

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВУЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А.ТИМИРЯЗЕВА**



**СБОРНИК ТРУДОВ**

**III Международной студенческой научно-практической конференции:  
«Энергоэффективность в системах энергоснабжения и электрификации  
сельского хозяйства», посвященной 104-летию ГОЭЛРО  
24 декабря 2024 г.**

Том 1

Москва  
Издательство РГАУ=МСХА  
2025

УДК 621.311: 631  
ББК 40.76  
Э 65

Э 65 Сборник трудов, приуроченных к III Международной студенческой научно-практической конференции «Энергоэффективность в системах энергоснабжения и электрификации сельского хозяйства», посвященной 104-летию ГОЭЛРО 24 декабря 2024 года, сборник статей. **Том 1** /под ред. Загинайлова В.И., Андреева С.А., и др. [Электронный ресурс] . – Электрон. текстовые, граф. данные (10,9 Мб). – Москва: Издательство РГАУ –МСХА, 2025 – 1 электрон.опт.диск (DVD-ROM)/– систем.требования: ПК 500 и выше, 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024×768; Adobe Acrobat; CD-ROM дисковод; мышь. –Загл. с экрана.

В **первом** томе сборников трудов III Международной студенческой научно-практической конференции: «Энергоэффективность в системах энергоснабжения и электрификации сельского хозяйства», посвященной 104-летию ГОЭЛРО 24 декабря 2025 года представлены результаты актуальных научных исследований студентов и магистрантов в области использования цифровых технологий в электро- и энергоснабжении, цифровых технологий в управлении технологическими процессами и установками в агропромышленном комплексе, а также новых электротехнологий в сельскохозяйственном производстве.

Сборник публикуется по результатам конференции в рамках проекта развития студенческого научного общества в 2025 году и по соглашению о представлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий № 075-15-2024-607 от 30 мая 2024 г., направленного в поддержку студенческого научного общества РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева.

Издание адресовано студентам, бакалавриата и магистратуры, аспирантам, ученым, научно-педагогическим работникам и специалистам, занимающихся изучением и решением проблем, связанных с тематикой конференции.

#### **Редакционная коллегия:**

профессор кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А.Будзко Загинайлов В.И., доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени И.Ф.Бородина Андреев С.А., профессор кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А.Будзко Рудобашта С.П., заведующий кафедрой автоматизированных систем управления производством Белорусского государственного аграрного технического университета Матвейчук Н.М., профессор кафедры автоматизированных систем управления производством Белорусского государственного аграрного технического университета Гируцкий И.И., доцент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А.Будзко Лештаев О.В.

Коллектив авторов , 2025  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2025

## ЦИФРОВОЙ СОЛНЕЧНЫЙ ТРЕКЕР

**Нестеров Максим Андреевич**, студент 4 курса бакалавриата института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mn045006@gmail.com

**Жуков Федор Александрович**, студент 2 курса магистратуры института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 12345fedor11@mail.ru

**Научный руководитель – Лештаев Олег Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, leshtaev@rgau-msha.ru

**Аннотация.** В статье описана разработанная авторами система слежения солнечного модуля за положением Солнца – цифровой солнечный трекер на базе аппаратной платформы Arduino Nano. Система позволяет отслеживать движение Солнца без применения оптических датчиков, что повышает ее работы эффективность.

**Ключевые слова:** распределенная генерация, фотоэлектрическая установка, солнечный модуль, положение Солнца, солнечный трекер, слежение за Солнцем, Arduino Nano, сервопривод, часы реального времени.

## DIGITAL SOLAR TRACKER

**Nesterov Maksim Andreevich**, 4<sup>th</sup> year undergraduate student of the Institute Mechanical and Power Engineering, Timiryazev Moscow Agricultural Academy, mn045006@gmail.com

**Zhukov Fedor Aleksandrovich**, 2<sup>nd</sup> year master's student of the Institute Mechanical and Power Engineering, Timiryazev Moscow Agricultural Academy, 12345fedor11@mail.ru

**Scientific advisor – Leshtayev Oleg Valerevich**, PhD, associate professor of power supply and thermal power department of the Institute Mechanical and Power Engineering, Timiryazev Moscow Agricultural Academy, leshtaev@rgau-msha.ru

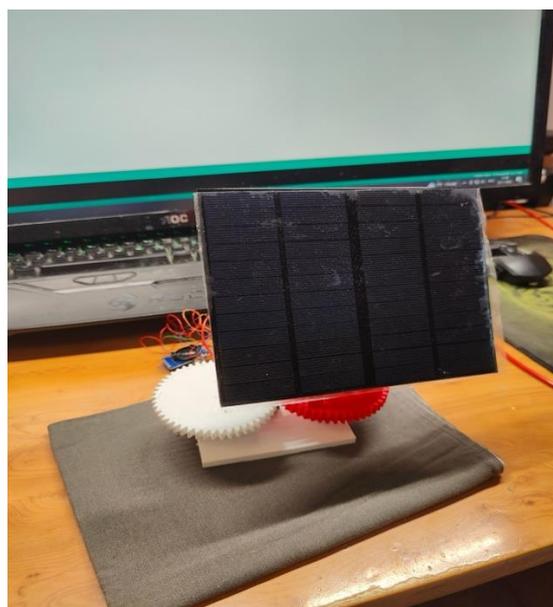
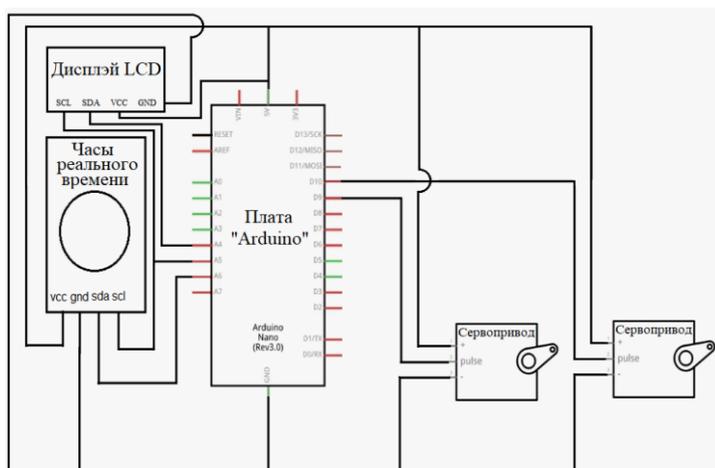
**Annotation:** The paper describes the developed solar module tracking system for the position of the Sun - digital solar tracker based on the Arduino Nano hardware platform. The system allows you to track the movement of the Sun without the use of optical sensors, which increases its performance efficiency.

**Key words:** distributed generation, photovoltaic installation, solar module, sun position, solar tracker, sun tracking, arduino nano, servo, real time clock.

Применение систем слежения солнечного модуля за положением Солнца [1] (солнечных трекеров) позволяет значительно повысить эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки [2] и систем распределенной генерации [3] за счет изменения угла наклона солнечного модуля и угла его азимутального поворота. Однако, применяемые солнечные трекеры [4] обладают рядом недостатков: высокой стоимостью, сложностью настройки логики работы, снижением эффективности работы трекера при загрязнении оптических датчиков или при пасмурной погоде.

Разработанная нами система позволяет устранить последний из указанных недостатков, за счет отказа от оптических датчиков и перехода на слежение за Солнцем по времени, и повысить надежность работы всей системы [5].

Действующая модель солнечного трекера построена на базе аппаратной платформы Arduino Nano. Для программирования Arduino использовалось приложение Arduino IDE и базы данных: «Servo», «Wire», «RTClib». Данные базы данных необходимы для связи компонентов солнечного трекера с Arduino. На рисунке 1 представлены схема предлагаемого устройства (а) и действующая модель трекера (б).



а

б

Рисунок 1 – Солнечный трекер: а – схема предлагаемого устройства; б – модель трекера

Для создания модели солнечного трекера использованы следующие компоненты: микропроцессорный компьютер Arduino Nano, сервоприводы MG90S, часы реального времени DS3231 RTC, корпус, 2 потенциометра, кнопка включения и выключения. Схема построена на микроконтроллере ATMEGA328P CH340, который обладает значительным объемом памяти, и содержит множество периферийных модулей. Для определения текущего времени и даты в схеме используется модуль часов реального времени DS3231 (погрешность составляет  $\pm 2$  минуты в год). Вся сборка питается постоянным

напряжением 5В через порт mini USB распаянный на плате Arduino. Данный разъём также используется для загрузки прошивки.

Разработанный солнечный трекер обеспечивает слежение за Солнцем по заданным углам наклона вертикальной и горизонтальной осей, загруженным в процессор. Изменение положения солнечного модуля происходит исходя из времени суток, которое отсчитывают часы.

Для первого запуска трекера необходимо, указать координаты местности, где он будет применяться. Далее в программе необходимо указать вертикальный и азимутальный углы движения Солнца по небосводу. В связи с тем, что влияние угла наклона на эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки меньше, чем угла азимутального поворота, в программе необходимо указать по одному углу наклона для каждого месяца.

Для горизонтальной оси необходимо вписать углы азимутального поворота для каждого часа, дня и месяца. Благодаря, модулю часов реального времени. Микроконтроллер сверяется с месяцем, днем, часом и дает команду поворота сервоприводу на заданный угол. После захода Солнца, трекер разворачивают солнечный модуль в начальный угол (на восход Солнца).

Далее углы азимутального поворота для горизонтальной оси необходимо вписать в формате матрицы 24x31 для каждого месяца и указать конкретные время и дату ввода в эксплуатацию трека. После всех изменений в коде, нужно подключить Arduino через провод mini USB- USB A к компьютеру и записать прошивку. После обновления прошивки Arduino перезагрузиться, сервоприводы повернут солнечную панель в необходимую сторону и трекер начнет поворачиваться на заданный угол каждый час.

Проведенные испытания показали, что при применении предложенного устройства, позволит повысить эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки. Результаты испытаний представлены на рисунке 2.

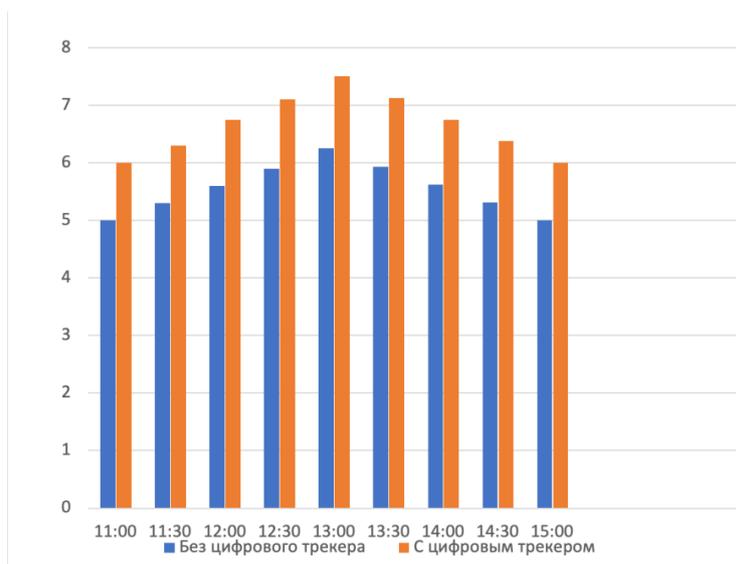


Рисунок 2 – Результаты испытаний трекера

В результате проведённой работы разработан цифровой солнечный трекер, позволяющий повысить эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки. Кроме того, за счет отсутствия в конструкции

трекера оптических датчиков, получилось избавиться от влияния загрязнения и погодных условий на функциональные характеристики трекера.

### Библиографический список

1. Гарькавый, К. А. Главный возобновляемый источник энергии / К. А. Гарькавый // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 8(148). – С. 22-28. – EDN SCRVUL.
2. Olar power station model in matlab simulink program Leshtayev O.V., Stushkina N.A., Zaginailov V.I., Sergeeva N.A. В сборнике: Proceedings of the 2nd 2020 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2020. 2020. С. 9059128.
3. Оценка эффективности работы электроэнергетической системы с распределенной генерацией / В. И. Загинайлов, Т. А. Мамедов, Н. А. Стушкина, О. В. Лештаев // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 4. – С. 147-159. – DOI 10.34286/1995-4646-2022-85-4-147-159. – EDN KBEEAV.
4. Патент № 2801633 С1 Российская Федерация, МПК F24S 30/45. Устройство слежения приемной панели за Солнцем : № 2022134103 : заявл. 23.12.2022 : опубл. 11.08.2023 / О. В. Лештаев, В. И. Загинайлов, Н. А. Стушкина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева". – EDN НВНРАХ.
5. Лещинская, Т. Б. Показатели надежности распределительных линий / Т. Б. Лещинская, С. И. Белов // Техника в сельском хозяйстве. – 1996. – № 3. – С. 5-8. – EDN EPGNPM.

УДК 636.92

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ КРОЛИКОВ

**Буранов Роман Вадимович**, студент Российского государственного аграрного университета имени К.А. Тимирязева, [buranov.roman2015@gmail.com](mailto:buranov.roman2015@gmail.com)

**Крахмалев Алексей Геннадьевич**, студент Российского государственного аграрного университета имени К.А. Тимирязева, [buranov.roman2015@gmail.com](mailto:buranov.roman2015@gmail.com)

**Научный руководитель – Судник Юрий Александрович**, доктор технических наук, профессор Российского государственного аграрного университета имени К.А. Тимирязева, [sudnika@mail.ru](mailto:sudnika@mail.ru)

**Аннотация.** В статье описывается способ контроля состояния здоровья кроликов с использованием чип-капсулы, измеряющей параметры, такие как температура, пульс, давление и активность. Устройство позволяет снизить смертность кроликов, обеспечивая высокую

экономическую эффективность. Приводятся расчёты окупаемости и годового экономического эффекта, а также технические характеристики чип-капсулы.

**Ключевые слова:** контроль состояния здоровья, кролики, чип-капсула, экономическая эффективность.

## METHOD FOR DETERMINING THE STATE OF PHYSICAL HEALTH IN RABBITS

**Buranov Roman Vadimovich**, student of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, [buranov.roman2015@gmail.com](mailto:buranov.roman2015@gmail.com)

**Krakhmalev Aleksey Gennadievich**, student of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, [buranov.roman2015@gmail.com](mailto:buranov.roman2015@gmail.com)

**Scientific supervisor – Sudnik Yuriy Aleksandrovich**, Doctor of Technical Sciences, professor of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, [sudnikya@mail.ru](mailto:sudnikya@mail.ru)

**Annotation.** The article presents an innovative method for monitoring rabbit health using a chip capsule that measures parameters such as temperature, pulse, pressure, and activity. The device reduces rabbit mortality from 30% to 5%, ensuring high economic efficiency. The paper includes calculations of payback period, annual economic effect, and technical specifications of the chip capsule.

**Keywords:** health monitoring, rabbits, chip capsule, economic efficiency

В настоящее время наблюдается высокая смертность кроликов, связанная с их болезнями. Согласно статистическим данным, смертность кроликов достигает 30% [1]. Одним из путей повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции [2], является автоматизация технологических процессов её производства и разработка способов и устройств контроля параметров жизнедеятельности сельскохозяйственных животных [3]. Поэтому тема исследования, является актуальной и практической значимой.

На данный момент известны способы контроля состояния здоровья животных [4], в частности коров, но они не применимы для контроля состояния здоровья кроликов.

В работе, на основе способа контроля состояния здоровья кроликов [5], предложено устройство – чип-капсула, предназначенная для определения состояния здоровья кроликов, по следующим параметрам: температура, пульс, давление, количество потребляемого корма.

Чип-капсула разделена на две части, нижняя часть которой содержит датчики температуры, пульса, давления, активности, а верхняя – радиочастотный идентификатор (типа RFID), радиомодуль, звуковой генератор (рисунок 1).

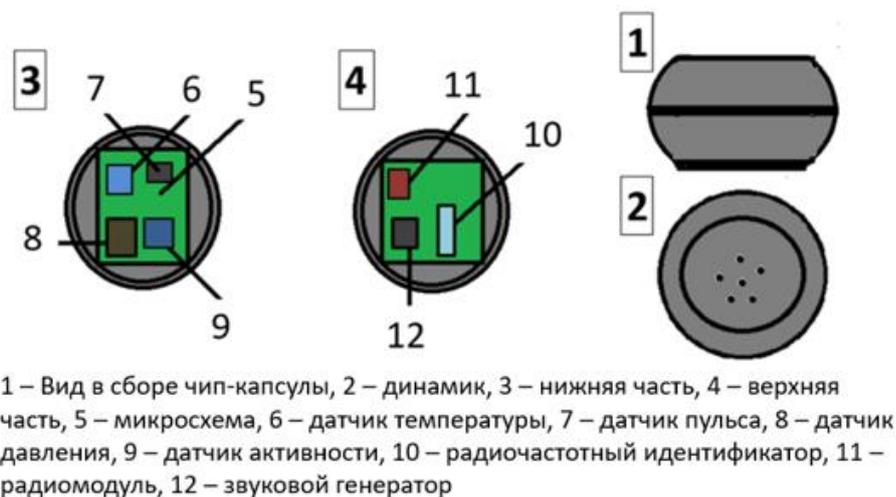


Рисунок 1 – Содержание чип-капсулы

Радиочастотный идентификатор определяет и сохраняет идентификационный номер (кролика), после чего, отправляет его в блок управления [3], совмещенный с компьютером, находящихся в помещении ветеринара. На мониторе компьютера отображаются параметры состояние здоровья кроликов (рисунок 2).

Номер кролика	Температура	Давление	Пульс	Время нахождения у кормушки	Активность	Сигнал
1	38,5	183,5	140	20 мин	норма	норма
2	38,7	183,5	140	15 мин	норма	норма
3	39	183,5	150	0 мин	норма	подозрение
4	39	183,5	160	20 мин	норма	норма
5	39,2	183,5	170	15 мин	норма	норма
6	41	240,5	230	0 мин	не активен	критическое состояние
7	38,5	183,5	150	10 мин	норма	норма
8	38,5	183,5	140	10 мин	норма	норма
9	42	240,5	90	0 мин	не активен	критическое состояние
10	38,5	183,5	140	12 мин	норма	норма
11	38,7	183,5	130	14 мин	норма	норма

Рисунок 1 – Параметры состояния здоровья кроликов

Количество потребляемого корма определяется временем нахождения кролика у кормушки. Радиомодуль предназначен для отправления в блок управления информационных параметров состояния здоровья кроликов [2].

Результаты экспериментального исследования показали, что применение чип-капсулы значительно (с 30% до 5%) снижает смертность кроликов. На рисунке 3 приведена зависимость процента смертности кроликов от годовой продолжительности.

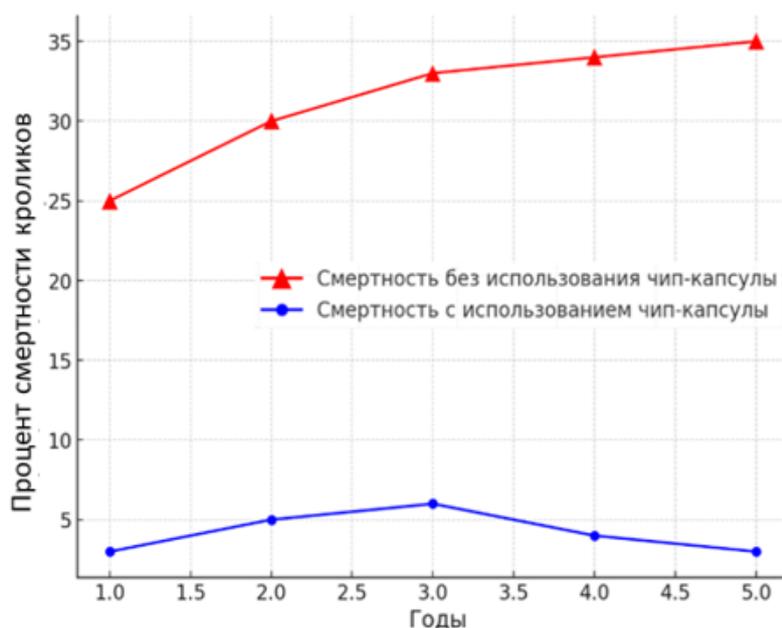


Рисунок 3 – Зависимости процента смертности кроликов от годовой продолжительности

Определены излучаемые мощности чип-капсулы и ретранслятора с учетом их мест нахождения.

Годовой экономический эффект от применения чип-капсул составил 179,2 тыс. рублей на ферму из 100 кроликов, а срок окупаемости - 0,5 года.

Предлагаемый способ (защищён патентом РФ №2819845) на устройство определения состояния здоровья кроликов, котрое позволяют существенно снизить смертность кроликов.

### Библиографический список

1. Кравченко В.Н., Филонов Р.Ф., Буранов Р.В. Обоснование способа идентификации кроликов с использованием искусственного интеллекта / Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 4 (52). С. 76-80.
2. Загинайлов В.И., Стушкина Н.А., Лештаев О.В., Овсянникова Е.А., Мамедов Т.А. Повышение энергоэффективности производства продукции сельскохозяйственными предприятиями. Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 54-64.
3. Бородин И.Ф., Загинайлов В.И., Сергованцев В.Т., Судник Ю.А., Гуляев Г.А., Хорошенков В.К., Бледных В.В. Автоматика - этап индустриализации села. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2008. № 1. С. 11-13.
4. Загинайлов В.И., Федотов Н.А., Рой А.В. Электрооптическая система идентификации животных. Сельский механизатор. 2007. № 2. С. 32-37.
5. Буранов Р.В., Кравченко В.Н., Филонов Р.Ф. Способ определения состояния здоровья кроликов с использованием искусственного интеллекта, Патент РФ на изобретение № 2819845, МКП (2006.01) G06K, заявка № 2023127529 от 26.10.2023, опубли. в бюл. № 15
6. Судник Ю.А., Солдатов В.В. Системы автоматического управления. Москва, 2022

## ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

**Брилевский Алексей Владимирович**, магистрант Белорусского государственного аграрного технического университета, Минск, Республика Беларусь, *avm.nrgsnb@bsatu.by*

**Научный руководитель – Андрианов Виктор Михайлович** доктор физ.-мат наук, профессор Белорусского государственного аграрного технического университета, Минск, Республика Беларусь, *avm.nrgsnb@bsatu.by*

**Аннотация.** Определены перспективы развития гелиоэнергетики в республике Беларусь. Приведены данные о ресурсах солнечной энергии. Рассмотрены способы преобразования и использования солнечной энергии. Приведено описание установки для преобразования солнечной энергии в тепловую форму, включающая ФЭТ-модули, солнечный коллектор, напорный бак, бак-аккумулятор, термодатчик и соленоидный клапан. Описан принцип действия установки и сформулированы основные направления совершенствования гелиоустановок, оснащенных буферными батареями.

**Ключевые слова.** солнечная энергия, гелиоэнергетика, инсоляция, солнечный коллектор, проток воды, управление, датчик, термореле, буферная батарея, бак-аккумулятор.

## HEAT AND ELECTRICITY SUPPLY OF AGRICULTURAL CONSUMERS BASED ON SOLAR ENERGY CONVERSION

**Brilevsky Alexey Vladimirovich**, master's student of the Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus, *avm.nrgsnb@bsatu.by*

**Scientific supervisor - Andrianov Viktor Mikhailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus, *avm.nrgsnb@bsatu.by*

**Annotation.** The article defines the prospects for the development of solar energy in the Republic of Belarus. It provides data on solar energy resources. It examines the methods for converting and using solar energy. It describes an installation for converting solar energy into heat, including FET modules, a solar collector, a pressure tank, an accumulator tank, a temperature sensor, and a solenoid valve. It describes the operating principle of the installation, and formulates the main directions for improving solar installations equipped with buffer batteries.

**Key words:** solar energy, solar power engineering, insolation, solar collector, water flow, control, sensor, thermal relay, buffer battery, storage tank.

Солнечная энергия является одним из самых доступных и экологически чистых источников энергии. Солнечные панели могут устанавливаться на крышах зданий или земельных участках и использоваться для производства электроэнергии, которая затем может быть использована для питания электроприборов, насосов для орошения полей, а также для электрификации сельских поселений. Тепловая энергетика позволяет использовать солнечную энергию для обогрева помещений, сушки сельскохозяйственной продукции, а также для подогрева воды для нужд животноводства.

Цифровые технологии играют значительную роль в развитии солнечной и тепловой энергетике в сельском хозяйстве. С их помощью можно автоматизировать системы управления и мониторинга работы солнечных панелей и коллекторов, оптимизировать энергопотребление, а также вести удаленный мониторинг и диагностику оборудования. Благодаря цифровым технологиям можно также прогнозировать погоду и оптимизировать работу солнечных установок в зависимости от прогноза, что позволяет повысить эффективность использования солнечной энергии.

В Беларуси всего от 30 до 40 солнечных дней в году. И на первый взгляд кажется, что перспективы развития гелиоэнергетики в нашей стране так же маловероятны, как солнечный свет в промозглый ноябрьский день. Однако в реальности дело обстоит иначе. Даже в условиях облачности солнечные панели способны улавливать рассеянный свет, необходимый для выработки электроэнергии. Батареи функционируют и в полную луну: достигается около 2–3% мощности. [1]

Исследователи провели сравнение с развитыми странами, расположенными в одних широтах с Беларусью. Например, в Германии количество пасмурных дней приблизительно такое же, как у нас. Расчетами подтверждено, что по сравнению с этой страной реальная эффективность в Беларуси будет даже выше примерно на 17–20% при выработке электроэнергии с помощью солнечных батарей. Если взять и более теплые Польшу и Голландию, то Беларусь снова в выигрыше — примерно на 10%.

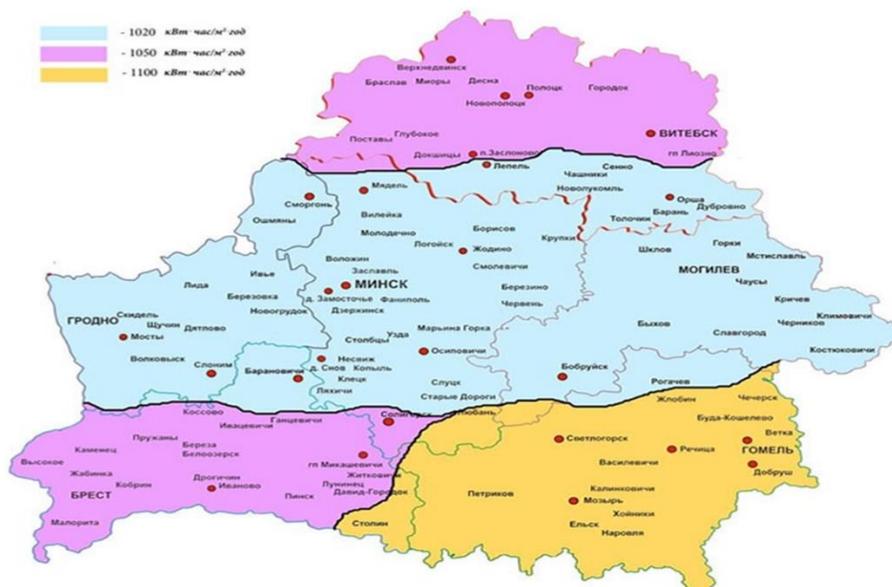


Рисунок 1 – Солнечная активность Республики Беларусь

В разных регионах Беларуси годовая инсоляция находится в пределах до 1100 кВт-час/м<sup>2</sup>. Но эти значения наблюдаются в момент максимальной солнечной активности, но максимум солнечной активности не совпадает с максимумом электропотребления различными потребителями. Солнечные коллекторы могут преобразовывать в тепловую с КПД 95%. [2]

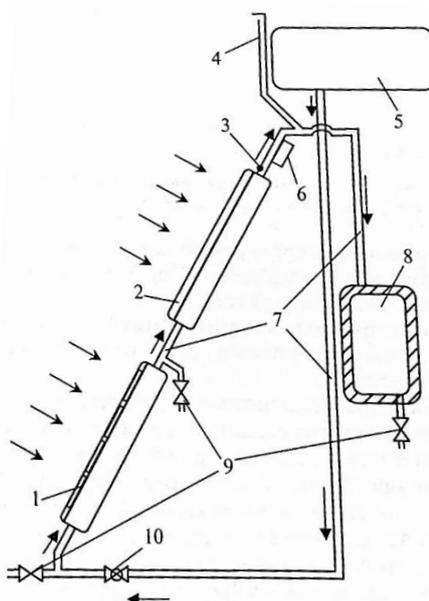


Рисунок 2 – Схема системы горячего водоснабжения на основе ФЭТ-Модуля

1 – ФЭТ-модуль; 2 – солнечный коллектор; 3 – термодатчик; 4 – воздушник; 5 – напорный бак; 6 – термореле; 7 – трубопровод; 8 – бак-аккумулятор; 9 – вентиль; 10 – соленоидный клапан.

На рисунке 2 изображена система, обеспечивающая достижение наиболее высоких показателей эффективности, в состав которой вошел ФЭТ-модуль

представленной конструкции. Установка в качестве основных элементов содержит ФЭТ-модуль 1, солнечный коллектор 2, напорный бак 4, предназначенный для подачи холодной воды в систему, бак-аккумулятор 8 для сбора горячей воды. Она снабжена автоматизированной системой управления протоком воды через элементы контура. В состав системы управления входят термодатчик 3, установленный рядом с выходным патрубком солнечного коллектора, термореле 6 и соленоидный клапан 10. Установка работает следующим образом. В солнечный день жидкость в ФЭТ-модуле 1 и солнечном коллекторе 2 нагревается. Когда температура воды в последнем достигнет заданного значения, срабатывает термореле 6, открывается соленоидный клапан 10, и холодная вода из напорного бака 5 поступает в резервуар ФЭТ-модуля, вытесняя из него нагретую воду в солнечный коллектор 2. Из последнего догретая до заданной температуры вода поступает в бак-аккумулятор 8. Движение жидкости по контуру от напорного бака до бака-аккумулятора осуществляется до тех пор, пока температура жидкости на выходе из солнечного коллектора не снизится до некоторого заданного значения. В этом случае срабатывает термореле 6, отключается соленоидный клапан 10, и движение жидкости по контуру прекращается до момента, когда температура в солнечном коллекторе вновь не достигнет заданного значения. [3]

Наибольший рост количества устанавливаемых систем накопления энергии за последнее десятилетие пришелся на электрические системы, такие как аккумуляторные батареи и конденсаторы. Литий-ионные аккумуляторы быстро стали той рабочей лошадкой, которая обычно используется в современных крупных системах аккумулирования энергии. Кроме того, такие аккумуляторные батареи являются основными компонентами и в быстро растущем парке электромобилей.

Кроме того, разрабатываются так называемые проточные или буферные батареи, которые можно использовать с учетом требуемых пиковой емкости и продолжительности компенсации недостающей энергии. Их роль могут выполнять конденсаторы — устройства, хранящие электрическую энергию в форме электростатического заряда, накопленного на их токопроводящих металлических обкладках без химического преобразования.

### **Библиографический список**

1. <https://belta.by/economics/view/kilovatty-sveta-pljusy-minusy-i-perspektivy-solnechnoj-energetiki-v-belarusi-426188-2021/>
2. <https://eneca.by/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/energiya-solnca-geliosistemy/>
3. Теплоснабжение с использованием фотоэлектрических модулей [Текст]/ В.В. Харченко, Б.А. Никитин, П.В. Тихонов, А.Э. Макаров // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – №5. – С. 11-12.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ CAS НА БАЗЕ ЛАБОРАТОРИИ «АСКУЭ»

*Аединов Мурад Багирович, студент Каршинского Инженерно - Экономического института, Карши, Республика Узбекистан, [beytullaevan@mail.ru](mailto:beytullaevan@mail.ru)*

*Научный руководитель – Бейтуллаева Румия Хамидуллаевна, доцент Каршинского Инженерно - Экономического института, Карши, Республика Узбекистан [beytullaevan@mail.ru](mailto:beytullaevan@mail.ru)*

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются применение системы CAS в лаборатории «АСКУЭ» на базе кафедры “Электроэнергетика”. В лаборатории разработан и смонтирован дата центр, где счётчики подключены к биллинговой системе и студенты на занятиях по предмету «АСКУЭ» наблюдают за работой и данными подстанций - напряжением и током, потреблением активной мощности, реактивной мощности, незаконное потребление электроэнергии, а также видят задолженности по электроэнергии.

*Ключевые слова:* электрическая энергия, дата-центр, электронный счетчик, баланс потребления, биллинговая система, концентратор данных, интерфейс, каналы связи, программное обеспечение.

## APPLICATION OF THE CAS SYSTEM BASED ON THE "ASKUE" LABORATORY

*Aedinov Murad Bagirovich, student of Karshi Institute of Engineering and Economics, Karshi, Republic of Uzbekistan*

*Scientific supervisor - Beitullaeva Rumiya Khamidullaevna, Associate Professor, Karshi Institute of Engineering and Economics, Karshi, Republic of Uzbekistan*

*Annotation.* This article discusses the creation of a data center on the basis of the Department of Electricity. With the help of such a center, where the meters are connected to the CAS billing system, students in the classroom on the subject "ASKUE" observe the operation and data of substations - voltage and current, active power consumption, reactive power, illegal electricity consumption, and also see electricity debts.

*Key words:* electric energy, data center, electronic meter, consumption balance, billing system, data concentrator, interface, communication channels, software

Быстрые темпы развития экономики с учётом рыночных методов хозяйствования диктуют очень жёсткие требования к учету потребления электроэнергии. Данные требования однозначно и в полном объёме могут быть удовлетворены за счёт создания самых современных высокотехнологичных автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии.

В Узбекистане в 2020 году стартовал инновационный проект который был построен в партнёрстве с южнокорейской "KT Corporation" и созданы дата центры подключённые к региональным предприятиям электроснабжения. Использование их придает системам учёта и контроля электроэнергии дополнительную гибкость. [2]

Такой дата-центр создан на базе Кашкадарьинских электрических сетей. С помощью таких дата-центров удаётся хранение и обработка данных по учёту электрической энергии и правильному формированию почасовых, суточных, месячных и годовых балансов потребления электрической энергии. Электронные счётчики подключены к биллинговой системе CAS которая автоматически отключает от сети потребителей должников а также автоматически подключает после оплаты задолженности. Такой мини дата-центр установлен на кафедре «Электроэнергетика» КИЭИ, который непосредственно подключён к «Кашкадарьинским электрическим сетям».

На стенде установлен концентратор данных HSD22, однофазные и трёхфазные современные счётчики активной энергии на 5 и 100 Ампер, трансформаторы тока в качестве нагрузки лампы накаливания. Концентратор данных HSD22 предназначен для эффективного сбора данных с электрических счётчиков и одновременной коммуникации с центральной управляющей системой MDM. В базовой версии концентратора применяется PLC PRIME технология связи для сбора данных со счётчиков. [3]

Для связи с центральной управляющей системой MDM в концентраторе может использоваться каналы связи Enternet или GPRS. При этом концентратор DC12 имеетменяемые коммуникационные модули. Это позволяет предоставлять модификации концентратора с модулями сотовой связи 3G или 4G а также с модулем PLC связи G3. Дополнительно, концентратор данных Elgama DC12 имеет интерфейс последовательной передачи данных типа RS485. Используя RS485 интерфейс, в концентраторе имеется возможность создавать дополнительные каналы связи для сбора данных со счётчиков. Базовая версия концентратора, для связи с центральной системой управления, использует протокол передачи данных DLMS. Дополнительно к протоколу DLMS, в концентраторе есть возможность внедрить другие протоколы передачи данных согласно требованиям заказчика. Программное обеспечение для обслуживания концентратора создано на основе WEB технологии.

Это позволяет управлять концентратором с помощью WEB браузера с любого компьютера. Концентратор данных Elgama DC12 создан используя специальную архитектуру внутреннего программного обеспечения. Эта архитектура позволяет гибко модифицировать существующие функциональности и создавать новые. Это дает возможность гибко приспособлять концентратор к требованиям заказчика.

Программное обеспечение для обслуживания концентратора создано на основе WEB технологии. Это позволяет управлять концентратором с помощью WEB браузера с любого компьютера. [3]

Один из предметов, преподаваемых на кафедре, является дисциплина «АСКУЭ». АСКУЭ – это многофункциональный технологический комплекс, состоящий из устройств измерения объемов потребляемой электроэнергии, контроля параметров электрических сетей, модулей сбора, обработки и передачи измерительных данных.[1] По телевизору с «умной» функцией Smart TV студенты на занятиях по предмету «АСКУЭ» наблюдают за работой и данными подстанций - напряжением и током, потреблением активной мощности, реактивной мощности, незаконное потребление электроэнергии.



Рисунок 1– Лабораторный стенд АСКУЭ на кафедре «Электроэнергетика» .

Преимущества применение системы CAS-минимизирует человеческий фактор, исключает случаи незаконного подключения и коррупции отображает нагрузку всех электростанций, подстанций, трансформаторов, работа в режиме онлайн использования геолокации.

### Библиографический список

1. Системы АСКУЭ: Учебное пособие / А. Н. Ожегов. - Киров: Изд-во ВятГУ, 2006, - 102 с.
2. <https://minenergy.uz/ru/news/view/719>
3. Измерение. RU – Системы АСКУЭ (АИИС) для рынка электроэнергии. Счетчики электроэнергии, воды и тепла [Электронный ресурс] / Компания «Эльстер Метроника». – Электрон. текстовые дан. – М.: Компания «Эльстер Метроника», 2008. – Режим доступа: <http://www.izmerenie.ru/>

УДК 621.31

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРО И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ

*Толстых Александр Алексеевич, студент Западно Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан, sashatolstyjh@gmail.com*

**Смирнова София Вячеславовна**, студент Западно Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан, [ssoffkav\\_1405@mail.ru](mailto:ssoffkav_1405@mail.ru)

**Научный руководитель – Джапарова Динара Амангельдиевна**, [dinara\\_jra@mail.ru](mailto:dinara_jra@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные тренды в ключевых технологиях электро-и энергоснабжения с использованием цифровизированных технических средств. Описаны интеллектуальные сети Smart Grid, обеспечивающие самовосстановление и высокую эффективность электроснабжения. Рассмотрены основные типы архитектур Smart Grid: централизованная, децентрализованная, иерархическая и Peer-to-peer. Определены функции Интернета вещей, искусственного интеллекта и блокчейна в области энергетики. Выявлены преимущества и перспективы развития цифровизации электроснабжения.

**Ключевые слова:** электроснабжение, интеллектуальные сети, архитектура, Smart Grid, Интернет вещей, блокчейн, цифровизация.

## **DIGITAL TECHNOLOGIES IN ELECTRICITY AND POWER SUPPLY**

**Tolstykh Alexander Alekseevich**, student of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan, [sashatolstyjh@gmail.com](mailto:sashatolstyjh@gmail.com)

**Smirnova Sofia Vyacheslavovna**, student of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan, [ssoffkav\\_1405@mail.ru](mailto:ssoffkav_1405@mail.ru)

**Scientific supervisor – Dzhaparova Dinara Amangeldievna**, [dinara\\_jra@mail.ru](mailto:dinara_jra@mail.ru)

**Annotation.** The article discusses modern trends in key technologies of electricity and energy supply using digitalized technical means. Smart Grid intelligent networks are described, providing self-healing and high efficiency of power supply. The main types of Smart Grid architectures are considered: centralized, decentralized, hierarchical and Peer-to-peer. The functions of the Internet of Things, artificial intelligence and blockchain in the energy sector are defined. The advantages and prospects for the development of digitalization of electricity supply are identified.

**Key words:** electricity supply, intelligent networks, architecture, Smart Grid, Internet of Things, blockchain, digitalization.

Цифровая трансформация проникает во все сферы нашей жизни, и энергетика не стала исключением. Интеграция цифровых технологий в электро- и энергоснабжение кардинально меняет традиционные модели производства, передачи и потребления энергии. Данный доклад посвящен анализу современных трендов, ключевых технологий и перспектив развития цифровизации в энергетике.

**Интеллектуальные сети (Smart Grid):** Основная концепция цифровой трансформации энергетики. Smart Grid представляют собой самовосстанавливающиеся, энергоэффективные и надежные электрические сети, способные интегрировать возобновляемые источники энергии и активно взаимодействовать с потребителями.

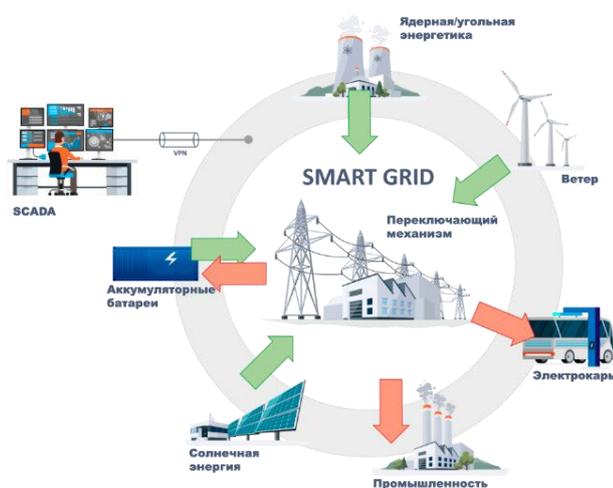


Рисунок 1 - Применение технологии Smart Grid

Основные типы архитектур Smart Grid:

### 1. Централизованная архитектура:

Характеризуется наличием центрального контроллера, который управляет всей сетью.

Преимущества: высокая степень контроля, эффективный мониторинг.

Недостатки: уязвимость к сбоям центрального контроллера, сложность масштабирования.

### 2. Децентрализованная архитектура:

Отсутствует единый центральный контроллер, управление распределено между различными узлами сети.

Преимущества: высокая отказоустойчивость, гибкость, возможность интеграции возобновляемых источников энергии.

Недостатки: сложность координации действий различных узлов, повышенные требования к вычислительным мощностям.

### 3. Иерархическая архитектура:

Комбинирует элементы централизованной и децентрализованной архитектур.

Преимущества: баланс между централизованным контролем и распределенной обработкой данных.

Недостатки: сложность реализации.

#### 4. Peer-to-peer архитектура:

Узлы сети могут напрямую взаимодействовать друг с другом без центрального посредника.

Преимущества: высокая степень децентрализации, возможность создания энергетических сообществ.

Недостатки: сложность обеспечения безопасности и надежности.

Касаясь Smart Grid проводили исследования, в которых пытались показать каким будет будущее в 2030 году с использованием данной технологии. В нем рассказывалось, что сейчас делается упор на введение интеллектуальных энергосетей, а именно на интеграцию децентрализованных источников энергии (солнечная / ветровая). **Интернет вещей (IoT):** Обеспечивает подключение множества устройств и датчиков к сети, что позволяет собирать данные о потреблении энергии, состоянии оборудования и других параметрах в режиме реального времени. Он играет ключевую роль в мониторинге и управлениями этими сетями.

**Искусственный интеллект (ИИ):** Используется для автоматизации процессов, оптимизации управления сетями, прогнозирования спроса и разработки новых решений в области энергетики.

**Блокчейн:** Обеспечивает прозрачность и безопасность транзакций в энергетике, а также позволяет создавать новые бизнес-модели, такие как энергетические кооперативы и торговля энергией между просуммерами. Благодаря данной технологии достигается обеспечение нужной уровни безопасности в интеллектуальных энергосетях.

Преимущества Цифровизации в Энергетике

- **Повышение эффективности:** Оптимизация процессов производства, передачи и потребления энергии.
- **Повышение надежности:** Своевременное выявление и устранение неисправностей, повышение устойчивости к сбоям.
- **Снижение затрат:** Оптимизация потребления энергии, снижение потерь при передаче.
- **Повышение гибкости:** Возможность быстро адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и потребностям потребителей.
- **Содействие развитию возобновляемых источников энергии:** Интеграция в сеть различных источников ВИЭ.



## Рисунок 2 – Технологии, используемые среди Казахстанских компании

Цифровизация энергетики открывает новые возможности для повышения эффективности, надежности и устойчивости энергетических систем. Однако для успешной реализации цифровых проектов необходимо преодолеть ряд вызовов и рисков. Инвестиции в развитие цифровых технологий в энергетике являются ключевым фактором для обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития.

### Библиографический список

1. Aitzhan, N.Z. Security and Privacy in Decentralized Energy Trading Through Multi-Signatures, Blockchain and Anonymous Messaging Streams [Text]/ N.Z. Aitzhan, D. Svetinovic // IEEE Trans. Dependable Secure Comput. - 2018, 15, -pp.840–852.
2. Sadeghi, O. Blockchain Technology [Text]/ O. Sadeghi, V. Paprotski, A. Jacobsen, V. Berestetsky, P. Coulthard // In Proceedings of the 27th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering, Markham, ON, Canada, 6–8 November 2017; p.355.
3. Nizamuddin, N. Blockchain for automotive: An insight towards the IPFS blockchain-based auto insurance sector [Text]/ N. Nizamuddin, A. Abugabah // Int. J. Electr. Comput. Eng. 2021, 11. -pp.2443–2456.

УДК 620.92.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОЭТАЖНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В ГОРОДСКОЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

*Шолин Алексей Вадимович, магистрант Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л.Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Российская Федерация, [leha.sholin@mail.ru](mailto:leha.sholin@mail.ru)*

*Научный руководитель – Терентьев Павел Валерьевич, доцент Нижегородского государственного агротехнологического университета им. Л.Я. Флорентьева, Нижний Новгород, Российская Федерация [terentyevpv@inbox.ru](mailto:terentyevpv@inbox.ru)*

*Аннотация.* Представлены результаты мониторинга выработки электроэнергии от объекта микрогенерации СЭС на фотоэлектрических солнечных модулях и потребления электроэнергии жилого здания. Проанализированы графики мониторинга суточной и месячной выработки

электроэнергии на объекте микрогенерации. Рассмотрены данные по выработке электроэнергии в течение одного и двух месяцев. Сделан вывод о том, что при выработке электроэнергии от объекта микрогенерации мощностью 1,6 кВт за два года доля замещённой электрической энергии составляет 60%, из неё 25% приходится на непосредственное потребление, а 35% отражается в сеть. Данная выработанная электроэнергия позволяет принести существенный экономический эффект от замещения потребления.

**Ключевые слова:** объект микрогенерации, фотоэлектрический солнечные модули, мониторинг электроэнергии, выработка, отдача энергии в сеть.

## **INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS IN URBAN AND RURAL AREAS BY INTRODUCING SOLAR ELECTRICITY IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION**

*Sholin Aleksey Vadimovich, postgraduate student of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L.Ya. Florentyev, Nizhny Novgorod, Russian Federation, leha.sholin@mail.ru*

*Scientific supervisor – Terentyev Pavel Valerievich, Associate Professor at L.Y. Florentiev Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russian Federation terentyevpv@inbox.ru*

**Annotation.** *The article presents the results of monitoring the generation of electricity from a microgeneration facility of a solar power plant on photovoltaic solar modules and the consumption of electricity in a residential building. The graphs of monitoring the daily and monthly generation of electricity at the microgeneration facility are analyzed. The data on the generation of electricity during one and two months are considered. It is concluded that when generating electricity from a microgeneration facility with a capacity of 1.6 kW over two years, the share of replaced electricity is 60%, of which 25% is for direct consumption, and 35% is squeezed out into the grid. This generated electricity allows to bring a significant economic effect from the replacement of consumption.*

**Key words:** *microgeneration facility, photovoltaic solar modules, electricity monitoring, generation, energy output to the grid.*

В августе 2022 года мною был создан объект микрогенерации мощностью 1,6 кВт. на фотоэлектрических солнечных модулях. В течение следующих полутора лет была оформлена документация с энергетической компанией и энергосбытовой компанией в соответствии с нормативно-правовыми актами принятыми в РФ[1,2]. В июне 2023 был заменен узел учета электроэнергии на двунаправленный счетчик, который позволил выявить ряд показателей потребления. В инверторе есть возможность снятия показателей отдачи, но точно выявить, куда была направлена электроэнергия было нельзя. Более подробная информация об объекте микрогенерации фотографии СЭС,

однолинейная схема и перечень оборудования представлена в ранее опубликованных статьях [3,4].

Далее будут представлены два графика выработки электроэнергии первый график посуточного мониторинга (Рисунок 1) и график общей выработки за месяц (Рисунок 2).

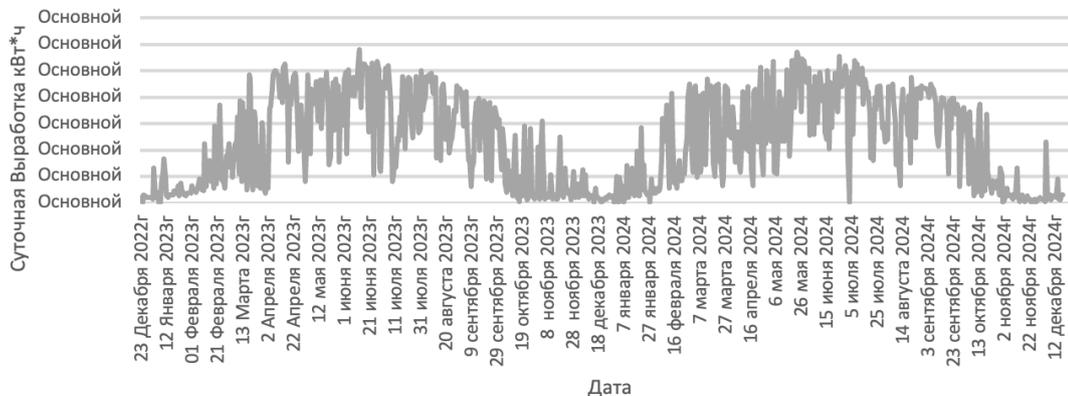


Рисунок 1 – График посуточного мониторинга за два года

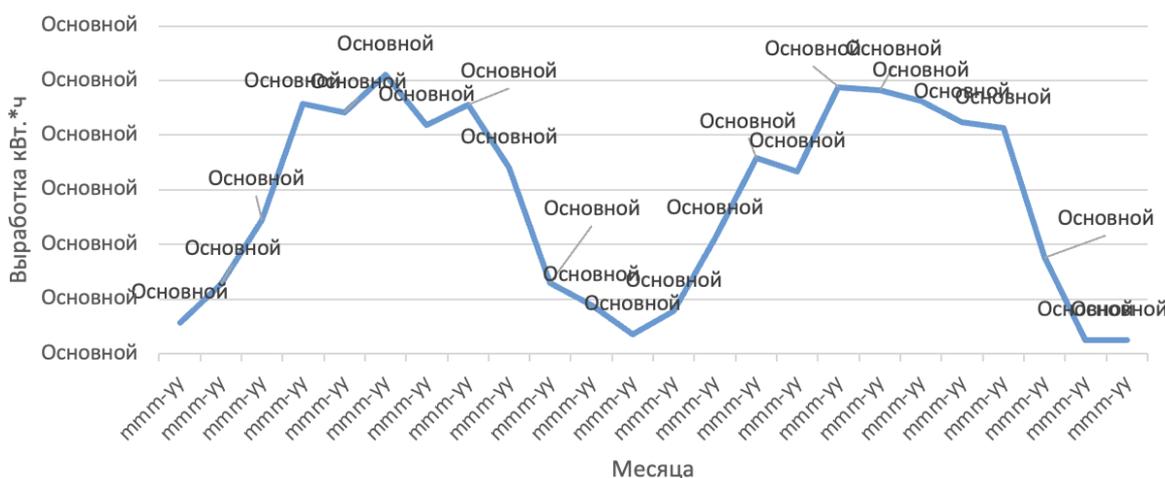


Рисунок 2 – График выработки за месяц

Далее представлена таблица 1 с показателями результатов мониторинга за два года. Данные снимались с двунаправленного узла учета и сетевого инвертора (В таблице указана выработка с 1 января 2023, а узел учета был заменён на двунаправленный только в июне 2023 поэтому в скобках указанная энергия, не учтенная этим узлом учета).

Таблица 1

**Результаты мониторинга за два года**

Параметры	Выработка объекта микрогенерации за год кВт.*ч	Потребление кВт*ч	Отдача в сеть кВт.*ч	Истинное потребление кВт*ч	Выработка использованная на потребление кВт.*ч

2023 год	1654,3(*739)	1081,36	546,683	1466,377	385,017
2024 г	1744,6	2363,47	1030,517	3079,653	716,183
Итоговые значения за два года	3417,4(*739)	3444,83	1577,2	4546,03	1101,2
Процентное соотношение от истинного потребления	60%	75%	35%	100%	25%

По итогу мониторинга выработки электроэнергии от объекта микрогенерации мощностью 1,6 кВт за два года доля замещённой электрической энергии составила 60% из неё сразу ушло на потребление доля в 25%, а отданная в сеть доля 35 %. Данная выработанная электроэнергия позволяет принести существенный экономический эффект от замещения потребления. По итогу 2024 года за период с мая по сентябрь потребление было полностью перекрыто выработкой при этом за этот период было накоплена электроэнергия в объеме около 300 кВт.\*ч., что позволило в последующие два месяца полностью выходить в ноль по потреблению из сети (Октябрь и Ноябрь 2024).

### Библиографический список

1. Федеральный закон № 471-ФЗ от 27.12.2019 г. «О внесении изменений в Федеральный закон "Об электроэнергетике" в части развития микрогенерации»
2. Постановления Правительства от 2 марта 2021 года «О правовом регулирование отношений по функционированию объектов микрогенерации»
3. Терентьев П.В. Исследование показателей качества электрической энергии в системах электроснабжения малоэтажной жилой застройки с объектами микрогенерации»// Авторы Терентьев П.В., Шильников С.А., Константинов А.С., Шолин А.В.. // Статья опубликована в Рязанском институте МПУ
4. Терентьев, П. В. Исследование влияния выработки электроэнергии от объекта микрогенерации на загруженность электрической сети / П. В. Терентьев, А. В. Шолин, М. Г. Нохрин // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса : Материалы научно-технической конференции с международным участием имени А.Ф. Ульянова, Саратов, 03 октября 2023 года. – С.370–373.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*Байрамов Арслан Исламович, студент Каршинского инженерно-экономического института, Карши, Узбекистан, [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)*

*Научный руководитель – Узakov Гулом Норбоевич, доктор технических наук, профессор Каршинского инженерно-экономического института, Карши, Узбекистан [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)*

***Аннотация.** В данной работе предложена система управления теплицей с использованием искусственного интеллекта. Система интегрирует данные с различных сенсоров (температуры, влажности, освещенности, влажности почвы) и прогнозы погоды для автоматического регулирования работы таких устройств, как обогреватели, вентиляторы, насосы и тенты. Использование ансамблевых моделей машинного обучения (Random Forest, Gradient Boosting, SVM) позволяет экономии энергоресурсов и обеспечить гибкое управление системой. Разработанный графический интерфейс предоставляет пользователю возможность в реальном времени контролировать параметры и управлять устройствами, что способствует улучшению условий для роста растений. Результаты тестирования показали эффективность и стабильность работы системы в реальных условиях, что подтверждает её практическую значимость для тепличных хозяйств.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, управление теплицей, ансамблевые модели, прогноз погоды, датчики, автоматизация, графический интерфейс, машинное обучение, сельское хозяйство, системы управления.*

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF GREENHOUSE MICROCLIMATE CONTROL USING DIGITAL TECHNOLOGY

*Bayramov Arslan Islamovich, student of the Karshi Engineering and Economics Institute, Karshi, Uzbekistan, [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)*

*Supervisor – Uzakov Gulom Norboevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Karshi Engineering and Economics Institute, Karshi, Uzbekistan [uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)*

***Annotation.** This paper proposes a greenhouse management system using artificial intelligence. The system integrates data from various sensors (temperature, humidity, illumination, soil moisture) and weather forecasts to automatically regulate the operation of devices such as heaters, fans, pumps and awnings. The use of ensemble machine learning models (Random Forest, Gradient Boosting, SVM) allows for energy savings and flexible system control. The developed graphical interface*

*provides the user with the ability to monitor parameters and control devices in real time, which helps improve conditions for plant growth. The testing results showed the efficiency and stability of the system in real conditions, which confirms its practical importance for greenhouse farms.*

**Keywords:** *artificial intelligence, greenhouse management, ensemble models, weather forecast, sensors, automation, graphical interface, machine learning, agriculture, control systems.*

## **Введение**

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к применению искусственного интеллекта (ИИ) в различных отраслях, в том числе в сельском хозяйстве. Одной из наиболее перспективных сфер применения является управление теплицами, где использование ИИ позволяет значительно улучшить эффективность работы и оптимизировать энергетические ресурсы для создания оптимального микроклимата в теплицах. Теплицы являются энергоемкими объектами защищенного грунта для получения сельскохозяйственной продукции в резко континентальных климатических условиях. В связи с этим, задача автоматизации процессов управления в теплицах становится особенно актуальной [1,2,3]. Она направлена на поддержание оптимальных условий для роста растений, таких как температура, влажность, освещенность, а также на обеспечение экономии энергоресурсов, таких как тепло и электроэнергия.

Целью настоящей работы является разработка и внедрение системы управления автономной теплицей, основанной на использовании искусственного интеллекта. Система должна обеспечивать автоматический контроль таких параметров, как температура, влажность, освещенность и другие, с учетом данных, полученных от сенсоров и прогнозов погоды. Включение ИИ в управление теплицей позволит повысить точность регулировки, снизить затраты энергии и улучшить условия для роста растений.

Для достижения поставленной цели в рамках данной работы решаются следующие задачи:

1. Разработка программного обеспечения для сбора данных с различных сенсоров, а также получения и обработки прогноза погоды. Основной задачей является интеграция данных о температуре, влажности, освещенности и других показателях для последующего анализа.

2. Создание и обучение моделей ИИ, предназначенных для управления ключевыми устройствами теплицы, такими как обогреватели, вентиляторы, насосы и тенты. Модели будут обучаться на основе собранных данных для оптимизации работы этих устройств.

3. Разработка графического интерфейса пользователя для отображения собранных данных, а также для управления системой в реальном времени. Это позволит пользователю визуализировать текущие параметры и оперативно реагировать на изменения.

## **Методы.**

Для разработки системы управления теплицей с использованием искусственного интеллекта, первым и важнейшим шагом является сбор данных. Вся система построена на основе данных, полученных с различных сенсоров, а

также с прогноза погоды, что позволяет принимать решения о регулировке условий в теплице.



Рисунок 1 – Схема управления теплицы с использованием ИИ

Данные собираются с помощью сенсоров, установленных в теплице, и могут включать:

1. Данные с сенсоров температуры, влажности и освещенности: эти параметры являются ключевыми для поддержания оптимального микроклимата в теплице. Сенсоры температуры и влажности измеряют текущие значения температуры и влажности воздуха, которые являются основными для регулирования работы обогревателей, вентиляторов и других систем. Сенсоры освещенности отслеживают уровень солнечного света, что позволяет регулировать систему затенения и освещения.

2. Данные о влажности почвы (Soil1, Soil2): влажность почвы важна для контроля полива и увлажнения. Для оценки общего уровня влажности используется среднее значение между двумя сенсорами влажности почвы (Soil1 и Soil2).

3. Прогнозы погоды: Прогнозы погоды предоставляют информацию о будущих условиях окружающей среды, таких как температура, вероятность осадков и облачность. Эти данные используются для предсказания изменений в климате теплицы и корректировки системы управления (например, управление обогревом и поливом).

Предобработка данных является неотъемлемой частью подготовки данных для обучения моделей искусственного интеллекта. Этот процесс включает в себя несколько этапов:

1. Вычисление среднего значения влажности почвы: Для того чтобы оценить общий уровень влажности почвы, данные с двух сенсоров (Soil1 и Soil2) объединяются и вычисляется их среднее значение. Это позволяет более точно отслеживать влажность, так как одиночные показания могут быть менее точными из-за различных факторов, таких как размещение сенсоров в разных точках почвы.

2. Конвертация данных в соответствующий формат: Все собранные данные должны быть приведены к единому формату для обучения моделей ИИ. Это включает в себя преобразование строковых значений в числовые, нормализацию данных и устранение пропусков. Например, данные о влажности, температуре и освещенности должны быть приведены к единому масштабу и представлены в виде числовых значений, что облегчает обучение моделей и повышает их точность.

3. Очистка данных: важно, чтобы данные, которые используются для обучения моделей, не содержали ошибок или аномальных значений. Это включает в себя проверку на пропущенные данные, а также исключение выбросов, которые могут исказить результаты. В случае обнаружения некорректных значений в процессе предобработки данных, система должна уметь их корректно обработать или игнорировать.

Для решения задачи управления теплицей с использованием ИИ были выбраны ансамблевые модели, так как они обеспечивают хорошее сочетание точности и устойчивости к переобучению.

### **Результаты.**

#### ***Тестирование и валидация моделей.***

Одним из ключевых этапов работы является тестирование и валидация моделей искусственного интеллекта, используемых для управления системой теплицы. Для этого были применены данные, полученные с сенсоров, а также прогнозы погоды, что позволило обучить модели для предсказания и управления такими устройствами, как обогреватели, вентиляторы, насосы и тенты. В процессе обучения использовались ансамблевые модели, включающие Random Forest, Gradient Boosting и SVM.

1. Точность моделей: результаты тестирования показали высокую точность предсказания для каждого из устройств:

- Обогреватель: точность модели составила 87%, что подтверждает правильность предсказаний относительно необходимости включения или выключения обогревателя в зависимости от температуры.

- Вентилятор: модель для вентиляторов показала точность 85%, что означает успешное управление системой вентиляции в ответ на изменения температуры и влажности.

- Насос: точность модели для насоса составила 82%, что позволяет эффективно управлять системой полива на основе уровня влажности в почве и прогнозов осадков.

- Тент: точность модели для тента достигла 90%, что подтверждает высокую эффективность системы затенения при изменениях освещенности и облачности.

Эти результаты подтверждают, что выбранные модели могут эффективно предсказывать состояние различных устройств в теплице и обеспечивать их оптимальное управление.

### **Заключение**

В ходе выполнения работы была разработана и интегрирована система управления теплицей, основанная на искусственном интеллекте, что позволило значительно повысить эффективность и точность управления микроклиматом в теплице. Система использует данные с сенсоров (температуры, влажности, освещенности, влажности почвы) и прогнозы погоды для автоматического регулирования работы таких устройств, как обогреватели, вентиляторы, насосы и тенты. Применение ансамблевых моделей, таких как Random Forest, Gradient Boosting и SVM, позволило добиться высокой точности предсказания, что способствует более гибкому и адаптивному управлению.

Особое внимание было уделено созданию графического интерфейса, который позволяет пользователю не только отслеживать текущие данные, но и эффективно управлять устройствами, поддерживая оптимальные условия для роста растений. Система продемонстрировала высокую стабильность работы в реальных условиях и показала свою эффективность в автоматизации процессов отопления, вентиляция и полива.

Таким образом, внедрение интеллектуальных теплиц с автоматизированным контролем позволит снизить потребление энергии и воды, повысив устойчивость сельского хозяйства к изменениям климата. Кроме того, дальнейшее развитие ИТ-технологий и искусственного интеллекта откроет новые возможности для использования систем управления теплицами, что будет способствовать развитию устойчивых и высокопродуктивных агротехнологий.

### **Библиографический список**

1. Узаков Г.Н., Алиярова Л.А., Ибрагимов У.Х. Научно - практические основы энергосбережения в системах тепловлажностной обработки воздуха гелиотеплиц. (Монография). Карши.: «Интеллект» – 2021 г. – 140 с.
2. Узаков Г.Н., Хужакулов С.М., Алиярова Л.А. Энергосберегающие системы увлажнения воздуха. (Монография). Ташкент.: «Фан ва технология» – 2017 г. – 100 с.
3. Малько С.Л. Повышение энергетической эффективности теплиц на основе оптимальной системы управление температурным режимом. Автореф. дисс. к.т.н. – Санкт-Петербург-Пушкин. 2007. – 18 с.

УДК 631.171

### **ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛИНИЕЙ ВИТАМИНИЗИРОВАННОГО МОЛОКА**

*Щепко Никита Юрьевич, студент Белорусского государственного аграрного технического университета, г. Минск, Республика Беларусь, nikita375257357996@gmail.com*

*Научный руководитель – Якубовская Елена Степановна, старший преподаватель Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, ylena.asup@bsatu.by*

**Аннотация.** В статье обоснована роль высокотехнологичных автоматизированных линий в современных технологиях производства витаминизированного молока. Рассмотрен принцип действия самонастраивающихся систем, функционирующих в соответствии с гибкими алгоритмами. Определен перечень управляемых параметров процесса производства витаминизированного молока. Отмечено, что с течением времени изменяются свойства пастеризационной установки как объекта автоматизации, что связано с накоплением на стенках теплообменника накипи. Рассмотрен состав системы автоматического управления температурой пастеризации, а также моделирование этой системы в соответствии со структурной алгоритмической схемой в прикладном пакете MATLAB

**Ключевые слова:** витаминизированное молоко, производство, технологическая линия, самонастраивающаяся САУ, моделирование, алгоритмическая схема.

## FEATURES OF IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT CONTROL OF VITAMINIZED MILK LINE

*Shchepko Nikita Yuryevich, student of Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus, nikita375257357996@gmail.com*

*Supervisor – Yakubovskaya Elena Stepanovna – senior lecturer Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus, ylena.asup@bsatu.by*

**Annotation.** The article substantiates the role of high-tech automated lines in modern technologies of production of fortified milk. The principle of operation of self-adjusting systems functioning in accordance with flexible algorithms is considered. The list of controlled parameters of the process of production of fortified milk is defined. It is noted that over time the properties of the pasteurization unit as an automation object change, which is associated with the accumulation of scale on the walls of the heat exchanger. The composition of the automatic pasteurization temperature control system is considered, as well as the modeling of this system in accordance with the structural algorithmic scheme in the MATLAB application package.

**Key words:** fortified milk, production, technological line, self-adjusting ACS, modeling, algorithmic scheme.

Эффективность современного промышленного производства зависит от внедрения высокотехнологичных автоматизированных линии и процессов. Реализация таких линий и процессов требует разработки систем автоматического управления, которые обеспечивают не только строго заданный алгоритм работы линии или оборудования, но обеспечивают работу по нечеткому алгоритму с учетом факторов влияния внешних воздействий и

условий. Т.е. системы становятся интеллектуальными. Однако реализация таких систем требует четкого анализа всех условий действия, моделирования реакции системы на изменения внешних условий и осуществления такого интеллектуального управления с помощью современных технических средств.

Рассмотрим особенности реализации полной автоматизации линии витаминизированного молока.

Технологический процесс изготовления витаминизированного молока состоит из следующих операций [1]: приёмка и подготовка сырья; подогрев до температуры 40-50 °С; нормализация; пастеризация при температуре 78 °С в течение 20 с; гомогенизация; охлаждение до температуры 6±2 °С; внесение витамина С в порошок при перемешивании в течение 20 мин; промежуточное хранение в течение не более 6 часов; розлив; хранение при температуре 4±2 °С не более 5 суток. Чтобы уменьшить потери витамина С, его вносят в молоко после пастеризации. Для этого препарат витамина в виде порошка, добавляемого из расчета 110 г на 1000 л молока для детей раннего возраста и 210 г для детей старшего возраста и взрослых, медленно высыпает в резервуар при постоянном помешивании, затем продолжают перемешивать еще 15-20 мин и выдерживают в течение 30-40 мин. Готовый продукт разливают и хранят до реализации при температуре не выше 4 °С, поскольку повышение температуры не только отрицательно сказывается на качестве молока, но и вызывает разрушение витамина С.

В оборудование линии (рисунок 1) входит установка пастеризации, сепаратор, гомогенизатор, резервуары с дозатором витаминного порошка.

Система автоматического управления линией должна обеспечивать контроль уровня по емкостям и резервуарам (датчики LS), точное поддержание температуры нагрева молока, пастеризации, температуры горячей и охлаждающей воды в пастеризационной установке (датчики температуры TE), также поддерживать жирность молока в потоке при нормализации (датчик DE) со стабилизацией частоты вращения привода сепаратора по загрузке (с помощью преобразователя частоты, дозировать витамин С с одновременным перемешиванием, обеспечивать согласованную работу оборудования с правилами включения/отключения поточной линии.

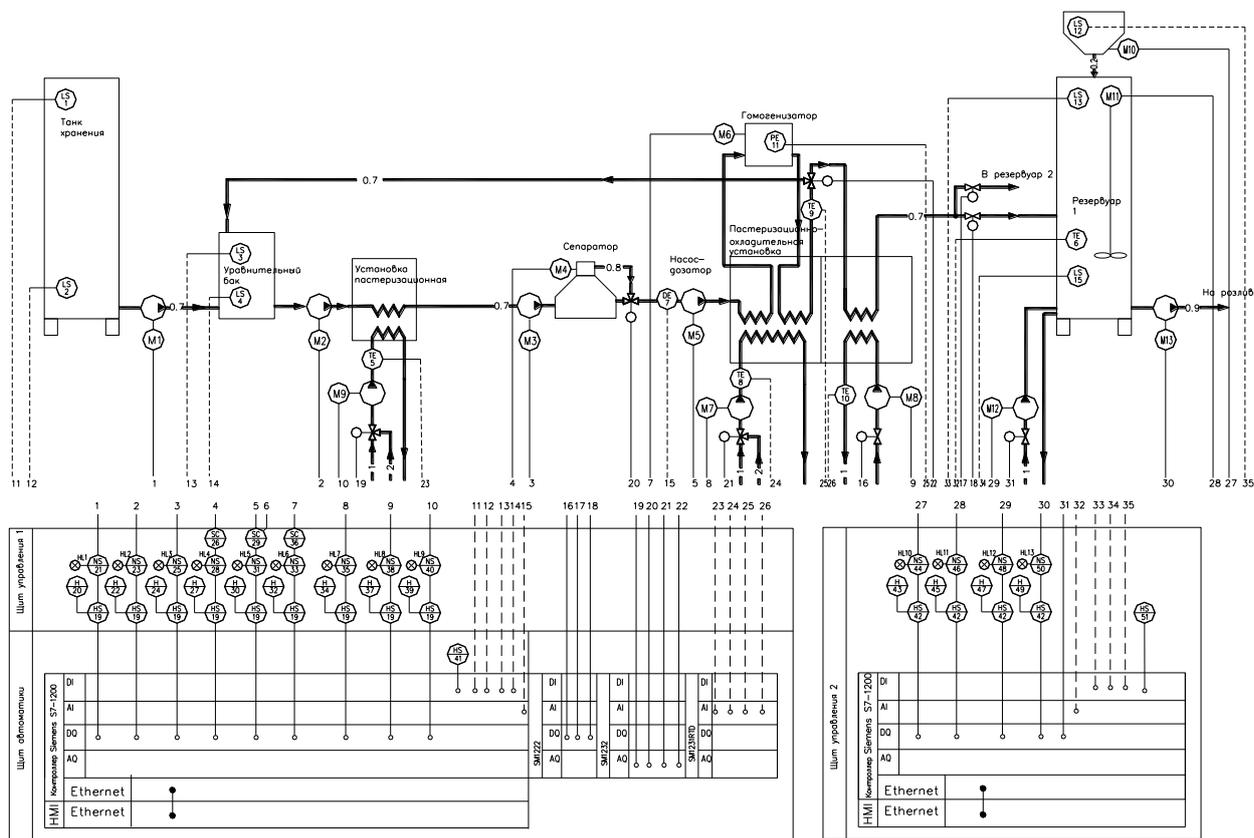


Рисунок 1 – Схема автоматизации линии по производству витаминизированного молока

Качество витаминизированного молока зависит от точности поддержания температуры его пастеризации, а также дозирования витамина С. Необходимо заметить, что с течением времени изменяются свойства пастеризационной установки как объекта автоматизации, что связано с накоплением на стенках теплообменника накипи. Это требует учета при реализации программного регулятора в контуре пастеризации молока, а также обуславливает необходимость моделирования работы системы, чтобы найти и установить в программе коэффициенты настройки программного регулятора.

В состав системы автоматического регулирования температуры пастеризации входит (рисунок 2) объект управления ОУ – пастеризационная установка с теплообменником, датчик температуры пастеризации  $D$ , с которого сигнал измеренной температуры  $\Theta_i$  поступает в контроллер, который является одновременно и сравнивающим устройством и регулятором  $P$ , рассчитав сигнал ошибки  $e$  между измеренным и заданным значением температуры  $\Theta_z$  контроллер обеспечивает формирование сигнала напряжения  $U_1$ , прикладываемого к клапану непрерывного действия  $K$ . Клапан обеспечивает изменение подачи пара  $Q_n$ , тем самым изменяя температуру горячей воды для пастеризации (управляющее воздействие). Управляемым параметром является температура пастеризации молока  $\Theta_A$ . Возмущающим воздействием является наружная температура  $\Theta_n$ . Кроме того, в процессе работы установки на пластинах пастеризатора может оседать белок и это также искажает свойства объекта управления.

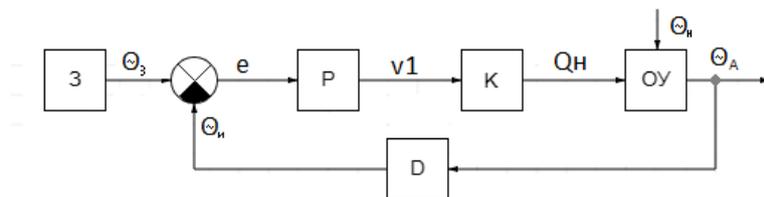


Рисунок 2 – Функциональная схема системы автоматического регулирования: З – задатчик, Р – регулятор (контроллер), К – клапан, ОУ – объект управления, D – датчик

По известным нам уравнениям динамики для отдельных звеньев системы составим структурную алгоритмическую схему регулирования температуры в контуре нагрева для анализа в прикладном пакете MATLAB (рисунок 3), где проведем оптимизацию системы по переходной функции объекта, подав на вход единичное ступенчатое воздействие и задав следующие ограничения: перерегулирование не более 20 %, статическая ошибка должна отсутствовать, время регулирования не более 200 с. Варьируемые переменные –  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$ .

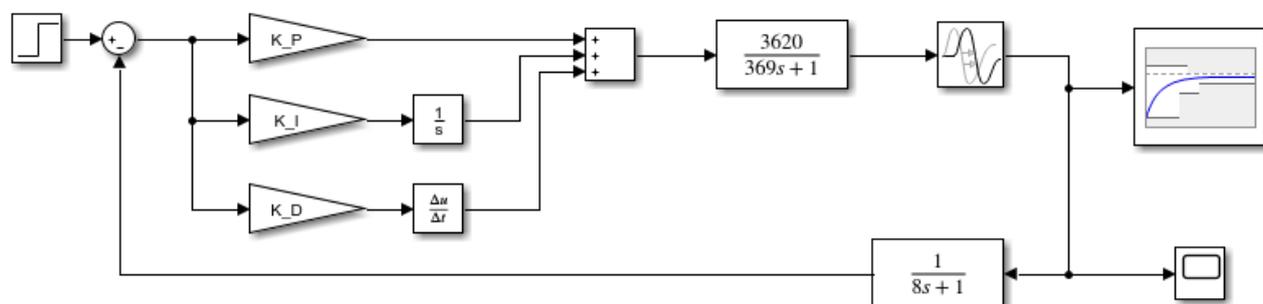


Рисунок 3 – Структурная алгоритмическая схема системы автоматического регулирования температуры пастеризации молока

Для оптимизации системы регулирования воспользуемся блоком Signal Constraint. В результате подбора параметров заикливание происходит в точке со следующими значениями коэффициентов настройки: коэффициент пропорциональности – 0,0025, интегрирования –  $6 \cdot 10^{-6}$ , дифференцирования – 0,046.

Обеспечить точность поддержания температурных режимов пастеризации молока позволит использование интеллектуальной системы управления, реализованной на базе контроллера. Заданные значения температуры по режимам можно корректировать с помощью панели оператора, а контроллер благодаря программному регулятору с автонастройкой обеспечит точное поддержание температуры независимо от изменяющихся внешних условий.

### Библиографический список

1. Технология молочных продуктов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://milk-industry.ru/tehnologiya-molochnyh-produktov/192-moloko-vitaminizirovannoe.html>. - Дата доступа: 3.12.2024.

## СНИЖЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ МОЛОКА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

*Дерушко Евгений Александрович, магистрант Белорусского государственного аграрного технического университета, Минск, Республика Беларусь.*

*Научный руководитель – Корко В.С., к.т.н, доцент Белорусского государственного аграрного технического университета, Минск, Республика Беларусь.*

*Аннотация. В статье отмечены успехи республики Беларусь в производстве молочных продуктов. Приведено обоснование необходимости применения технологии снижения кислотности молока. Выявлена перспективность электрохимической активации. Рассмотрена химическая реакция электроактивирующего процесса. Пояснен механизм электроактивации. Изложен принцип действия электроактиватора. Определены перспективы использования электроактивирующих технологий в решении проблемы повышения сохранности молока и молочных продуктов.*

*Ключевые слова: сохранность молока, кислотность, уровень PH, раствор, анод, катод, баланс зарядов, электроактивация, электродиализная установка, ионопроницаемая мембрана.*

## EDUCING MILK ACIDITY BASED ON ELECTROCHEMICAL ACTIVATION

*Derushko Evgeny Aleksandrovich, postgraduate student of the Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus.*

*Scientific supervisor – Korko V.S., PhD, associate professor of the Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus.*

*Annotation. The article highlights the achievements of the Republic of Belarus in the production of dairy products. The rationale for the need to use milk acidity reduction technology is provided. The prospects of electrochemical activation are revealed. The chemical reaction of the electroactivation process is considered. The mechanism of electroactivation is explained. The principle of operation of the electroactivator is described. The prospects for using electroactivation technologies in solving the problem of increasing the shelf life of milk and dairy products are determined.*

*Key words: milk shelf life, acidity, PH level, solution, anode, cathode, charge balance, electroactivation, electrodialysis unit, ion-permeable membrane.*

Уровень самообеспеченности молочными продуктами в Республике Беларусь достигает 270%, что позволяет свободно осуществлять экспортные поставки без ущерба продовольственной безопасности. В 2023 году произведено 8,14 млн. т. молока, в результате переработки которого страна занимает 3-е место в мире по экспорту масла и молочной сыворотки сухой, 4-е – по экспорту сыра и 5-е – по экспорту сухого обезжиренного молока. Молоко и молочные продукты требуют определенной переработки и подготовки к хранению. В последние годы тема электрохимической активации молочных продуктов становится все более актуальной в связи с тем, что применение данного способа обработки позволяет улучшить органолептические свойства молока, то есть повысить его качество.

Электрохимическая активация (ЭХА) – это физико-химический процесс, осуществляемый в условиях с малым выделением тепла при электрофизическом и электрохимическом воздействии на водный раствор.

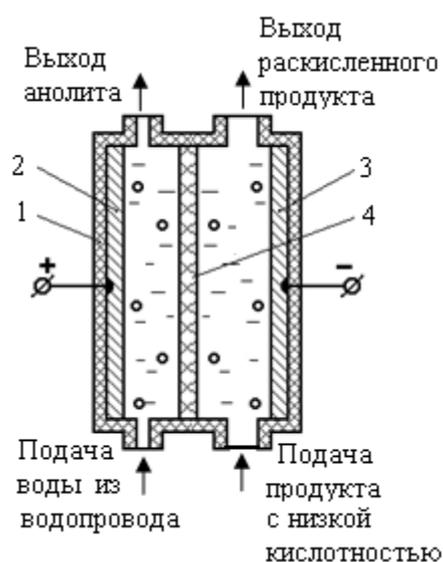
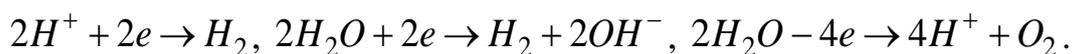


Рисунок 1 – Схема электродиализной установки:

1 – корпус; 2 – анод; 3 – катод; 4 – ионопроницаемая мембрана

В ходе этого процесса получаем электрохимические активные растворы анолитов и католитов, обладающих антибактериальным и дезинфицирующими свойствами. Данное воздействие происходит в области пространственного заряда у поверхности электрода (либо анода, либо катода) электрохимической системы при неравновесном переносе заряда через границу «электрод-электролит» электронами [2].

Электрохимический процесс можно представить в виде реакций:



Одной из проблем является то, что свежее молоко при длительной транспортировке в автотранспорте, особенно в жаркую погоду, подвержено изменению химического состава. При повышении температуры в молоке происходит размножение бактерий, вследствие чего оно начинает бродить и скисать. Использование электроактиваторов в переработке молочной продукции помогает продлить свежесть молока, снизить микробиологическую

нагрузку, восстановить первоначальную кислотность молочных продуктов, что способствует уменьшению потерь молока как продукта и снижению расходов на его логистику.

Молоко состоит на 88% из воды, где большая ее часть находится в свободном состоянии (84,5–85 %), что позволяет им участвовать в биохимических реакциях, что и позволяет применить электрохимическую активацию молока. Остальная же часть воды в составе молока (3–3,5 %) находится в связанном состоянии на поверхности раствора вместе с коллоидными частицами.

Известно, что при протекании электрического тока в водном растворе белки будут передвигаться либо к катоду, либо к аноду в зависимости от их заряда.

В молоке содержится глобулярные белки в составе которых содержится кислые аминокислоты, создающие избыточность отрицательных зарядов, определяющие закисление молока.

Для решения этой проблемы необходимо достичь изоэлектрического состояния, т.е. когда заряд молекулы белка будет равен нулю. Данного эффекта можно достичь, путем изменения *pH* до определенного значения, при котором наступит равенство положительных отрицательных зарядов в молоке. Принцип работы представляет собой подачу молока для раскисления в камеру с отрицательным электродом (катодом), давление  $P_k$  в выше части активатора должно быть выше на 0,05 - 0,1 Мпа, чем в анодной  $P_a$ , через которую протекает электролит (питьевая вода, водные растворы  $NaCl$  и  $NaHCO_3$ ) [2].

Таким образом внедрение электроактивации позволяет сократить энергетические расходы на традиционные (термические) способы обработки молока, такие как пастеризация. Это приводит к снижению себестоимости продукции и, соответственно, увеличению прибыли от ее реализации, а также внедрение этой технологии отвечает актуальным требованиям рынка, способствует устойчивому развитию молочной отрасли и обеспечению продовольственной безопасности.

### **Библиографический список**

1. Пат. 127288 Российская Федерация, МПК А01J 11/00, С02F 1/46. ) проточный электролитический элемент модульного типа [Текст] / Мирошников С. А., Тагиров Х. Х., Миронова И. В., Богатова О В., Догарева Н. Г., Фролов Д. В., Павлов Л. Н., Рогачев Б. Г.; заявители и патентообладатели Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства Российской академии сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Башкирский государственный аграрный университет". – № 2012134879/10, 1; заявл. 14.08.12; опубл. 27.04.13, Бюл. № 12. – 2 с.
2. Иванова Т. Н., Тарасова М. А., Мартынова О. В. Электрохимическая активация для регулирования кислотности молока [Текст] / Т.Н. Иванова,

М.А. Тарасова, О.В. Мартынова /Орловский государственный технический университет. – Орел 2001. – Пищевая промышленность 11/2008.: с. 46-48.

УДК 663.2

## **ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВИНОГРАДНОГО ВИНА**

**Рабонец Александр Вячеславович**, магистрант 2 года ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация  
e-mail: rabonetsav@yandex.ru

**Болотин Владимир Леонидович**, инженер-соискатель ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация e-mail: bvlenerg@mail.ru

**Научный руководитель: Нормов Дмитрий Александрович**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, e-mail: danormov@mail.ru

**Аннотация.** В статье применение озонирующих технологий для повышения эффективности процесса приготовления и качества виноградного вина..

**Ключевые слова:** озон, виноградное вино, электротехнология, экстрагирование, ферментирование.

## **ELECTRO-TECHNOLOGY OF GRAPE WINE PREPARATION**

**Rabonets Alexander Vyacheslavovich** 2<sup>nd</sup> year master's student of the Institute Mechanical and Power Engineering, Timiryazev Moscow Agricultural Academy,

**Bolotin Vladimir Leonidovich**, Co-applicant Engineer, K.A. Timiryazev Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation e-mail: bvlenerg@mail.ru

**Scientific advisor – Normov Dmitriy Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, professor of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, e-mail: danormov@mail.ru

**Annotation.** In the article the application of ozonizing technologies to improve the efficiency of the process of preparation and quality of grape wine.

**Key words:** ozone, grape wine, electrotechnology, extraction, fermentation.

Для того чтобы улучшить качество виноградного вина и уменьшить время производства за счет отказа от сульфитации и пастеризации нагреванием, используется электроозоновый метод. Данный процесс

включает в себя экстрагирование и ферментацию вина, удаление осадка, осветление и выдержку. В течение 5-10 минут вино подвергается мелкодисперсному распылению капель воды от 0,1 до 10,0 мкм в диаметре с синхронным воздействием озono-воздушной смеси с концентрацией озона 25 мг/м<sup>3</sup>, с частотой электрического поля 50 Гц и магнитной индукцией 10<sup>-3</sup> - 10<sup>-2</sup> Тесла. [1].

Согласно ГОСТ 24433-80, процесс переработки винограда содержит в себе следующие этапы:

Для начала мякоть из раздавленных ягод сульфитируют, затем нагревают до 55-60° и охлаждают до 25-30°. Полученное сусло отделяют и сбраживают до содержания спирта естественного брожения не менее 1,2%. После этого выполняют спиртование до 16,5%. Недостатками описанного выше процесса приготовления виноматериала являются:

1. Использование при сульфитации диоксида серы, так как данное вещество является канцерогенным;

2. Присутствие жженных нот в аромате готового продукта, вызванных высокой температурой обработки в момент пастеризации.

Также известен способ производства виноградного вина (патент РФ № 2318869, кл. C12G1/02, 2008 г.), который предусматривает получение и брожение сусла, удаление выпота, осветление и выдержку с воздействием электромагнитного поля в течение от 10 до 15 минут. Виноградное сусло, полученное по данной технологии, сбраживают, вино декантируют, осветляют и выдерживают не более одного года. В процессе выдержки вино подвергается 2-4 поэтапным переменным воздействиям электромагнитного поля в течение 10-15 минут, с частотой от 3 до 10 Гц и магнитной индукцией от 10<sup>-7</sup> до 10<sup>-4</sup> Тл. Каждое воздействие длится от 10 до 15 минут. Во время обработки электромагнитным полем вино может находиться в емкостях для смешивания или в бутылках. Под влиянием крайне низкочастотного электромагнитного поля уменьшается время созревания вина за счет ускорения реакций взаимодействия полифенольных соединений с азотистыми веществами и альдегидами. Таким образом данные процессы позволяют увеличить объемы производства и снизить себестоимость вина.

Однако этот метод имеет ряд недостатков, главным из которых является использование сульфитации и пастеризации с нагревом, что негативно отражается на качестве виноградного вина и ведет к росту энергопотребления и затрат на поддержание необходимой температуры. Предлагаемый подход позволяет улучшить качество виноградного вина и сократить время производства за счет отказа от сульфитации и пастеризации с нагревом, а также снизить энергоемкость процесса. [4].

Инновационный подход в данном техническом решении заключается в обработке виноградного вина методом мелкодисперсного распыления в озono-воздушной смеси, что позволяет одновременно нейтрализовать плесневые грибы и повысить содержание органических веществ, таких как флаваноиды, в виноградном сусле. Таким образом предлагаемый метод обеспечивает экологически безопасную и эффективную финализацию процесса брожения, характеризующуюся сохранением органолептических свойств вина,

повышением уровня антиоксидантов и отсутствием образования чрезмерных концентраций озона в одностадийном процессе. Кроме того, индуцированное магнитным полем упорядоченное спинов молекул вина положительно влияет на эффективность обработки[5].

Процесс поясняется установкой, изображенной на рисунке 1.

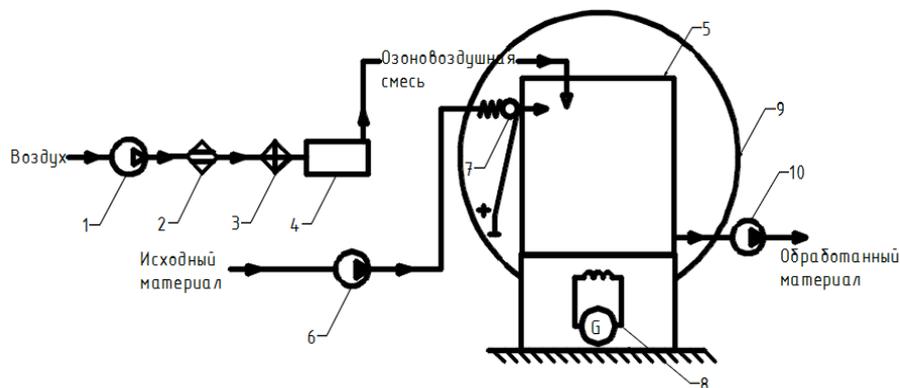


Рисунок 1 – Установка для производства виноградного вина

Процесс производства виноградного вина осуществляется с помощью установки, состоящей из последовательно соединенных компрессора 1, осушителя 2 и охладителя 3, а также электрогенератора озона барьерного типа 4, соединенного с резервуаром 5. Резервуар соединен с насосом высокого давления 6, внутри которого установлены тонкие форсунки 7. Установка также оснащена генератором магнитного поля, состоящим из колебательного контура управления 8, размещенного внутри резервуара 5, и обмотки 9, расположенной вокруг резервуара. Для откачки готового продукта из резервуара используется насос 10. Предлагаемый способ производства виноградного вина с помощью установки, реализуется следующим образом.

Компрессор 1 подает воздух в систему подготовки воздуха, состоящую из осушителя 2 и охладителя 3. Далее подготовленный воздух поступает в электробарьерный озонатор 4, из которого выходит озоно-воздушная смесь с концентрацией  $25 \text{ мг/м}^3$ , которая направляется для заполнения резервуара 5. Данная концентрация озона выбрана потому, что она обеспечивает полную эффективную нейтрализацию грибка, в то время как более низкие концентрации оказываются недостаточными для прерывания процесса брожения. Увеличение концентрации за пределы установленного значения не приведет к ускорению или улучшению процесса, поэтому повышение нецелесообразно. Мелкодисперсное виноградное вино подается в резервуар 5 с помощью насоса высокого давления 6 через тонкие форсунки 7. Для более эффективного взаимодействия озоно-воздушной смеси с распыляемым виноградным вином одновременно применяется электромагнитное поле с магнитной индукцией от  $10^{-3}$  до  $10^{-7}$  Тесла. Данная величина индукции обеспечивает требуемую пространственную ориентацию ионов озона и частиц виноградного сырья; более низкие значения индукции не обеспечивают желаемого эффекта. Электромагнитное поле создается между колебательным управляющим контуром 8 и катушкой 9. Конденсат из виноградного сусла или

обработанного вина откачивается из резервуара 5 насосом 10.

Высокая эффективность описываемого метода производства вина обусловлена упорядоченным, а не стохастическим взаимодействием отрицательно заряженных ионов озона с положительно заряженными ионами компонентов виноматериала под воздействием магнитного поля, что приводит к ускорению технологического процесса[3].

Принципом физических явлений, происходящих в процессе производства заряженного виноматериала в электромагнитном поле, является сила Лоренца по следующей формуле:

$$\vec{F} = g[\vec{v} \cdot \vec{B}], \quad (1)$$

В этом случае сила Лоренца действует на частицы виноматериала с положительной полярностью (+) в одном направлении, а на частицы озона с отрицательной полярностью (-) в противоположном. Применение магнитного поля индуцирует направленное движение разноименно заряженных частиц, что приводит к увеличению времени их пребывания в реакционной зоне и, как следствие, к более продолжительному взаимодействию с озоном. Если скорость  $v \vec{v}$  заряженных частиц виноградного материала перпендикулярна магнитному полю с индукцией  $B \vec{B}$ , они будут двигаться по окружности, согласно второму закону Ньютона, с определенной скоростью:

$$v = \frac{r \cdot g \cdot \vec{B}}{m}, \quad (2)$$

$\vec{B}$  – вектор магнитной индукции; Тл

$g$  – электрический заряд частицы; Кл

$m$  – масса частицы; кг

$r$  – радиус движения; м

В результате циркулярное движение заряженных частиц виноматериала в магнитном поле оптимизирует их взаимодействие с озоно-воздушной смесью, обеспечивая более эффективную обработку и дезинфекцию. Обработанное виноградное сусло, сконденсировавшееся в резервуаре, затем откачивается насосом 10. Предлагаемая электротехнология повышает эффективность производства, позволяя выпускать больше экологически чистой продукции при одновременной оптимизации затрат. Оборудование и технология прошли испытания на винзаводе «Фанагория» и получили высокие оценки эффективности оборудования и технологии, особенно в контексте производства белых вин.

### Библиографический список

1. Электроозонные технологии в сельскохозяйственном производстве. Бородин И.Ф. Нормов Д.А. Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. №1 С.85-86.
2. Озонирование повышает посевные качества семян. Нормов Д.А., Шевченко А.А., Федоренко Е.А. Сельский механизатор. 2009. №1. С.14-15.
3. Распределение озонозоно-воздушной смеси в слое зерна. Нормов Д.А., Шевченко А.А. Политематический сетевой электронный научный

журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. №101. С.1897-1907.

4. Параметры контроля и управления биообъектами Загинайлов В.И. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 1. С. 20.
5. Повышение энергоэффективности производства продукции сельскохозяйственными предприятиями. Загинайлов В.И., Стушкина Н.А., Лештаев О.В., Овсянникова Е.А., Мамедов Т.А. Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 54-64.

УДК 621.31

## НОВЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Осипов Максим Сергеевич, студент Западно Казахстанского аграрно – технического университета имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан, [sergeewih99@gmail.com](mailto:sergeewih99@gmail.com)*

*Акмурат Диас Рустемович, студент Западно Казахстанского аграрно – технического университета имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан [akmuratdias@gmail.com](mailto:akmuratdias@gmail.com)*

*Научный руководитель – Гусманова Айсауле Руслановна, Западно Казахстанский аграрно – технический университет имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан [aisgus23@mail.ru](mailto:aisgus23@mail.ru)*

*Аннотация.* В статье определена роль электротехнологий в решении проблемы повышения эффективности сельскохозяйственного производства. В качестве примера прогрессивных направлений современных электротехнологий рассмотрены электропастибища, автоматизированное орошение, применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга сельскохозяйственных угодий, а также использование роботизированных устройств для сбора урожая. Сформулированы перспективные направления использования электрифицированных устройств, робототехники и электротехнологий в агропромышленном комплексе.

*Ключевые слова:* электротехнология, электрооборудование, робототехника, электропастибища, подготовка семян, уборка урожая, сортировка продукции.

## NEW ELECTRICAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

*Osipov Maksim Sergeevich, student of the West Kazakhstan Agrarian - Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan, [sergeewih99@gmail.com](mailto:sergeewih99@gmail.com).*

*Akmurat Dias Rustemovich, student of the West Kazakhstan Agrarian - Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan akmuratdias@gmail.com Scientific supervisor - Gusmanova Aysaule Ruslanovna, aisgus23@mail.ru*

**Scientific supervisor - Gusmanova Aysaule Ruslanovna, West Kazakhstan Agrarian-Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, Republic of Kazakhstan aisgus23@mail.ru**

***Annotation.** The article defines the role of electrical technologies in solving the problem of increasing the efficiency of agricultural production. As an example of progressive directions of modern electrical technologies, electric pastures, automated irrigation, the use of unmanned aerial vehicles for monitoring agricultural land, as well as the use of robotic devices for harvesting are considered. Promising directions for the use of electrified devices, robotics and electrical technologies in the agro-industrial complex are formulated.*

***Key words:** electrical technology, electrical equipment, robotics, electric pasture, seed preparation, harvesting, product sorting.*

Современные технологии стремительно развиваются, и сельское хозяйство не остается в стороне от этих процессов. Одной из важнейших тенденций в аграрной отрасли является внедрение новых электротехнологий, которые обеспечивают повышение эффективности производства, снижение затрат и улучшение экологической устойчивости [1]. Электричество и современные электрические устройства становятся неотъемлемой частью аграрных инноваций [2], что позволяет создавать более умные, автоматизированные и устойчивые процессы в сельском хозяйстве.

#### *1. Электропастбища и интеллектуальные системы управления*

Одним из ярких примеров применения электротехнологий в сельском хозяйстве является система электрических пастбищ. Электропастбища — это комплексы, использующие электрические ограды для управления движением скота и его пастбищным режимом. Такая система позволяет более эффективно использовать пастбища, избегать перегрузки определенных участков и минимизировать расходы на ручной труд. Электрическое ограждение является безопасным и энергосберегающим методом, который позволяет улучшить условия для животных и повысить общую производительность сельского хозяйства.

Интеллектуальные системы управления пастбищами могут включать датчики и устройства для мониторинга состояния пастбища и животных. Это позволяет в реальном времени отслеживать местоположение скота, его состояние и даже наличие заболеваний, что значительно снижает затраты на ветеринарное обслуживание и повышает общую продуктивность стада.

#### *2. Автоматизация орошения*

В сельском хозяйстве, особенно в регионах с недостаточным количеством осадков, орошение играет важную роль. Современные системы

автоматизированного орошения, управляемые с помощью электричества, помогают оптимизировать использование водных ресурсов и повышают урожайность. Такие системы включают датчики влажности почвы, которые определяют необходимость полива в зависимости от уровня влаги, и автоматически регулируют подачу воды. Электрические насосы, насосные станции и системы управления обеспечивают точность и эффективность, снижая потери воды и сокращая затраты на энергоснабжение.

В некоторых случаях такие системы могут быть интегрированы с погодными прогнозами и данными о состоянии культуры, что позволяет применять орошение только тогда, когда оно действительно необходимо, и в оптимальных количествах. Это значительно улучшает экологическую устойчивость и экономическую эффективность аграрных предприятий.

### *3. Беспилотные летательные аппараты (дроны) для мониторинга сельскохозяйственных угодий*

Еще одной важной электротехнологией, которая активно применяется в сельском хозяйстве, являются дроны. Беспилотные летательные аппараты с камерами и датчиками могут использоваться для мониторинга состояния полей, выявления болезней растений, оценки плотности посевов и других параметров. Это позволяет агрономам более точно и своевременно реагировать на проблемы, связанные с состоянием культур, а также значительно сократить время, затрачиваемое на мониторинг больших площадей.

Дроны, оснащенные тепловизионными и инфракрасными камерами, способны выявлять даже скрытые признаки заболеваний и дефицита воды, что помогает фермерам оперативно принимать меры и минимизировать потери. Электрические системы управления дронов делают эти устройства простыми в эксплуатации и доступными для использования на различных стадиях аграрного цикла — от посева до сбора урожая.

### *4. Роботизация и автоматизация сбора урожая*

Автоматизация процессов сбора урожая — это одна из наиболее актуальных областей применения электротехнологий. Современные комбайны, уборочные машины и другие устройства на электрической тяге могут работать в автономном режиме, используя датчики и системы машинного обучения для точной оценки зрелости плодов, их сбора и сортировки. Электрическая тяга позволяет сократить расход топлива и улучшить экологическую безопасность, поскольку такие машины обычно работают тише и с меньшими выбросами вредных веществ.

В дальнейшем планируется развитие полностью автоматизированных ферм, где все процессы — от посадки семян до сбора урожая — будут управляться роботами и электрическими системами, которые минимизируют человеческий труд и увеличивают производительность.

## **Библиографический список**

1. Загинайлов В.И. Электрофизические методы и средства контроля и управления сельскохозяйственными технологиями. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук /

Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2007. – 39с.

2. Овсянникова Е.А., Загинайлов В.И., Мамедов Т.А. Определение электропотребления приемников и потребителей электрической энергии в сборнике: Передовые достижения в применении автоматизации, роботизации и электротехнологий в АПК. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАСХН, д.т.н., профессора И.Ф. Бородина (90 лет со дня рождения). 2019. С. 274-284.

УДК 621.311

## **ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 0,4 кВ**

*Чукалин Александр Юрьевич, студент 3 курса бакалавриата института механики и энергетики имени В. П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, schukalin04@mail.ru*

*Научный руководитель - Савенко Алексей Валентинович, доцент кафедры «Электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко» института механики и энергетики имени В. П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К. А. Тимирязева, mfsav@mail.ru*

*Аннотация. В статье приведен аналитически вывод зависимости дополнительных потерь электрической энергии при работе электрической сети 0,4 кВ в режиме несимметричной нагрузки. Этот результат позволяет количественно оценить дополнительные потери мощности электрической сети в зависимости от токов обратной и нулевой последовательностей*

*Ключевые слова: Несимметричная нагрузка, потери мощности в электрической сети, коэффициент несимметрии токов по обратной последовательности, коэффициент несимметрии токов по нулевой последовательности*

## **INFLUENCE OF UNSYMMETRICAL LOAD ON ELECTRIC ENERGY LOSSES IN 0.4 kV NETWORKS**

*Chukalin Aleksandr Yuryevich, 3rd year undergraduate student of the Institute of Mechanics and Power Engineering named after V. P. Goryachkin, FGBOU VO RGAU - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, schukalin04@mail.ru*

*Scientific supervisor - Savenko Aleksey Valentinovich, associate professor of the Department of "Electricity Supply and Heat Power Engineering named after*

**Annotation.** The article presents an analytical derivation of the dependence of additional losses of electrical energy during operation of a 0.4 kV electrical network in the asymmetric load mode. This result allows one to quantitatively estimate additional losses of electrical network power depending on the currents of the negative and zero sequences

**Keywords:** asymmetric load, power losses in the electrical network, current asymmetry coefficient according to the negative sequence, current asymmetry coefficient according to the zero sequence/

Электрические сети 0,4 кВ содержат большое количество однофазных потребителей.

Именно по этой причине, в таких сетях возникают дополнительные потери электрической энергии от несимметричной нагрузки. Целью предлагаемой статьи является количественная оценка этих потерь.

Рассмотрим модель трехфазной электрической сети 0,4 кВ с сосредоточенными параметрами. Схема представлена на рисунке 1. Нагрузка каждой фазы представлена идеальными источниками тока [1, 2]. Ток нагрузки каждой фазы представлен через симметричные составляющие – сумму комплексов токов прямой последовательности, обратной последовательности, нулевой последовательности.  $R_a, R_b, R_c$  – фазные сопротивления трехфазной сети.  $R_N$  – сопротивление нейтрального проводника.

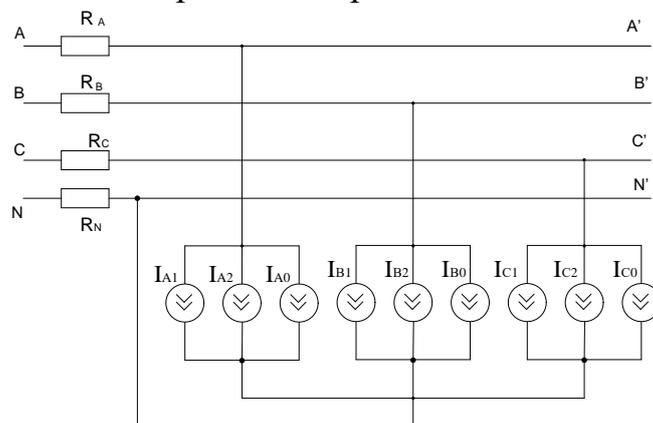


Рисунок 1 – Модель трехфазной сети с учетом симметричных составляющих фазных токов

Токи фаз А, В и С соответственно

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}; \dot{I}_B = \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2} + \dot{I}_{B0}; \dot{I}_C = \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} + \dot{I}_{C0}$$

где  $\dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_{A0}$  - токи прямой, обратной и нулевой последовательности фазы А;

$\dot{I}_{B1}, \dot{I}_{B2}, \dot{I}_{B0}$  - токи прямой, обратной и нулевой последовательности фазы В;

$\dot{I}_{C1}, \dot{I}_{C2}, \dot{I}_{C0}$  - токи прямой, обратной и нулевой последовательности фазы С.

Согласно методу симметричных составляющих, действующие значения токов прямой последовательности равны и сдвинуты друг относительно друга на 120 градусов,

$$I_{A1} = I_{B1} = I_{C1} = A_1.$$

Действующие значения токов обратной последовательности равны и сдвинуты друг относительно друга на 120 градусов

$$I_{A2} = I_{B2} = I_{C2} = A_2.$$

Действующие значения токов нулевой последовательности равны и совпадают по фазе

$$I_{A0} = I_{B0} = I_{C0} = A_0.$$

С учетом того, что коэффициент несимметрии токов по обратной последовательности в относительных единицах  $\varepsilon_2 = \frac{A_2}{A_1}$ , а коэффициент несимметрии токов по нулевой последовательности в относительных единицах  $\varepsilon_0 = \frac{A_0}{A_1}$  выражения для фазных токов примут вид

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = A_1 e^{j\varphi_1} + \varepsilon_2 A_1 e^{j\varphi_2} + \varepsilon_0 A_1 e^{j\varphi_0} = \\ &= A_1 \cdot (e^{j\varphi_1} + \varepsilon_2 e^{j\varphi_2} + \varepsilon_0 e^{j\varphi_0}) \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2} + \dot{I}_{B0} = A_1 e^{j(\varphi_1-120)} + \varepsilon_2 A_1 e^{j(\varphi_2+120)} + \varepsilon_0 A_1 e^{j\varphi_0} = \\ &= A_1 \cdot (e^{j(\varphi_1-120)} + \varepsilon_2 e^{j(\varphi_2+120)} + \varepsilon_0 e^{j\varphi_0}) \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} + \dot{I}_{C0} = A_1 e^{j(\varphi_1+120)} + \varepsilon_2 A_1 e^{j(\varphi_2-120)} + \varepsilon_0 A_1 e^{j\varphi_0} = \\ &= A_1 \cdot (e^{j(\varphi_1+120)} + \varepsilon_2 e^{j(\varphi_2-120)} + \varepsilon_0 e^{j\varphi_0}) \end{aligned}$$

Рассмотрим комплексное значение тока фазы А.

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= A_1 \cdot (e^{j\varphi_1} + \varepsilon_2 e^{j\varphi_2} + \varepsilon_0 e^{j\varphi_0}) = \\ &= A_1 (\cos \varphi_1 + j \sin \varphi_1 + \varepsilon_2 \cos \varphi_2 + j \varepsilon_2 \sin \varphi_2 + \varepsilon_0 \cos \varphi_0 + j \varepsilon_0 \sin \varphi_0) = \\ &= A_1 ((\cos \varphi_1 + \varepsilon_2 \cos \varphi_2 + \varepsilon_0 \cos \varphi_0) + j(\sin \varphi_1 + \varepsilon_2 \sin \varphi_2 + \varepsilon_0 \sin \varphi_0)) \end{aligned}$$

Определяем потери мощности в фазе А. С учетом  $R_a=R_b=R_c=R$

$$\begin{aligned} \Delta P_A &= \dot{I}_A^* \cdot \dot{I}_A \cdot R = A_1^2 \cdot R \left( (\cos \varphi_1 + \varepsilon_2 \cos \varphi_2 + \varepsilon_0 \cos \varphi_0)^2 + (\sin \varphi_1 + \varepsilon_2 \sin \varphi_2 + \varepsilon_0 \sin \varphi_0)^2 \right) = \\ &= A_1^2 R (1 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_0^2) + A_1^2 R (2\varepsilon_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + 2\varepsilon_0 \cos(\varphi_1 - \varphi_0) + 2\varepsilon_2 \varepsilon_0 \cos(\varphi_2 - \varphi_0)) \end{aligned}$$

где  $\dot{I}$  - комплексно – сопряженный ток.

Аналогично определяем потери в фазе В

$$\begin{aligned} \Delta P_B &= \dot{I}_B^* \cdot \dot{I}_B \cdot R = \\ &= A_1^2 R \left( (\cos(\varphi_1 - 120) + \varepsilon_2 \cos(\varphi_2 + 120) + \varepsilon_0 \cos \varphi_0)^2 + (\sin(\varphi_1 - 120) + \varepsilon_2 \sin(\varphi_2 + 120) + \varepsilon_0 \sin \varphi_0)^2 \right) = \\ &= A_1^2 R (1 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_0^2) + A_1^2 R (2\varepsilon_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2 - 240) + 2\varepsilon_0 \cos(\varphi_1 - \varphi_0 - 120) + 2\varepsilon_2 \varepsilon_0 \cos(\varphi_2 - \varphi_0 + 120)) \end{aligned}$$

Потери в фазе С

$$\begin{aligned} \Delta P_C &= \dot{I}_C \cdot \dot{I}_C^* \cdot R = \\ &= A_1^2 R \left( (\cos(\varphi_1 + 120) + \varepsilon_2 \cos(\varphi_2 - 120) + \varepsilon_0 \cos \varphi_0)^2 + (\sin(\varphi_1 + 120) + \varepsilon_2 \sin(\varphi_2 - 120) + \varepsilon_0 \sin \varphi_0)^2 \right) = \\ &= A_1^2 R (1 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_0^2) + A_1^2 R (2\varepsilon_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2 + 240) + 2\varepsilon_0 \cos(\varphi_1 - \varphi_0 + 120) + 2\varepsilon_2 \varepsilon_0 \cos(\varphi_2 - \varphi_0 - 120)) \end{aligned}$$

Ток в нейтральном проводе  $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3\varepsilon_0 A_1 e^{j\varphi_0}$ .

Потери мощности в нейтральном проводе определяются

$$\Delta P_N = \dot{I}_N \cdot \dot{I}_N^* \cdot R_N = 9\varepsilon_0^2 A_1^2 R_N.$$

Суммарные потери в трехфазной сети определяются

$$\Delta P = \Delta P_A + \Delta P_B + \Delta P_C + \Delta P_N = 3A_1^2 R (1 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_0^2) + 9\varepsilon_0^2 A_1^2 R_N = 3A_1^2 R \left( 1 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_0^2 \left( 1 + 3 \frac{R_N}{R} \right) \right)$$

или

$$\Delta P = \Delta P_1 \left( 1 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_0^2 \left( 1 + 3 \frac{R_N}{R} \right) \right)$$

где  $\Delta P_1$  – потери мощности тока прямой последовательности.

Получаем значение коэффициента превышения потерь от несимметрии нагрузки

$$k_{\text{ннн}} = 1 + \varepsilon_{i2}^2 + \varepsilon_{i0}^2 \left( 1 + \frac{3R_N}{R_{\text{л}}} \right)$$

В случае, если сечение нейтрального провода одинаково с сечением фазных проводов, то коэффициент превышения потерь от несимметрии нагрузки

$$k_{\text{ннн}} = 1 + \varepsilon_{i2}^2 + 4\varepsilon_{i0}^2.$$

Таким образом, получена количественная оценка влияния несимметричной нагрузки на потери мощности в электрических сетях 0,4 кВ.

#### Библиографический список

1. Тропин В.В. Анализ связи параметров сети с показателями качества электроэнергии / В.В. Тропин, А.В. Савенко, В.А. Перепечин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2005. № 5. С. 16-18.
2. Савенко А.В. Определение методической погрешности расчета потерь электрической энергии в линии электрической сети 0,4 кВ с нагрузками, моделируемыми в виде источников тока / А.В. Савенко // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2009. С. 20.

УДК 531.171

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ ДЛЯ КРАТКОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ЯГОД ГОЛУБИКИ

*Латыпова Лия Салаватовна, студентка 4 курса бакалавриата института механики и энергетики имени В.П.Горькина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА, имени К.А.Тимирязева, lia.latyrova2002@gmail.com*

**Научный руководитель – Андреев Сергей Андреевич**, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф.Бородин, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА, имени К.А.Тимирязева, [energo-andreev@rgau-msha.ru](mailto:energo-andreev@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** Отмечена роль ягод голубики в рационе питания людей. Перечислены питательные свойства ягод голубики и рассмотрены особенности ее хранения. Перечислены основные параметры режима хранения ягод. Описано влияние температуры среды на сохранность, питательные и вкусовые свойства голубики. Сделан вывод о возможности повышения точности поддержания температуры в климатической камере посредством плавного изменения частотой вращения электродвигателя компрессора. Рассмотрено использование цифрового процессора для управления частотой питающего напряжения.

**Ключевые слова:** ягодная продукция, голубика, кратковременное хранение, режим, климатическая камера, температура, холодильная техника, компрессор, электродвигатель, частота вращения, цифровой процессор.

## **USING A DIGITAL CONTROLLER TO CONTROL TEMPERATURE IN A CLIMATIC CHAMBER FOR SHORT-TERM STORAGE OF BLUEBERRIES**

**Latypova Liya Salavatovna**, 4th year undergraduate student of the Institute of Mechanics and Power Engineering named after V.P. Goryachkin, FSBEI HE RSU - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, [lia.latypova2002@gmail.com](mailto:lia.latypova2002@gmail.com)

**Scientific supervisor – Andreev Sergey Andreevich**, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation and Robotics of Technological Processes named after Academician I.F. Borodin, FSBEI HE RSU - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, [energo-andreev@rgau-msha.ru](mailto:energo-andreev@rgau-msha.ru)

**Annotation.** The role of blueberries in the human diet is noted. The nutritional properties of blueberries are listed and the features of their storage are considered. The main parameters of the berry storage mode are listed. The influence of the ambient temperature on the preservation, nutritional and taste properties of blueberries is described. A conclusion is made about the possibility of increasing the accuracy of maintaining the temperature in the climatic chamber by smoothly changing the rotation frequency of the compressor electric motor. The use of a digital processor for controlling the frequency of the supply voltage is considered.

**Key words:** berry products, blueberries, short-term storage, mode, climatic chamber, temperature, refrigeration equipment, compressor, electric motor, rotation frequency, digital processor.

Последние десятилетия характеризуются заметным расширением культивирования растения голубики. Из экзотической культуры голубика превратилась в востребованный продукт, пользующийся спросом населения и широко используемый в пищевой промышленности [1]. Голубика – многолетний кустарник, высота которого достигает двух метров. Растение содержит прямостоячие ветви с листьями овальной формы. Ягоды голубики являются достаточно крупными и характеризуются синим цветом с восковым оттенком. Известно, что ягоды голубики помимо приятного вкуса обладают весьма ценными питательными свойствами. В 100 граммах ягод содержатся 1 г белка, 0,5 г жира 6,6 г углеводов. Ягоды голубики богаты витаминами В1 (тиамин), В2 (рибофлавин) и С (аскорбиновой кислотой) [2]. Голубика успешно используется в естественном и замороженном и сушеном виде.

К сожалению, в условиях открытого грунта период плодоношения растения голубики приходится исключительно на летний период, в то время как ее выращивание в теплицах пока распространения не получило. Вследствие явной сезонности этой культуры на сегодняшний день мы не можем обеспечить равномерное производство ягод в течение года. Единственным способом частичного решения проблемы является хранение полученного урожая. Следует отметить, что качественное хранение ягод в течение нескольких месяцев не представляется возможным. В связи с этим сегодня речь может идти только о кратковременном периоде хранения, имеющим продолжительность несколько недель.

Основными параметрами режима хранения ягод голубики являются температура и газовый состав среды. Установлено, что температура кратковременного хранения ягод соответствует диапазону от 1 до 3°C. При этом в газовом составе среды должно быть минимальное содержание кислорода. Одна из распространенных технологий хранения ягод основана на использовании модифицированной атмосферы. При реализации этой технологии дыхание плодов, находящихся в герметичной упаковке при низкой температуре, существенно замедляется. При этом происходит искусственное изменение газового состава среды: уменьшение содержания кислорода и увеличение объема диоксида углерода. Кроме того, вовнутрь герметичной упаковки дополнительно подается азот.

Поскольку температура хранения ягод значительно ниже естественной температуры воздуха в период их созревания, рабочую камеру для размещения ягод необходимо охлаждать. Во всех современных установках для кратковременного хранения ягод голубики используют холодильную технику, основанную на компрессионном принципе. При этом система автоматического управления температурой содержит теплоизолированную камеру, два датчика температуры, регулятор и регулирующий орган. В качестве регулирующего органа обычно используется холодильная машина с различными теплообменными устройствами. Перед началом эксплуатации климатической камеры оператор задает верхнюю и нижнюю границы заданного температурного интервала, выставляемых на регуляторе. К сожалению, традиционный подход к управлению температурой предполагает дискретный характер включения электродвигателя компрессора холодильной машины.

Электродвигатель либо работает, когда температура в климатической камере превышает верхнюю заданную границу, либо не работает, когда температура опускается до нижнего значения. Таким образом, нормальным режимом для таких систем являются автоколебания, при которых температура в климатической камере непрерывно изменяется в ту или иную сторону, а амплитуда этих автоколебаний определяется величиной интервала между верхней и нижней границами заданных температур. Для автоколебательного режима характерны периодические включения и отключения питания электродвигателя компрессора, определяющие возникновение электрических и механических переходных процессов и снижающие показатели надежности системы.

В разработанной системе автоматического управления температурой в климатической камере частота электрического напряжения, подводимого к обмоткам асинхронного электродвигателя компрессора, определяется величиной рассогласования между заданным и фактическим значениями температуры. При этом устранение статической ошибки регулирования достигается использованием в структуре регулятора параллельного интегрирующего контура [3,4]. Для формирования пропорционально-интегрального закона в разработанной системе предложено использовать цифровое устройство на основе наиболее дешевых процессоров Hewlett-Packard с аналогово-цифровым преобразователем в цепи подключения датчиков температуры [5]. Отключение электродвигателя компрессора происходит только при полном выключении оборудования, в то время как управление температурой осуществляется плавным изменением интенсивности работы испарительного контура холодильной машины.

Повышение качества работы разработанной системы характеризуется снижением интегрального коэффициента ошибки, на интервале переходного процесса управления температурой.

### **Библиографический список**

1. Курлович Т.Н., Филипена В.А. Голубика для любителей и профессионалов. Москва.: Ягодный Союз: Де Либри, 2020, 127 с.
2. Скурихин И.М., Волгарев М.Я. Химический состав пищевых продуктов. Москва.; Агропромиздат, 1987, 224 с.
3. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления Учебник / Сер. 60 Бакалавр. Прикладной курс. (2-е изд., испр. и доп) Москва, 2018. – 386 с.
4. Ким, Д. П. Теория автоматического управления / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 276 с.
5. Рюмик С. М. Прикладные процессоры: введение в схемотехнику / С. М. Рюмик. — М.: ДМК-Пресс, 2024. — 342 с.:

## ДИСТАНЦИОННАЯ НАСТРОЙКА ПЕРЕДАТЧИКА АНАЛОГОВОГО ВИДЕОСИГНАЛА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОЛЕТОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО БВС

*Лямин Дмитрий Константинович, студент 1 курса бакалавриата института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, dmitri.belov@rgau-msha.ru*

*Белов Дмитрий Владимирович, ассистент кафедры Автоматизация и роботизация технологических процессов имени академика И.Ф. Бородин, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, dmitri.belov@rgau-msha.ru*

*Аннотация.* Предложен способ настройки тумблера радиопередатчика Radiomaster TX12 с ПО EdgeTX в конфигураторе Betaflight для ручного управления мощностью аналогового видеопередатчика на частоте 5,8 ГГц в режиме реального времени, через полетный контроллер БВС, адаптируя мощность передачи видеосигнала к условиям полёта. В результате повышены дальность передачи, стабильность видеосигнала и эффективность энергопотребления.

*Ключевые слова:* энергосбережение, аналоговый видеосигнал, FPV системы, сельскохозяйственный БВС.

## REMOTE CONFIGURATION OF ANALOG VIDEO SIGNAL TRANSMITTER FOR FLIGHT CONTROL OF AGRICULTURAL UAV

*Lyamin Dmitry Konstantinovich, first-year bachelor's student at the V.P. Goryachkin Institute of Mechanics and Energy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. dmitri.belov@rgau-msha.ru*

*Belov Dmitry Vladimirovich, Assistant at the Department of Automation and Robotization of Technological Processes named after Academician I.F. Borodin, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, dmitri.belov@rgau-msha.ru*

*Annotation.* A method for configuring a switch on the Radiomaster TX12 transmitter with EdgeTX firmware in the Betaflight configurator is proposed for manual control of the power of an analog video transmitter in real-time, through the UAV flight controller, adapting the power to flight conditions. As a result, the transmission range, video signal stability, and energy efficiency are improved.

**Key words:** *energy saving, analog video signal, FPV systems, agricultural UAV.*

Современные технологии с использованием летательных аппаратов активно внедряются в сельское хозяйство, и беспилотные воздушные средства (БВС) играют важную роль в повышении качества агрономических процессов [1]. Сельскохозяйственные БВС, они же дроны, используются для мониторинга посевов, оценки состояния растений, внесения удобрений и защиты от вредителей. Эффективность таких операций в ручном режиме зависит от надежной системы видеопередачи, позволяющей оператору получать информацию о состоянии исследуемого объекта в режиме реального времени [2].

Различают два основных типа видеопередачи, применяемых в современных БВС: цифровые и аналоговые системы.

Цифровые видеосистемы используют частоты 2.4 ГГц и 5.8 ГГц и применяют сложные алгоритмы модуляции и кодирования сигнала, что позволяет передавать видео с высоким разрешением (1080p и выше). Системы, такие как DJI Digital FPV [3], обеспечивают чёткую картинку с высокой детализацией и делают их предпочтительными для задач, требующих точной визуализации, например, аэросъёмки. Однако цифровые системы имеют существенные ограничения, включая задержку передачи от 50 мс до 100 мс в зависимости от условий, и высокую потребляемую мощность, что снижает время полёта дрона. Цифровые системы превосходят аналоговые по качеству изображения и устойчивости к помехам благодаря использованию передовых протоколов передачи данных, таких как OFDM (ортогональное частотное мультиплексирование). Однако они подвержены влиянию внешних факторов, таких как многолучевые интерференции и поглощение сигнала, что ограничивает дальность связи. Кроме того, из-за сложной обработки данных цифровые системы часто не подходят для применения в высокоскоростных манёврах, где требуется мгновенная реакция оператора.

Аналоговые видеосистемы работают преимущественно на частотах 1.2 ГГц, 2.4 ГГц и 5.8 ГГц, отличаются низкой задержкой передачи (около 10 мс). Однако качество передаваемого изображения ограничено разрешением около 800 ТВ-линий (телевизионных линий), уступая цифровым системам. Аналоговые, несмотря на невысокое разрешение и восприимчивость к шумам, остаются конкурентоспособными благодаря своей низкой задержке, высокой надёжности в условиях простых и умеренно сложных полётов, и эффективности использования частотного спектра. Частота 5.8 ГГц особенно выделяется среди других частотных диапазонов за счёт своей способности

поддерживать стабильную передачу при сравнительно высокой дальности, достигающей до 15 км с использованием мощных передатчиков и направленных антенн.

С учётом вышеописанных особенностей, аналоговые видеосистемы на частоте 5.8 ГГц продолжают использоваться в системах FPV, особенно в приложениях, требующих минимальной задержки сигнала и устойчивости к изменениям условий среды. Тем не менее, их эксплуатационные характеристики могут быть ограничены мощностью передатчика и потребностью в адаптации к изменяющимся условиям полёта.

В данной работе предлагается способ ручного переключения мощности передачи аналогового видеосигнала в режиме реального времени с помощью запрограммированного переключателя (тумблера) на радиопередатчике Radiomaster TX12, через полетный контроллер БВС, настроенного посредством конфигуратора Betaflight [4]. Такой метод ручного переключения мощности позволит оперативно изменять параметры видео сигнала в зависимости от условий полёта, что даст возможность увеличивать дальность передачи видеосигнала, снизить перегрев оборудования и минимизировать помехи на малых дистанциях.

Стоит сделать оговорку, что перед непосредственной настройкой тумблера на радиопередатчике необходимо осуществить несколько шагов:

1. Должен быть установлен проект прошивки контроллера полета БВС с открытым исходным кодом Betaflight

2. Полетный контроллер БВС должен быть соединен с видеопередатчиком посредством протокола Tramp или SmartAudio [5] с настроенной конфигурацией порта в свободном UARTe VTX (IRC Tramp) или VTX (TBS SmartAudio).

2. В Betaflight должен быть загружен файл конфигурации для конкретной страны и модели видеопередатчика и сохранен как скрипт Lua с расширением mcuid.lua.

После выполнения этих шагов настраиваем переключение мощности видеопередатчика через тумблер на пульте - Radiomaster TX12. Подключаем дрон, запускаем Betaflight Configurator, выбираем пункт видеопередатчик (рисунок 1а). В нижнем окне, в таблице количество уровней мощности необходимо определить какому порядковому номеру соответствуют установленные мощности (рисунок 1б).

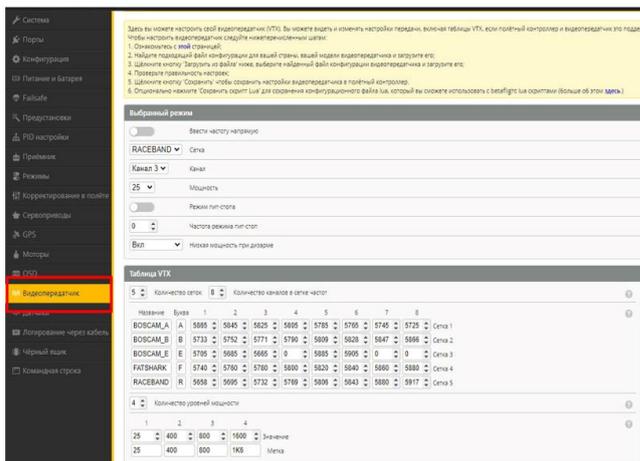


Рисунок 1а - Рабочая среда Betaflight Configurator.

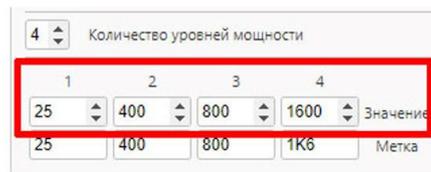


Рисунок 1б - Количество возможных уровней мощности видеопередатчика.



Рисунок 1в - Порядковые номера соответствия уровням мощности.

В данном случае: 1 – 25 мВт, 2 – 400 мВт, 3 – 800 мВт, 4 – 1 600 мВт. Далее переходим в раздел командной строки и вводим команду: `vtx 0 0 0 0 0 900 900`. Числа означают: 0 - номер ячейки памяти, 0 - номер переключателя (тумблера) радиопередатчика, 0 - сетка частот vtx, 0 - номер канала по сетке, 0 - мощность видеопередатчика, 900 - минимальное значение переключателя радиопередатчика, 900 - максимальное значение переключателя радиопередатчика. Важно помнить, что, заносится не сама мощность, а ее положение в сетке мощности (рисунок 1в), и каждое положение переключателя необходимо сохранять в свою ячейку памяти, а тумблеры нумеруются с 0, а не с 1 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Нумерация переключателей (тумблеров) на радиопередатчике Radiomaster TX12.

Переключатели на Radiomaster TX12 с программным обеспечением EdgeTX трехпозиционные, фиксированные. Первое положение в конфигураторе соответствует диапазону от 900 до 1100, второе 1200 - 1600, третье 1700 – 2100 (рисунок 3).



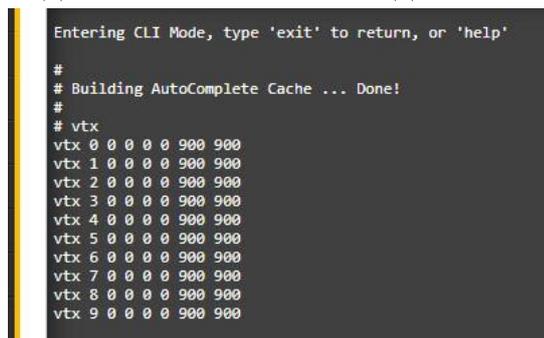
Рисунок 3 – Рабочий диапазон трехпозиционного

## переключателя радиопередатчика Radiomaster TX12.

Настройка видеопередатчика МАМВА VTX 1,6 Вт 5,8 ГГц: на переключатель В (AUX 3): настроено переключение на первое положение - 25 мВт, 2-е положение – 800 мВт, 3-е положение – 1 600 мВт. В командной строке были прописаны следующие команды:

```
vtx 1 3 0 0 1 900 1100
vtx 2 3 0 0 3 1200 1600
vtx 3 3 0 0 4 1700 2100
SAVE
```

Проверить введенные данные можно командой VTX. (рисунок4).



```
Entering CLI Mode, type 'exit' to return, or 'help'
#
# Building AutoComplete Cache ... Done!
#
# vtx
vtx 0 0 0 0 0 900 900
vtx 1 0 0 0 0 900 900
vtx 2 0 0 0 0 900 900
vtx 3 0 0 0 0 900 900
vtx 4 0 0 0 0 900 900
vtx 5 0 0 0 0 900 900
vtx 6 0 0 0 0 900 900
vtx 7 0 0 0 0 900 900
vtx 8 0 0 0 0 900 900
vtx 9 0 0 0 0 900 900
```

Рисунок 4 – Настройка ручного управления мощностью видеопередатчиком МАМВА VTX 1,6 Вт 5,8 ГГц в Betaflight Configurator

Выводы.

1. Благодаря программному обеспечению Betaflight с открытым исходным кодом для контроллеров полета и радиопередатчикам на открытом ПО EdgeTX, а также при совместимости программной части видеопередатчиков и полетных контроллеров, и при понимании алгоритмов работы скриптов Lua возможно создать ручное удаленное управление мощностью аналогового видеопередатчика, в отличии от стандартных систем, которые используют фиксированную передачу мощности.

2. Так как канал аналоговой видеопередачи не шифруется, к нему может подключиться любой, у кого есть соответствующее оборудование, поэтому осуществлять взлет необходимо на первом положении - 25 мВт мощности. Это не даст видеосигналу пройти дальше 300 метров. Далее, при ухудшении видеосвязи можно переключиться вручную на большую мощность по мере удаления.

3. Видеопередатчики frv из-за уменьшения своей массы имеют особенность к сильным перегревам в работе, даже с активным охлаждением. Вследствие чего они автоматически сбрасывают свою мощность сигнала до минимальной, т.е. «уходят в защиту». Когда это произойдет при ответственном полете на большом удалении, БВС от оператора, изображение пропадет, что может оказаться критичным. Ручное управление позволит сохранить мощность видеопередачи, а информация о перегреве поступить только в качестве сигнала на OSD оператора.

## Библиографический список

1. Андреев, С. А. Рассредоточенный нагрев гелия в беспилотном дирижабле сельскохозяйственного назначения / С. А. Андреев, Д. В. Белов // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 59-64. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-1-59-64. – EDN BRUUVE.
2. Белов, Д. В. Расчет координат расположения беспилотных летательных средств при сбрасывании грузов сельскохозяйственного назначения / Д. В. Белов, С. А. Андреев // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 68-74. – DOI 10.26897/2687-1149-2024-4-68-74. – EDN IGPКИО.
3. Интернет-ресурс: <https://www.dji.com/se/fpv/specs>
4. Интернет-ресурс: <https://github.com/betaflight>
5. Интернет-ресурс: <https://betaflight.com/docs/wiki/guides/current/smartaudio>

УДК 315.322.365

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ОСНОВЕ ПЛК С УДАЛЁННЫМ МОНИТОРИНГОМ

*Ирбаиев Мухаммад Хамзатович, студент 2 курса магистратуры Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, e.chetverikov@rgau-msha.ru.*

*Научный руководитель – Четвериков Евгений Александрович, к.т.н., доцент, доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени И.Ф. Бородин, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, e.chetverikov@rgau-msha.ru.*

*Аннотация. В статье рассматриваются перспективы использования программируемых логических контроллеров с возможностью удаленного доступа для мониторинга процесса сушки зерновой продукции.*

*Ключевые слова: сушка зерна, автоматизация процессом сушки зерна, ПЛК, удаленный доступ.*

## AUTOMATIC PLC-BASED GRAIN DRYER CONTROL SYSTEM WITH REMOTE SYSTEM MONITORING

*Muhammad Khamzatovich Irbaiev, 2nd year graduate student at the Goryachkin Institute of Mechanics and Power Engineering, K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy, e.chetverikov@rgau-msha.ru.*

*Evgeny Aleksandrovich Chetverikov, Ph.D in Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation and Robotization of Technological Processes named after I.F. Borodin, K.A. Timiryazev Moscow State Agricultural Academy, e.chetverikov@rgau-msha.ru.*

*Annotation. The article discusses the prospects for using*

*programmable logic controllers with the possibility of remote access to monitor the drying process of grain products.*

**Key words:** *grain drying, grain drying process automation, PLC, remote access.*

Автоматическая система управления зерносушильными комплексами является неотъемлемой частью процесса сбора и хранения урожая сельскохозяйственных культур. Эта система предназначена для мониторинга, контроля и регулирования осушения зерна, чтобы предотвратить его порчу и сохранить качество. Она автоматически контролирует температуру, влажность и скорость потока воздуха, чтобы обеспечить наилучшие условия для сушки зерна [1-3].

В зерносушилках происходит процесс удаления излишней влаги из зерна, с целью сохранения его качества и предотвращения развития плесени. Процесс сушки зерна может включать следующие этапы:

1. Подготовка зерна: зерно должно быть очищено от примесей, таких как солома, пыль и другие нежелательные элементы.

2. Загрузка зерна: зерно грузится в зерносушилку с помощью конвейера или другого механизма для передвижения зерна внутри сушилки.

3. Сушка зерна: зерно подвергается процессу сушки, где его влажность снижается до нужного уровня. Чтобы достичь этого, зерно обычно перемещается из одной зоны в другую, где температура и влажность контролируются.

4. Выгрузка зерна: после того, как зерно достигло нужного уровня влажности, оно выгружается из сушилки с помощью конвейера или другого механизма.

В системе автоматического управления зерносушилки учитываются множество факторов. Классификация основных систем автоматического управления процессом сушки зерна приведена на рисунке 1



**Рисунок 1 - Классификация систем автоматического управления процессом сушки зерна.**

Все эти процессы влияют на конечное качество продукта и продолжительность его хранения. С целью мониторинга и контролирования процесса работы оборудования и возможного снижения экономических и технологических затрат следует развивать системы автоматизации в сторону

удаленного управления непосредственно от места производства для оперативного реагирования на различные возможные условия и факторы связанные с ними [4-6].

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) являются универсальными инструментами автоматизации, широко применяемыми в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях. Эти устройства позволяют автоматически контролировать и управлять сложными системами с использованием запрограммированных логических операций.

Одним из главных преимуществ ПЛК является его гибкость, которая позволяет изменять параметры управления системой с использованием программирования без необходимости изменения аппаратных средств. Это экономически выгодный и эффективный вариант для многих компаний, так как они могут обновлять и модифицировать управляющую систему без дополнительных затрат на новое оборудование.

Кроме того, программируемые логические контроллеры обладают повышенной надежностью и могут работать в различных условиях окружающей среды.

В современном оборудовании с доступом в локальную или интернет сеть, есть возможность настраивать и контролировать технологические процессы и изменять и дополнять их под любую необходимую задачу.

Удаленное управление ПЛК может быть реализовано посредством различных технологий и протоколов, таких как VPN, удаленный доступ (Remote Desktop Protocol), web-интерфейс для управления ПЛК или удаленная связь с помощью мобильных приложений.

Применение VPN-соединения для удаленного управления ПЛК может обеспечить безопасный и надежный доступ к конфиденциальным данным ПЛК в удаленном режиме. Это позволяет пользователям находиться за пределами предприятия и все же иметь доступ к управлению и мониторингу ПЛК.

Удаленный доступ к ПК может быть использован для удаленного управления компьютером, который связывается с ПЛК. Это позволяет пользователям удаленно запускать программное обеспечение, обновлять и настраивать систему при необходимости.

Web-интерфейс для управления ПЛК может использоваться для управления ПЛК через браузер, что упрощает использование удаленного доступа для пользователей.

Мобильные приложения также могут использоваться для удаленного управления ПЛК, позволяя пользователям управлять и мониторить ПЛК удаленно через мобильное устройство.

Для удаленного управления ПЛК можно использовать различные программные и аппаратные решения, включая VPN соединения и удаленные доступы. Некоторые производители ПЛК, такие как Weintek и Eurotherm, предоставляют программное обеспечение для удаленного доступа и управления своим ПЛК. Также можно использовать промышленные маршрутизаторы, такие как eWON, которые поддерживают VPN соединения и другие методы удаленного доступа к ПЛК (рис. 2).

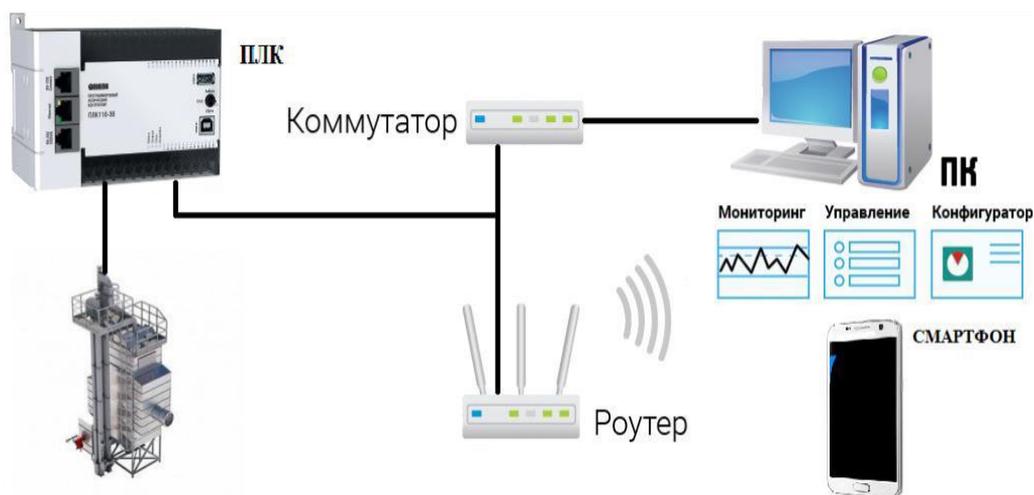


Рисунок 2 – Функциональная схема удаленного подключения.

В целом, метод удаленного управления ПЛК будет зависеть от конкретной конфигурации и требований проекта. Необходимо учитывать такие факторы, как безопасность, пропускная способность сети и требования к интерфейсу управления.

Время сушки зерна в зерносушилках зависит от множества факторов, включая тип зерна, его начальную влажность, конечную влажность, температуру воздуха, скорость потока воздуха, размер зерна и другие условия процесса сушки. Процесс сушки может занимать от нескольких часов до нескольких дней, в зависимости от этих факторов. Кроме того, на время сушки зерна может влиять оборудование и система управления сушилкой, используемые в процессе [7].

Так же необходим тщательный контроль температуры и влажности зерна. Критической для зерновых культур является влажность 14%. Для нормального длительного хранения семян необходима влажность ниже критической на 1-2%. Семена с влажностью выше 18% засыпать на хранение недопустимо.

С технологией удаленного доступа к оборудованию появится возможность отслеживания процесса сушки зерна и, в случае отклонений от заданных значений, возможность оперативного реагирования, тем самым можно избежать возможных потерь продукции.

Удаленный доступ к ПЛК, НМІ и сетям автоматизации может помочь сократить количество посещений объектов, улучшить качество обслуживания и повысить эффективность работы, а также сэкономить время и снизить затраты на техническое обслуживание.

### Библиографический список

1. Четвериков Е.А., Шестаев А.Е. Обоснование параметров сушки зерна микроволновым полем /Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2018. С. – 29-30

2. Бородин И.Ф., Шарков Г.А., Андреев С.А. Установка для свч-обработки / Авторское свидетельство SU 1232157 А1, 23.05.1986. Заявка № 3828665 от 05.11.1984.
3. Volgin A.V., Kargin V.A., Chetverikov E.A., Moiseev A.P., Lagina L.A. / Improving the efficiency of convective grain drying by using low-intensity RF radiation IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 954 (1), 2022, 012017.
4. Usanov K M, Volgin A V, Chetverikov E A, Kargin V A, Moiseev A P, Ivanova Z I / 2017 Power electromagnetic strike machine for engineering geological surveys IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 032049. EDN: XPPVRS.
5. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография / Е.А. Четвериков, Л.А. Лягина, А.П. Моисеев. ФГБОУ ВО "Саратовский ГАУ". - Саратов: Амирит, 2016.- 186с. EDN: XCUZDV.
6. Четвериков Е.А. Физические основы технологий комбинированной сушки/ Лягина Л.А., Волгин А.В., Селезнев Г.Н. Актуальные проблемы энергетики АПК Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием. /ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020.
7. Лягина Л.А., Волгин А.В., Белов В.В., Моисеев А.П., Четвериков Е.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем / Известия международной академии аграрного образования, №38, 2018 – С. 14-19.

## Содержание

<b>Нестеров М.А., Жуков Ф.А.</b> Цифровой солнечный трекер.....	3
<b>Буранов Р.В., Крахмалев А.Г.</b> Способ определения состояния здоровья кроликов .....	6
<b>Брилевский А.В.</b> Тепло- и электроснабжение сельскохозяйственных потребителей на базе преобразования солнечной энергии.....	10
<b>Аединов М.Б.</b> Применение системы CAS на базе лаборатории «АСКУЭ» .....	14
<b>Толстых А.А., Смирнова С.В.</b> Цифровые технологии в электро и энергоснабжении.....	16
<b>Шолин А.В.</b> Повышение энергоэффективности малоэтажной жилой застройки в городской и сельской местности за счет внедрения солнечной электроэнергетики в условиях нижегородской области.....	20
<b>Байрамов А.И.</b> Повышение эффективности управления микроклиматом теплиц с использованием цифровой технологии.....	24
<b>Щепко Н.Ю.</b> Особенности реализации интеллектуального управления линией витаминизированного молока .....	28
<b>Дерушко Е.А.</b> Снижение кислотности молока на основе электрохимической активации.....	33
<b>Рабонец А.В., Болотин В.Л.</b> Электротехнология приготовления виноградного вина .....	36
<b>Осипов М.С., Акмурат Д.Р.</b> Новые электротехнологии в сельскохозяйственном производстве .....	40
<b>Чукалин А.Ю.</b> Влияние несимметричной нагрузки на потери электрической энергии в сетях 0,4 кв .....	43
<b>Латыпова Л.С.</b> Использование цифрового регулятора для управления температурой в климатической камере для кратковременного хранения ягод голубики .....	46
<b>Лямин Д.К., Белов Д.В.</b> Дистанционная настройка передатчика аналогового видеосигнала при управлении полетом сельскохозяйственного бвс .....	50
<b>Ирбаиев М.Х.</b> Система управления зерносушильным комплексом на основе ПЛК с удалённым мониторингом .....	55

Научное издание  
СБОРНИК ТРУДОВ,  
приуроченных к III Международной студенческой научно-практической конференции  
«Энергоэффективность в системах энергоснабжения и электрификации сельского  
хозяйства», посвященной 104-летию ГОЭЛРО 24 декабря 2024 года,

Сборник статей. Том 1

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор **О.В.Лештаева**

Подписано в печать **29 января 2025 г.**

Объем данных .....Мб.

Тираж 10 экз.

ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева  
127434 Москва, ул.Тимирязевская, 49