL: <https://www.so-ups.ru/odu-east/news/odu-east-news-view/news/15624/> (дата обращения: 29.09.2021).

5. Схема и программа развития электроэнергетики Амурской области на период 2021–2025 гг. // Правительство Амурской области. URL: <https://www.amurobl.ru/pages/ekonomika/ekonomika-promyshlennoe-proizvodstvo/toplivno-energeticheskiy-kompleks/skhema-i-programma-razvitiya-elektroenergetiki-amurskoy-oblasti/skhema-i-programma-razvitiya-elektroenergetiki-amurskoy-oblasti-na-period-2021-2025-godov/> (дата обращения: 29.09.2021).

© Проценко П. П., Проценко Е. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 23.11.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 28.12.2021.

The article was submitted 23.11.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 28.12.2021.

УДК 662

## Утилизация золошлаковых отходов в России: проблемы и пути решения

Денис Алексеевич Савченко, студент

Амурский государственный университет,

Амурская область, Благовещенск, Россия, [savchenkodenis2001@yandex.ru](mailto:savchenkodenis2001@yandex.ru)

**Аннотация.** Показана проблема утилизации золошлаковых отходов на территории Российской Федерации. Разобраны практикуемые методики использования золошлаковых отходов. Рассмотрены сущность и перспективы применения технологии переработки отходов методом высокотемпературной газификации с электротермической стабилизацией.

**Ключевые слова:** золошлаковые отходы, утилизация, технологии переработки, высокотемпературная газификация с электротермической стабилизацией

**Для цитирования:** Савченко Д. А. Утилизация золошлаковых отходов в России: проблемы и пути решения // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 158–163.

## Ash and slag waste disposal in Russia: problems and solutions

Denis A. Savchenko, student

Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia,

[savchenkodenis2001@yandex.ru](mailto:savchenkodenis2001@yandex.ru)

**Abstract:** The problem of ash and slag waste disposal on the territory of the Russian Federation is shown. The practiced methods of using ash and slag waste are analyzed. The essence and prospects of application of waste processing technology by high-temperature gasification with electrothermal stabilization are considered.

**Keywords:** ash and slag waste, recycling, processing technologies, high-temperature gasification with electrothermal stabilization

**For citation:** Savchenko D. A. Utilizaciya zoloshlakovyh othodov v Rossii: problemy i puti resheniya [Ash and slag waste disposal un Russia: problems and solutions]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. (PP. 158–163), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Целью исследования является рассмотрение проблемы утилизации золошлаковых отходов от сжигания угля на тепловых электростанциях.

Золошлаковые отходы представляют собой минеральную несгорающую часть угля, образующуюся в топках тепловой электростанции. Иными словами, они представляют смесь золы и шлака, угольного остатка в виде камней.

После сжигания угля в котле образуются зола и шлаки. Пылевидные частицы уносятся дымовыми газами. Это так называемая «зола уноса». Она улавливается воздушными или электрическими фильтрами и накапливается в бункерах. Практически вся «зола уноса» уходит на переработку. Это готовый материал, который вполне пригоден для строительной сферы. Но «золы уноса» на выходе производственного цикла тепловой электростанции не так и много. В основном, более крупные частицы выводятся системами гидрозолошлакоудаления и составляют 85–90 % от всех отходов.

Чаще всего золу и шлаки в конце цикла не разделяют. Это связано с тем, что на подавляющем числе угольных станций установлены системы гидрозолошлакоудаления, построенные ещё в советские годы. Подобное достаточно плохо, так как по отдельности (зола и шлаки) пользуются спросом, а в виде смеси, мало кому необходимы.

Несмотря на то, что в последнее время многие страны пытаются продвигать экологически чистые «зелёные» сферы энергетики, а мощности тепловых электростанций плавно снижаются, на данный момент угольная генерация в России производит порядка 17 % электроэнергии и около 20 % тепла [5]. Примерно похожая ситуация наблюдается и в других странах. К сожалению, добиться в скором времени остановки использования таких электростанций не представляется возможным.

При этом, стоит иметь в виду, что многие угольные электростанции в России существенно отстают от современных требований. Их средний возраст составляет около пятидесяти лет. Паросиловые установки таких электростанций

имеют низкий коэффициент полезного действия. Поэтому, образуются большие выбросы, и таким объектам просто необходима модернизация.

Особую опасность представляют плантации золошлаковых отходов, расположенные в городской черте, так как они насыщены тяжёлыми металлами и токсинами, представляющими угрозу для человека и всего животного и растительного мира. Более того, в России уже были случаи аварий на золоотвалах, когда они переполнялись, и отходы растекались по всем близлежащим территориям в городской черте. Такие случаи зафиксированы в 1998, 1999 и 2016 гг. Опасны и золоотвалы, расположенные вблизи рек и озёр, из-за возможного прорыва дамб, так как многие из них уже сейчас являются переполненными.

Тем не менее, в настоящее время существует достаточно много применяемых в практике технологий использования золошлаковых отходов. Основными из них являются:

- 1) использование золошлаковых отходов в качестве сырья для строительной индустрии;
- 2) применение золошлаковых отходов как сыпучего материала, идеального для рекультивации земель, вертикальной планировки территорий и даже для отсыпки мусорных полигонов;
- 3) использование золошлаковых отходов для извлечения цветных и редкоземельных металлов.

В России наибольшее применение получило использование золошлаковых отходов в качестве сырья для строительной индустрии. Так, в Липецке можно найти двадцатиэтажное жилое здание, построенное в конце 1980-х гг. из шлакощелочного бетона [4]. Из золошлаковых отходов изготавливают, как отдельные строительные материалы, так и применяют данные отходы для улучшения потребительских качеств других строительных материалов.

Однако, соответствующие проекты не имеют ощутимого влияния на сокращение объёмов накопления золошлаковых отходов. Объёмы утилизации отходов не превышают 10–11 %. В то время как в развитых странах этот уровень достигает 70–95 %, а в Нидерландах и Дании – 100 %.

Не так давно разработана эффективная, экологически чистая технология переработки золошлаковых отходов, называемая высокотемпературной газификацией с электротермической стабилизацией (ВТГЭС). Это технология комплексной утилизации золошлаковых отходов без предварительной подготовки, с получением в одну стадию высококачественных строительных материалов (теплоизоляции) и концентратов редких металлов. Кроме того, при наличии в сырье углерода получают как энергетическую, так и тепловую энергию [1].

Основным технологическим агрегатом процесса служит реактор (газогенератор), состоящий из шахтной и электрошлаковой печи. Промышленный модуль включает также систему очистки и охлаждения генераторного газа. Максимальная площадь, занимаемая модулем, составляет сто квадратных метров.

Таким образом, утилизируются все полезные компоненты золошлаковых отходов: минеральные компоненты используются для производства теплоизоляции; углерод служит энергоносителем, отдавая в процессе сжигания золото в коллекторный сплав; редкие металлы (титан, ванадий, литий, цирконий и др., в зависимости от марки угля) извлекаются в возгоны с получением концентратов; благородные металлы (серебро, золото, платина) извлекаются в коллекторный сплав.

Тем не менее, на практике только единицы из таких проектов доходят до реализации. Например, в России удалось перевести Рефтинскую ГРЭС на систему сухого удаления золошлаковых отходов, что способствовало использованию этих материалов как вторичного сырья [6]. Другим примером может

служить Сибирская генерирующая компания, которой удалось довести уровень утилизации золошлаковых отходов до 14–17 % [6].

Но все эти случаи носят частный характер. Часть корпораций не намерены принимать действий в этой сфере по следующим причинам: 1) консерватизм и замкнутость строительной индустрии для поставок золошлаковых отходов; 2) высокая капиталоемкость проектов переработки; 3) отсутствие стимулов и гарантированных рынков сбыта золошлаковых отходов; 4) несовершенство нормативно-правового регулирования.

Так, сегодня золошлаковые отходы считаются и отходом, и продуктом одновременно, из-за чего оформленный по всем правилам законодательства о техническом регулировании материал природоохранными органами трактуется как отход, со всеми вытекающими о невозможности его использования.

Исправить ситуацию должен новый законопроект, подготовленный Министерством энергетики РФ, который позволит использовать золошлаковые отходы при рекультивации земель и ликвидации горных выработок. Однако, для полноценного использования золошлаковых отходов потребуются целая система мероприятий, как нормативно-правового, так и стимулирующего характера.

### **Список источников**

1. Архангельский И. В. Золошлаковые отходы тепловых электростанций и котельных. Инженерные изыскания. Утилизация. // Независимый электронный журнал «ГеоИнфо». URL: <https://www.geoinfo.ru/product/arhangelskij-igor-vsevolodovich/zoloshlakovye-othody-tehs-i-kotelnyh-inzhenernye-izyskaniya-utilizaciya-41505.shtml> (дата обращения: 06.10.2021).

2. Виды золоуловителей. Принцип действия и как правильно устанавливать на производстве // СИБЭКОН. Промышленная фильтрация. URL: <https://sibelkon.ru/base/vidy-zolouloviteley.-princip-deystviya-i-kak-pravilno-ustanavlivat-na-proizvodstve/> (дата обращения: 04.10.2021).

3. Золошлаковые отходы: нерешённая проблема // Энергетика и промыш-

---

ленность России. URL: <https://www.m.eprussia.ru/epr/361/1492205.htm> (дата обращения: 02.11.2021).

4. Золошлаковые отходы. Часть 2: экономическая выгода переработки // Инжиниринговый химико-технологический центр «Химические технологии». URL: <https://ect-center.com/blog/zoloshlakovie-othody-2> (дата обращения: 02.11.2021).

5. Отчёт о функционировании Единой энергетической системы России в 2020 г. // Системный оператор Единой энергетической системы. URL: [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups\\_rep2020.pdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_rep2020.pdf) (дата обращения: 15.09.2021).

6. Попов А. Почему золошлаковые отходы не получается превратить в доходы? // Кислород. Life. URL: [https://kislород.life/question\\_answer/pochemu\\_zoloshlakovy\\_e\\_otkhody\\_ne\\_poluch\\_aetsya\\_prevratit\\_v\\_dokhody/](https://kislород.life/question_answer/pochemu_zoloshlakovy_e_otkhody_ne_poluch_aetsya_prevratit_v_dokhody/) (дата обращения: 06.10.2021).

7. Черепанов А. А., Кардаш В. Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов тепловых электростанций // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. № 2. С. 98–115.

© Савченко Д. А., 2021

Статья поступила в редакцию 02.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 28.12.2021.

The article was submitted 02.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 28.12.2021.

УДК 620

### Пути энергосбережения в птичнике приусадебного хозяйства

**Иван Васильевич Чичинов**, учащийся школы  
Средняя общеобразовательная школа №1,  
Амурская область, Шимановск, Россия, [vera\\_roza@mail.ru](mailto:vera_roza@mail.ru)

**Аннотация.** Рассмотрено решение проблемы экономии электрической энергии в птичнике в приусадебном хозяйстве. Приведены расчёты по использованию ламп разной конструкции: накаливания, люминесцентных и светодиодных. Исследованы условия использования и экономическая эффективность разных видов ламп.

**Ключевые слова:** птицеводство, лампы накаливания, люминесцентные лампы, светодиодные лампы, энергосбережение

**Для цитирования:** Чичинов И. В. Пути энергосбережения в птичнике приусадебного хозяйства // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 164–168.

### Ways of energy saving in the poultry house of the household

**Ivan V. Chichinov**, student of school  
Secondary school No. 1, Amur region, Shimanovsk, Russia,  
[vera\\_roza@mail.ru](mailto:vera_roza@mail.ru)

**Abstract:** The solution of the problem of saving electrical energy in the poultry house in the household is considered. Calculations are given on the use of lamps of different designs: incandescent, fluorescent and LED. The conditions of use and economic efficiency of different types of lamps are investigated.

**Keywords:** poultry farming, incandescent lamps, fluorescent lamps, led lamps, energy saving

**For citation:** Chichinov I. V. Puti energosberezheniya v ptichnike priusadebnogo hozyajstva [Ways of energy saving in the poultry house of the household]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 164–168), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Свет – важнейший фактор, воздействующий на любой живой организм, в

том числе и на птиц. В промышленных условиях птица обычно содержится при искусственном освещении и очень восприимчива к его изменениям.

Понимание и грамотное управление этим фактором является неотъемлемой и важнейшей частью технологии выращивания всех направлений яичной и мясной птицы. Освещение в птичнике играет важную роль при выращивании домашней птицы всех направлений и позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечивать более комфортные условия ее содержания и добиваться существенного роста практически всех показателей продуктивности стаи.

Целью исследования явилась разработка направлений энергосбережения в птичнике на примере использования различных типов ламп. В этой связи поставлены и решены задачи определения достоинств и недостатков использования ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных ламп; расчета и анализа электропотребления разных типов ламп, включая стоимость потребляемой электроэнергии для одной лампы и в целом по птичнику.

При выращивании и содержании кур немаловажное значение имеет интенсивность освещения. При содержании взрослых кур-несушек желательно использовать освещённость 10 люкс, родительского стада – 15 люкс. Исследования показали, что цвет освещения также оказывает влияние на поведение, рост и воспроизводство птицы. Считается, что наилучший спектр освещения составляет теплый белый цвет с цветовой температурой от 2 800 до 3 200 кельвин. Этот цвет является наиболее близким к солнечному, а для его получения можно использовать светодиодные или люминесцентные лампы.

**Лампы накаливания.** До недавнего времени в птицеводстве наиболее распространенными источниками света были лампы накаливания, излучение которых на 10–40 % состоит из видимого света. Положительными показателями таких ламп являются небольшие размеры, простота устройства, невысо-

кая стоимость. В то же время для данных ламп характерны сравнительно не-большая световая отдача, большая яркость раскалённых нитей, что отрицательно действуют на зрение, сравнительно короткий срок службы (от 800 до 1 000 часов), значительная энергоёмкость. Необходимо отметить, что во многих странах реализуется программа запрета применения в качестве источников света ламп накаливания.

**Люминесцентные лампы.** Люминесцентные лампы в связи с более длительным сроком эксплуатации и большей светоотдачей, в сравнении с лампами накаливания, привлекают все большее внимание птицеводов. По некоторым данным, в мире на люминесцентные лампы приходится около 70 % всех источников искусственного света. Данные лампы уменьшают расход электроэнергии в три – пять раз по сравнению с лампами накаливания.

Помимо экономии электроэнергии, использование люминесцентных ламп позволяет повысить яйценоскость, массу яиц и сохранность птицы. Кроме того, по своему спектральному составу люминесцентный свет ближе к естественному (дневному). Причем, светоотдача люминесцентных ламп в три – десять раз выше, чем ламп накаливания.

Для люминесцентных ламп характерны недостатки, состоящие в трудностях регулирования уровня освещенности в помещениях; наличия мерцания (до 100 раз в секунду); содержания некоторого количества такого опасного вещества, как ртуть.

**Светодиодные лампы.** В последние годы перспективным направлением является использование светодиодных светильников. Основные преимущества системы светодиодного освещения состоят в обеспечении комфортной технологии выращивания птицы; эффективном сокращении потребления электроэнергии по сравнению с лампами накаливания в десять раз, по сравнению с энергосберегающими – в два раза; отсутствии мерцания; увеличении срока

службы светильников; использовании монохромного света (красный), что влияет на продуктивность птицы.

Нами произведён расчёт энергопотребления и стоимости электроэнергии для разных типов ламп (табл. 1).

**Таблица 1 – Расчёт и анализ электропотребления разных видов ламп, в расчёте на одну лампу**

Показатели	Типы ламп		
	лампа накаливания	люминесцентная лампа	светодиодная лампа
Мощность, Вт	60	12	5
Время работы в день, ч	24	24	24
Время работы в год, ч	8 760	8 760	8 760
Потребление электрической энергии в год, кВт·ч	525,6	105,12	43,8
Тариф за один киловатт-час электроэнергии, р.	4,05	4,05	4,05
Стоимость электрической энергии в год, р.	2 128,68	425,74	177,39

Использование светодиодных ламп экономически более выгодно. Плата по сравнению с лампой накаливания меньше в двенадцать раз. При расчёте стоимости потребляемой электроэнергии по птичнику, в целом (за год) имеем:

1) по лампам накаливания: необходимо 10 ламп, стоимость электроэнергии составит 21 287 р;

2) по люминесцентным лампам: необходимо 6 ламп, затраты на электроэнергию равны 2 554 р;

3) по светодиодным лампам: используются 4 лампы, при стоимости электроэнергии 710 р.

Таким образом, нами доказана экономическая целесообразность применения светодиодных ламп для освещения птичника.

### **Список источников**

1. Буяров В. С., Салеева И. П., Буярова Б. А. Ресурсосберегающие методы и приёмы повышения эффективности производства мяса бройлеров // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2009. № 2 (17). С. 54–60.
2. Гладин Д. Светодиодное освещение: только преимущества // Животноводство России. 2012. № 9. С. 62–64.
3. Казаков А., Седов И. Световой период при выращивании кур-несушек // Птицеводство. 2008. № 9. С. 41.
4. Коваленко О. Ю., Пильщикова Ю. А. Оценка эффективности источников излучения для птицеводства // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 3. С. 54–57.
5. Лямцов А. К., Гришин К. М., Малышев В. В. Компактные люминесцентные и светодиодные лампы для птичников // Сельский механизатор. 2012. № 5. С. 28–29.

© Чичинов И. В., 2021

Статья поступила в редакцию 02.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 29.12.2021.

The article was submitted 02.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 29.12.2021.

УДК 62.83

**Применение частотно-регулируемого электропривода для  
снижения потребления электрической энергии собственных нужд ТЭЦ**

**Максим Валерьевич Шевченко<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Павел Васильевич Касьян<sup>2</sup>**, студент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [shev-max@yandex.ru](mailto:shev-max@yandex.ru), <sup>2</sup> [melman1006@mail.ru](mailto:melman1006@mail.ru)

**Аннотация.** Выделены основные причины неэкономичных режимов работы электроприводов в системе собственных нужд тепловой электростанции. Для решения проблемы предложено применение частотно-регулируемого электропривода на примере многоступенчатого центробежного насоса питательной воды ПЭ 270-150-3 Райчихинской ГРЭС.

**Ключевые слова:** тепловая электростанция, собственные нужды, электродвигатель, режимы работы, частотно-регулируемый электропривод

**Для цитирования:** Шевченко М. В., Касьян П. В. Применение частотно-регулируемого электропривода для снижения потребления электрической энергии собственных нужд ТЭЦ // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 169–176.

**The use of a frequency-controlled electric drive to reduce  
the consumption of electric energy for the own needs of a thermal power plant**

**Maxim V. Shevchenko<sup>1</sup>**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Pavel V. Kasyan<sup>2</sup>**, student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [shev-max@yandex.ru](mailto:shev-max@yandex.ru), <sup>2</sup> [melman1006@mail.ru](mailto:melman1006@mail.ru)

**Abstract:** The main reasons for the uneconomical modes of operation of electric drives in the system of own needs of a thermal power plant are highlighted. To solve the problem, the use of a frequency-controlled electric drive is proposed using the example of a multistage centrifugal feed water pump PE 270-150-3 of the Raichikhinsky power plant.

**Keywords:** thermal power plant, own needs, electric motor, operating modes, frequency-controlled electric drive

**For citation:** Shevchenko M. V., Kasyan P. V. Primenenie chastotno-regulirovannogo elektroprivoda dlya snizheniya potrebleniya elektricheskoy energii

---

substvennyh nuzhd teplovoj elektrostantsii [The use of a frequency-controlled electric drive to reduce the consumption of electric energy for the own needs of a thermal power plant]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 169–176), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Снижение потребления собственных нужд электростанции является приоритетным направлением в процессе эффективного использования электрической энергии. Ежемесячное потребление электроэнергии собственными нуждами превышает 10 % от выработанной электрической энергии станции. Крупнейшими из потребителей электроэнергии в системе собственных нужд являются насосные агрегаты различного назначения и мощности.

Одной из главных причин высокого потребления электрической энергии собственными нуждами являются непостоянные нагрузки. Частые изменения электрической нагрузки сопровождаются потерями из-за неоптимальных режимов работы оборудования и механизмов собственных нужд, вследствие необходимости дросселирования рабочей среды (пара, воды, воздуха).

Дросселирование рабочей среды и выбор количества работающих насосных агрегатов является классическим методом управления подачей по какому-либо техническому параметру (например, давлению питательной воды). Насосные агрегаты выбраны по расчётным характеристикам, с запасом по производительности при минимальных нагрузках, и функционируют с постоянной частотой вращения, без учёта изменяющихся расходов, вызванных динамикой заданной нагрузки на тепловую электростанцию [1].

При минимальном расходе питательной воды насосы продолжают работу с постоянной частотой вращения. Так, к примеру, происходит в ночное время суток, когда потребление электрической энергии в сети снижается до минимума.

Наибольшая экономия электроэнергии достигается при внедрении частотного регулирования. В этой связи, нами исследован вопрос повышения эффективности использования электрической энергии при внедрении частотно-регулируемого электропривода [5].

Частотно-регулируемый электропривод – это один из эффективных инструментов энергопотребления и снижения издержек при производстве и отпуске электрической и тепловой энергии, повышения надёжности эксплуатации. При питании электродвигателя от преобразователя частоты число его оборотов будет изменяемым от нуля до максимального значения. Это приводит к изменению таких рабочих параметров, как расход воды, давление и потребляемая мощность.

Зависимость рабочих параметров от оборотов насоса выражена формулами приведения (1)–(3):

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n}{n_0} \quad (1)$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 \quad (2)$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \quad (3)$$

где  $Q$  – расход при максимальном числе оборотов, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_0$  – расход при изменённом числе оборотов, м<sup>3</sup>/ч;

$n$  – максимальное число оборотов, ед;

$n_0$  – изменённое число оборотов, ед;

$H$  – напор при максимальном числе оборотов, м;

$H_0$  – напор при изменённом числе оборотов, м;

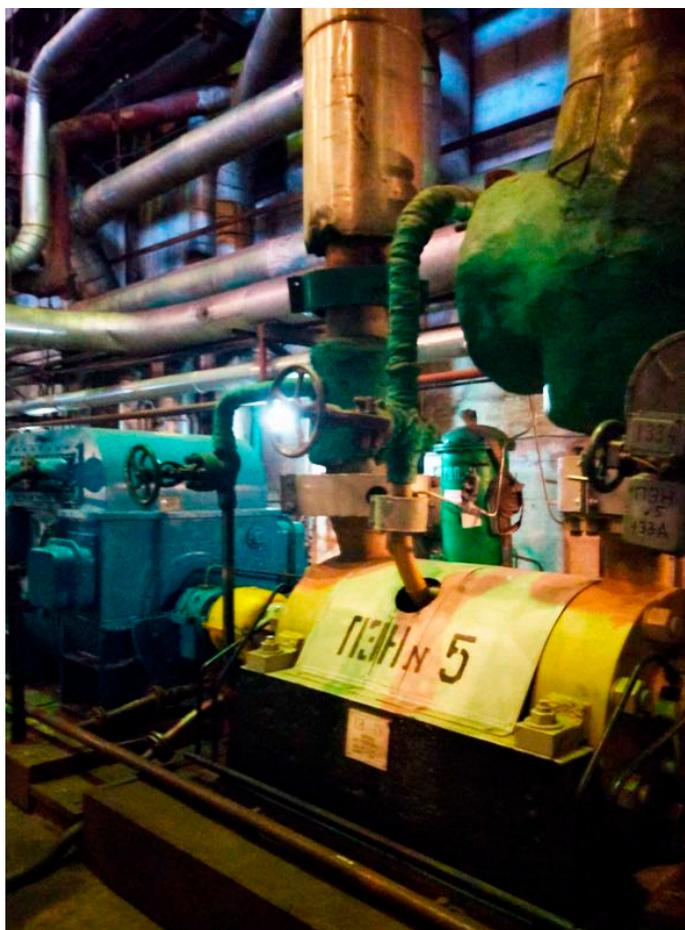
$N$  – мощность, потребляемая электродвигателем при максимальном числе оборотов, кВт;

$N_0$  – мощность, потребляемая электродвигателем при изменённом числе оборотов, кВт.

Рассмотрим параметры выбора и применение частотно-регулируемого привода для экономии электрической энергии на примере насоса питательной

---

воды ПЭ 270-150-3, установленного на Райчихинской ГРЭС (рис. 1).



**Рисунок 1 – Насос ПЭ 270-150-3**

Выбор частотного преобразователя произведём относительно номинальных данных электродвигателя и гидравлических характеристик насосного агрегата [2]. Гидравлические характеристики насоса показаны на рисунке 2. Энергетические характеристики насоса отображены на рисунке 3.

Номинальные параметрами насоса ПЭ 270-150-3 являются: 1) номинальная мощность ( $P_n$ ) 2 000 киловатт; 2) номинальная сила тока ( $I_n$ ) 226 ампер; 3) число оборотов в минуту ( $n$ ) – 3 000. Согласно указанным параметрам выбран преобразователь частоты модели ВПЧ А-Т-06/243-УХЛ.4 мощностью 2 000 киловатт.

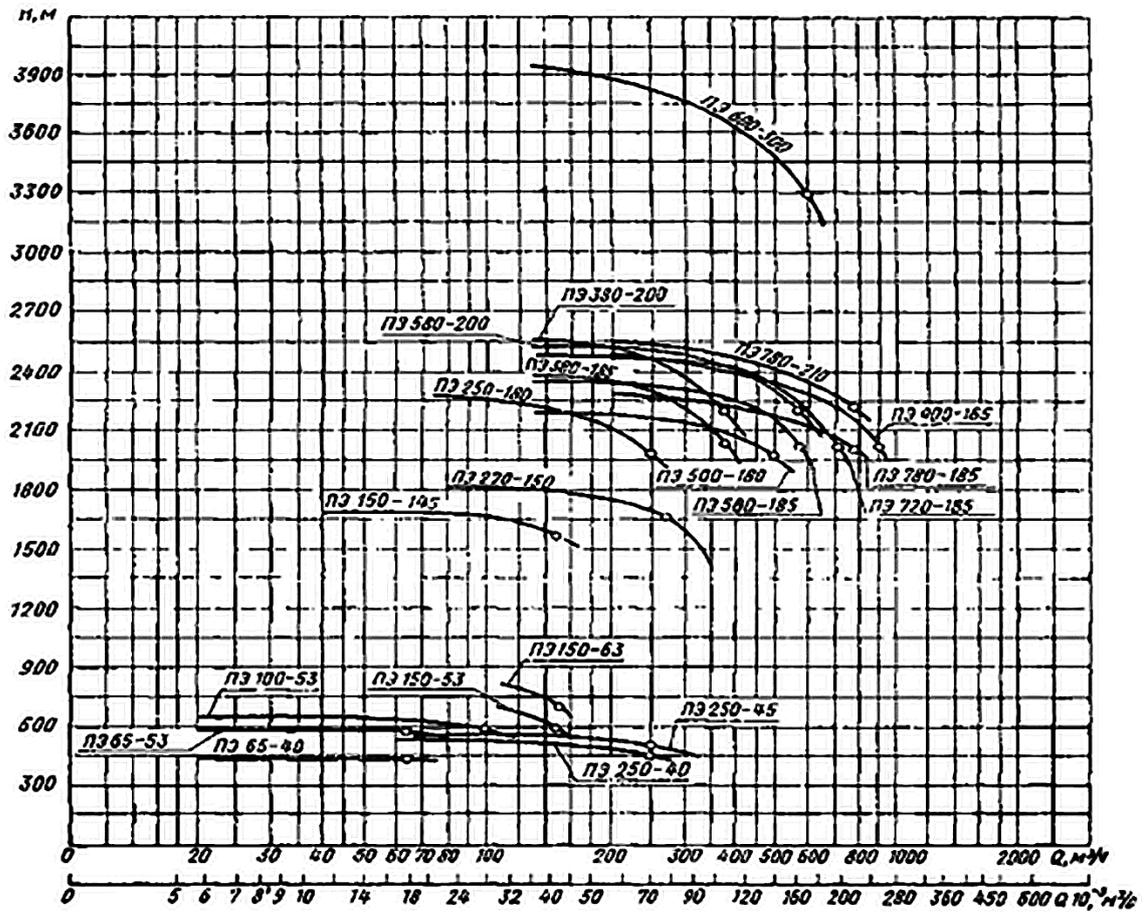


Рисунок 2 – Гидравлические характеристики насоса

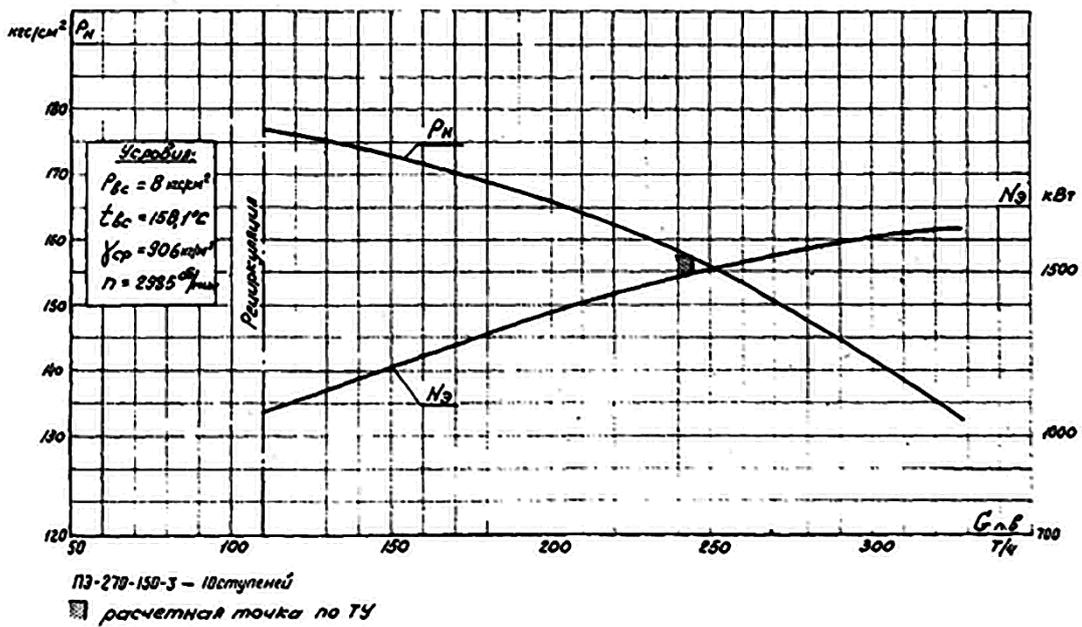


Рисунок 3 – Энергетические характеристики насоса

Двигатель насоса с постоянным моментом сопротивления на валу питается при номинальном напряжении от сети с частотой меньше номинальной. Уменьшение частоты вызовет увеличение магнитного потока и увеличение вращающего момента. Поскольку момент сопротивления остаётся постоянным, скольжение уменьшится до такой величины, чтобы сохранилось равновесие между вращающим моментом двигателя при пониженной частоте и моментом сопротивления. Вследствие увеличения магнитного потока уменьшится ток ротора, а ток холостого хода увеличится. Ток статора может увеличиться или уменьшиться, так же как для случая повышения напряжения.

Таким образом, понижение частоты практически равнозначно увеличению напряжения. Следовательно, если при понижении частоты соответственно уменьшить напряжение, то магнитный поток и ток холостого хода, ток ротора и ток статора останутся такими же, как и при нормальной работе. При этом будет иметь место некоторое изменение потерь в стали, следовательно, и активной составляющей тока холостого хода. Эти изменения практически не скажутся на величине тока статора.

Согласно замерам средний реальный расход насоса составляет  $181 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Используя типовую характеристику потребления мощности при различных способах регулирования (рис. 4), сравним энергетические затраты при дросселировании и при применении высоковольтного преобразователя частоты [3].

При дросселировании энергопотребление будет снижено ориентировочно на 15 % (рис. 3). Тогда потребляемая мощность электродвигателя составит:  $0,85 \cdot 2000 = 1700$  киловатт. Энергопотребление двигателя, регулируемого высоковольтным преобразователем частоты, окажется равным:  $2000 / (270/181)^3 = 604,2$  киловатт. Таким образом, разница в энергопотреблении между двумя способами регулирования в процентном соотношении составляет 64 %.

После установки высоковольтного преобразователя частоты и ввода

устройства в работу были произведены реальные замеры, и сравнение потребления электроэнергии при различных способах регулирования (рис. 5). Реальная экономия электроэнергии составила 32 %.

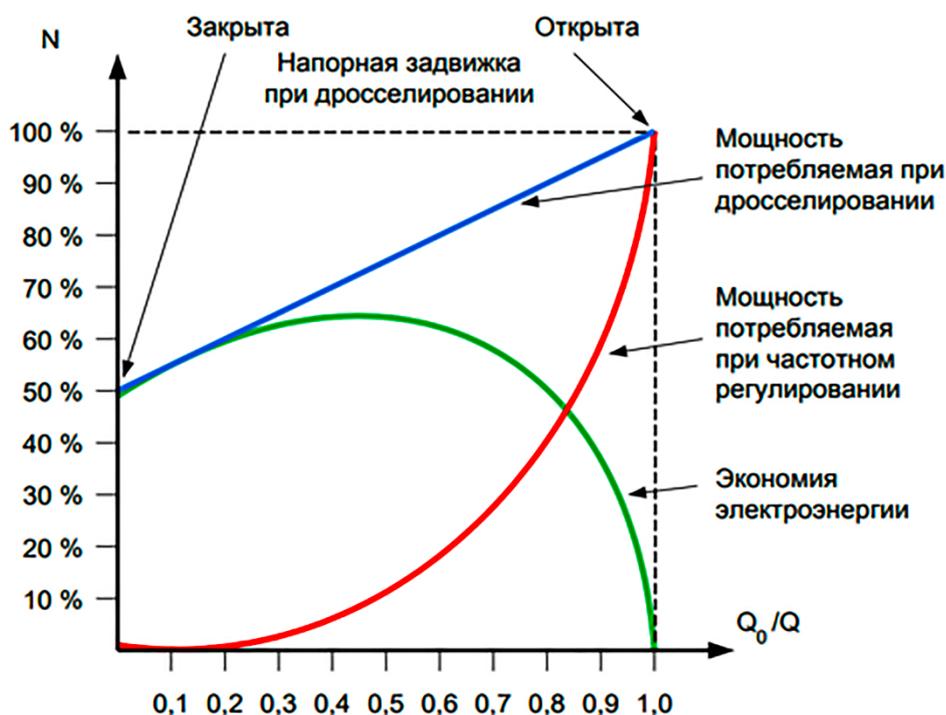


Рисунок 4 – Типовая характеристика потребления мощности при различных способах регулирования

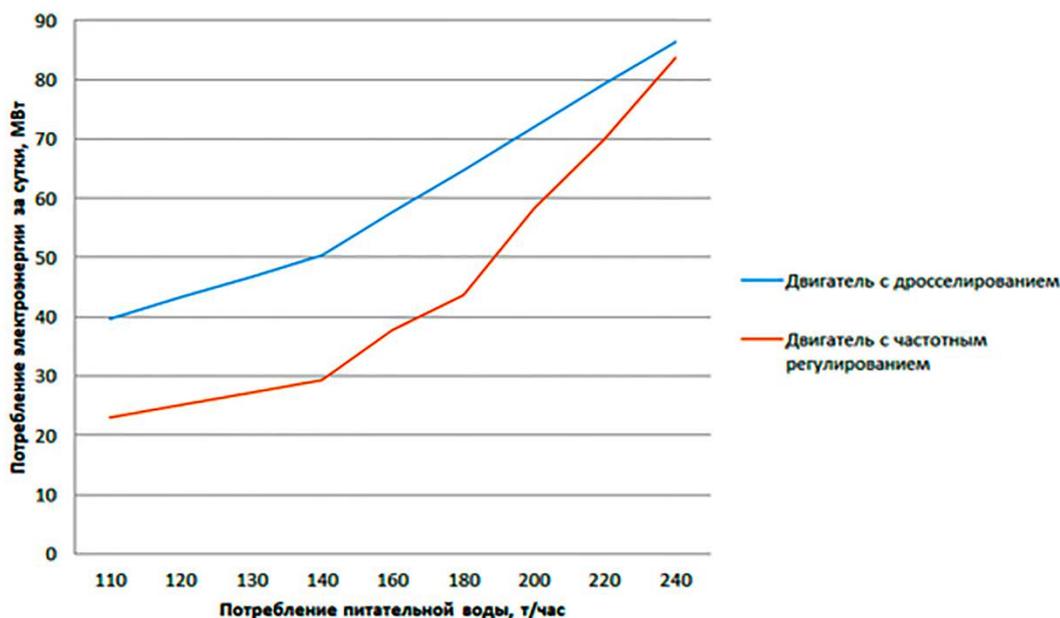


Рисунок 5 – Потребление электроэнергии при разных способах регулирования

Таким образом, использование частотно-регулируемого электропривода обеспечивает энергосбережение в системе собственных нужд, а также способствует: 1) снижению нагрузок на технологическое оборудование, что в свою очередь, уменьшает расходы на его ремонт и эксплуатацию; 2) увеличению диапазона параметров регулирования и повышению степени автоматизации; 3) повышению экономичности.

### **Список источников**

1. Анучин А. С. Системы управления электроприводов. Вологда : Инфра-Инженерия, 2015. 373 с.
2. ГОСТ 22337–77. Насосы центробежные питательные. Основные параметры // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023114> (дата обращения: 20.09.2021).
3. Евтух К. А., Вязунов Е. В., Бархатов А. Ф. Об экономической эффективности замены узлов дросселирования давления на нефтеперекачивающих станциях частотно-регулируемыми приводами или гидромуфтами // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 2. С. 15–21.
4. Клевцов А. В. Преобразователи частоты для электропривода переменного тока : практическое пособие для инженеров. М : ДМК-Пресс, 2010. 224 с.
5. Ченчик В. А. Технико-экономическое обоснование внедрения систем управления с частотно-регулируемым электроприводом // Химическая техника. 2015. № 3. С. 42.

© Шевченко М. В., Касьян П. В., 2021

Статья поступила в редакцию 29.10.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 29.12.2021.

The article was submitted 29.10.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 29.12.2021.

УДК 620.92

**Закон о «зелёной» энергетике.  
Анализ положений закона в части развития микрогенерации**

**Максим Валерьевич Шевченко**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
**Виктор Александрович Меньшиков**<sup>2</sup>, студент

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [shev-max@yandex.ru](mailto:shev-max@yandex.ru), <sup>2</sup> [rkc-isu1@amur.dvec.ru](mailto:rkc-isu1@amur.dvec.ru)

**Аннотация.** Проведён анализ положений о льготных условиях для частных и юридических лиц при технологическом присоединении объектов микрогенерации к общей сети. Рассмотрено заключение договора с гарантирующими поставщиками на предмет купли-продажи электрической энергии (мощности) у собственников объектов микрогенерации. Сделан вывод, что закон о «зелёной» энергетике позволяет создавать независимые источники электропитания своего жилища, а излишки электроэнергии продавать оператору местной энергетической сети.

**Ключевые слова:** объекты микрогенерации, технологическое присоединение, независимые источники электропитания, купля-продажа электрической энергии

**Для цитирования:** Шевченко М. В., Меньшиков В. А. Закон о «зелёной» энергетике. Анализ положений закона в части развития микрогенерации // Актуальные проблемы энергетики в АПК : материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 15 декабря 2021 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2021. С. 177–181.

**The law on "green" energy. Analysis of the  
provisions of the law regarding the development of microgeneration**

**Maxim V. Shevchenko**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
**Victor A. Menshikov**<sup>2</sup>, student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [shev-max@yandex.ru](mailto:shev-max@yandex.ru), <sup>2</sup> [rkc-isu1@amur.dvec.ru](mailto:rkc-isu1@amur.dvec.ru)

**Abstract:** The analysis of the provisions on preferential conditions for private and legal entities during the technological connection of microgeneration facilities to the common network is carried out. The conclusion of a contract with guaranteeing suppliers for the purchase and sale of electric energy (capacity) from the owners of microgeneration facilities is considered. It is concluded that the law on "green" energy allows you to create independent sources of electricity for your home, and

sell excess electricity to the operator of the local energy network.

**Keywords:** microgeneration facilities, technological connection, independent power supply sources, purchase and sale of electric energy

**For citation:** Shevchenko M. V., Menshikov V. A. Zakon o “zelyonoj” energetike. Analiz polozhenij zakona v chasti razvitiya mikrogeneracii [The law on “green” energy. Analysis of the provisions of the law regarding the development of microgeneration]. Proceeding from Topical issues of energy in the Agro-industrial complex: *Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya (15 dekabrya 2021 g.) – All-Russian (National) Scientific and Practical Conference.* (PP. 177–181), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021 (in Russ.).

Законом о «зелёной» энергетике добавлено определение объекта микрогенерации, под которым понимают устройство по производству электроэнергии, принадлежащее физическому или юридическому лицу и присоединенное к общим сетям с уровнем напряжения до тысячи вольт. Полученная мощность не только может применяться для электропотребления собственника. Гарантирующий поставщик должен покупать её по тарифу у собственника в объёме до 15 киловатт. Для этого между сторонами заключается договор, в котором указываются условия, где собственник продаёт электроэнергию не как предприниматель.

Анализируя положения закона о «зелёной» энергетике, можно выделить некоторые замечания по его содержанию:

1. Наиболее эффективно рассчитывать поставленную собственником электроэнергию по принципу разницы розничной цены. Будет естественно, если населению будут платить по тем же тарифам, сколько оно платит за потреблённую электроэнергию, что упростит взаимоотношения между собственником и гарантирующим поставщиком.

2. Электроэнергия, которую будет покупать гарантирующий поставщик, должна являться наивысшей мощностью объектов генерации, а не установленной заводом мощностью солнечных панелей. Необходимо отметить, что

цифра в 15 киловатт была взята символично и объекты микрогенерации (генераторы) не связаны с характеристиками соответствующих российских и зарубежных образцов.

3. Электроэнергия сразу идёт в сеть, и здесь понятие транспорта электроэнергии имеет минимальный смысл, так как сразу же отданная мощность поступает потребителям. В этой связи необходимо проработать ситуацию при отсутствии оплаты установленного тарифа.

4. Так как объект микрогенерации электроэнергии принадлежит собственнику, он должен питаться от низкого напряжения (до одного киловольта).

Положения федерального закона используют ссылки на ещё не принятые нормативные акты. Например, Правительство РФ будет регулировать особенности технологического присоединения объектов микрогенерации к электрическим сетям и порядок заключения договоров, которые гарантируют продажу электроэнергии между сторонами, то есть частными лицами и гарантирующими поставщиками.

Закон о «зелёной» энергетике содержит множество отсылочных норм на правовые основы функционирования розничных рынков электроэнергии, однако при всём при этом не объясняется, как эти нормы будут приспособляться с учётом того, что на взаимоотношения по энергоснабжению для большинства потенциально возможных субъектов микрогенерации (собственников) также действуют правила предоставления коммунальных услуг и нормы жилищного законодательства.

**План выполнения технологического присоединения объекта микрогенерации к электрическим сетям.** Закономерность трактовки закона указывает, что порядок технологического присоединения предметов микрогенерации к электрической сети должен быть с таким же технологическим присоеди-

нением, что и льготный вариант, который присущ для подключения потребителей при 15 киловатт максимальной мощности, которой им разрешено подключаться.

В связи с этим можно предположить, что технологическое присоединение объектов «зелёной» энергетики обязано выполняться с учётом Правил по присоединению устройств энергетических потребителей и устройств по генерации мощностей: цена после подключения объектов ставится в размере не больше 550 рублей при присоединении заявителя, обладающего объектами, приравненными к третьей группе потребления (по одному источнику электропитания) при требовании, что дистанция от точки разграничения участка того, кто подал заявление, до объектов электросетевого хозяйства при напряжении до 20 киловольт включительно достаточного класса напряжения содержит не более 300 метров в городской местности и селах, приравненных к муниципальным, и не более 500 метров для сельской местности.

Серьёзные проблемы возникают, если точки присоединения давно уже были подключены к питанию. Условия технологического присоединения обстоят так, что там отсутствуют пункты по данной ситуации и нет объяснений, как можно организовать подключение солнечных панелей в точках поставки, которые располагают соответствующим присоединением.

**Обязательство предоставления учёта электрической энергии.** Технологическое присоединение объектов микрогенерации должно сопровождаться обязанностью сетевой организации оборудовать точку поставки соответствующим учётом электрической энергии в срок до шести месяцев. Следовательно, обладателям объектов микрогенерации предоставляется возможность кардинально упростить своё обязательство гарантировать и ревизовать соответствующий протокол электроэнергии в своей точке поставки. Они могут существенно облегчить своё положение на основе освобождения от обязанности обеспечивать и контролировать надлежащий учет электрической энергии в

своей точке поставки.

Закон позволяет владельцу генератора возобновляемых источников электроэнергии реализовать избытки энергии. При этом не конкретизируются объекты микрогенерации, и владелец дизель-генераторной установки может продавать электроэнергию также успешно, и экономический эффект здесь будет абсолютно обоснован. В качестве отличия введено понятие «зелёных сертификатов», которые будут даваться владельцам возобновляемых источников электроэнергии.

### **Список источников**

1. Вступил в силу федеральный закон о развитии микрогенерации // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/16763> (дата обращения: 05.11.2021).

2. Какие результаты дал закон о микрогенерации в России // Российская газета. URL: <https://rg.ru/2021/01/11/koap-dok.html> (дата обращения: 05.11.2021).

3. О покупке электроэнергии у потребителей – владельцев объектов микрогенерации // Рязанская городская муниципальная энергосбытовая компания. URL: <https://www.rgmek.ru/news/news/mikrogeneracii.html> (дата обращения: 05.11.2021).

4. Применение закона о микрогенерации электроэнергии в существующих условиях правового регулирования электроэнергетики // Zakon.ru. URL: [https://zakon.ru/blog/2020/05/20/primenenie\\_zakona\\_o\\_mikrogeneracii\\_elektroenergii\\_v\\_suschestvuyuschih\\_usloviyah\\_pravovogo\\_regulirova](https://zakon.ru/blog/2020/05/20/primenenie_zakona_o_mikrogeneracii_elektroenergii_v_suschestvuyuschih_usloviyah_pravovogo_regulirova) (дата обращения: 05.11.2021).

© Шевченко М. В., Меньшиков В. А., 2021

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 29.12.2021.

The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 29.12.2021.

*Научное издание*

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК**

*Материалы*

*всероссийской (национальной) научно-практической конференции*

*(г. Благовещенск, 15 декабря 2021 г.)*

Подписано в печать 30.12.2021 г.  
Формат 60х90/16. Уч.-изд. л – 7,06. Усл. печ. л. – 21,02.  
Печать по требованию. Заказ 70–21.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии  
Дальневосточного государственного  
аграрного университета  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86