



# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК

Материалы XIII Национальной научно-практической  
конференции с международным участием



САРАТОВ 2022

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»**



## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК**

**Материалы XIII Национальной научно-практической  
конференции с международным участием**

САРАТОВ, 2022 г.

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

А 42

**Актуальные проблемы энергетики АПК:** Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: Амирит, 2022. – 208 с.

**ISBN 978-5-00207-028-2**

В сборнике представлены материалы XIII Национальной научно-практической конференции, ежегодно организуемой кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и проходившей на базе факультета инженерии и природообустройства 29 и 30 апреля 2022 года. В работах, в частности рассмотрены вопросы энерго-ресурсосбережения в тепло- и электротехнологиях; автономного, в том числе, с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, электроснабжения сельскохозяйственных объектов; представлены новые подходы по совершенствованию методов и средств электротехнологий АПК. Тематика представленного в сборнике материала будет интересна специалистам в области электроэнергетики, преподавателям и студентам технических ВУЗов и всем интересующимся указанными направлениями.

#### **Редакционная коллегия:**

*Трушкин В.А.*, заведующий кафедрой «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ;

*Артюхов И.И.*, профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО Саратовский ГТУ им. Гагарина Ю.А.;

*Степанов С.Ф.*, профессор кафедры «Электроэнергетика и электротехника», ФГБОУ ВО Саратовский ГТУ им. Гагарина Ю.А.;

*Садыкова Л.А.*, ассоциированный профессор кафедры «Техника и технологии» Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета;

*Моисеев А.П.*, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ.

*Шлюпиков С.В.*, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ.

УДК 338.436.33:620.9

ББК 31:65.32

**ISBN 978-5-00207-028-2**

© ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022

*Атрашенко О.С., Тульчинский Д.С.*

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»  
Камышинский технологический институт (филиал)

## **СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**Аннотация.** Рассмотрена целесообразность применения автоматизированных систем мониторинга и диагностики (АСМД) состояния силовых трансформаторов как способ решения проблем, возникающих в ходе их эксплуатации. Приведены основные производители АСМД и их продукция. Доказана эффективность и экономическая обоснованность использования АСМД.

**Ключевые слова:** автоматизированная система мониторинга и диагностики состояния силовых трансформаторов, контролируемое оборудование, технико-экономический эффект.

Силовые трансформаторы являются основными элементами электрических сетей, определяющими эксплуатационную надежность оборудования, бесперебойность работы электроэнергетической системы.

Высоковольтные силовые трансформаторы электрических сетей и системы электроснабжения стареют и изнашиваются. По данным ПАО «ФСК» степень трансформаторного оборудования, который превышает нормативный период использования составляет более 60%. Для трансформаторов, работающих в рамках нормативного ресурса, доля быстро развивающихся дефектов и внезапных отказов не превышает 35-40%, а для состаренного оборудования доля медленно развивающихся дефектов снижается до 40% за счет увеличения быстро развивающихся дефектов – 40% и внезапных отказов – 20% [1].

Это является серьезной проблемой, потому что отключения при авариях, дефекты и повреждения силовых трансформаторов сопровождаются большими финансовыми затратами, рисками причинения вреда различным видам имущества, окружающей среде и даже жизни и здоровью граждан. Поэтому одним из важнейших и наиболее актуальных направлений электроэнергетики на сегодняшний день является повышение надежности и качества функционирования электрических систем.

Для решения этой задачи должен осуществляться непрерывный контроль технического состояния электросетевого оборудования. В настоящее время, согласно Положению ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» [2], наибольшей эффективностью в предупреждении аварий силовых трансформаторов обладают автоматизированные системы мониторинга и диагностики (АСМД), которые благодаря комплексу датчиков, реагирующих на максимально возможное число видов развивающихся дефектов, позволяют на ранней стадии выявлять начало негативных процессов. Кроме функций выявления дефектов, АСМД за счет применения средств автоматиза-

ции могут решать задачи управления режимом силового трансформатора (при дополнительных затратах на установку и настройку дополнительного оборудования), что позволяет повысить срок его службы.

Согласно СТО 56947007-29.200.10.011-2008 (с изменениями на 12.12.2019 г.), АСМД – система непрерывного диагностирования, обеспечивающая сбор, хранение, обработку информации и техническое диагностирование в режиме непрерывного контроля параметров объекта с применением автоматизированных систем реального времени и участием человека [3].

Для достижения максимального технико-экономического эффекта, состав и структура АСМД должны комплектоваться оптимальным набором компонентов и функций, обеспечивающих необходимый уровень диагностирования контролируемого оборудования. При максимальной комплектации технические средства АСМД должны обеспечивать контроль [4]:

- диэлектрических свойств изоляции высоковольтных вводов;
- содержания газов, растворенных в трансформаторном масле;
- содержания влаги, растворенной в трансформаторном масле, с оценкой тенденции изменения состояния;
- теплового состояния контролируемого объекта;
- состояния устройства РПН;
- характеристик ЧР в высоковольтных вводах;
- характеристик ЧР в баке;
- расчета математических моделей.

Структура полнофункциональной комплексной АСМД представляет собой трехуровневую систему (рисунок 1).

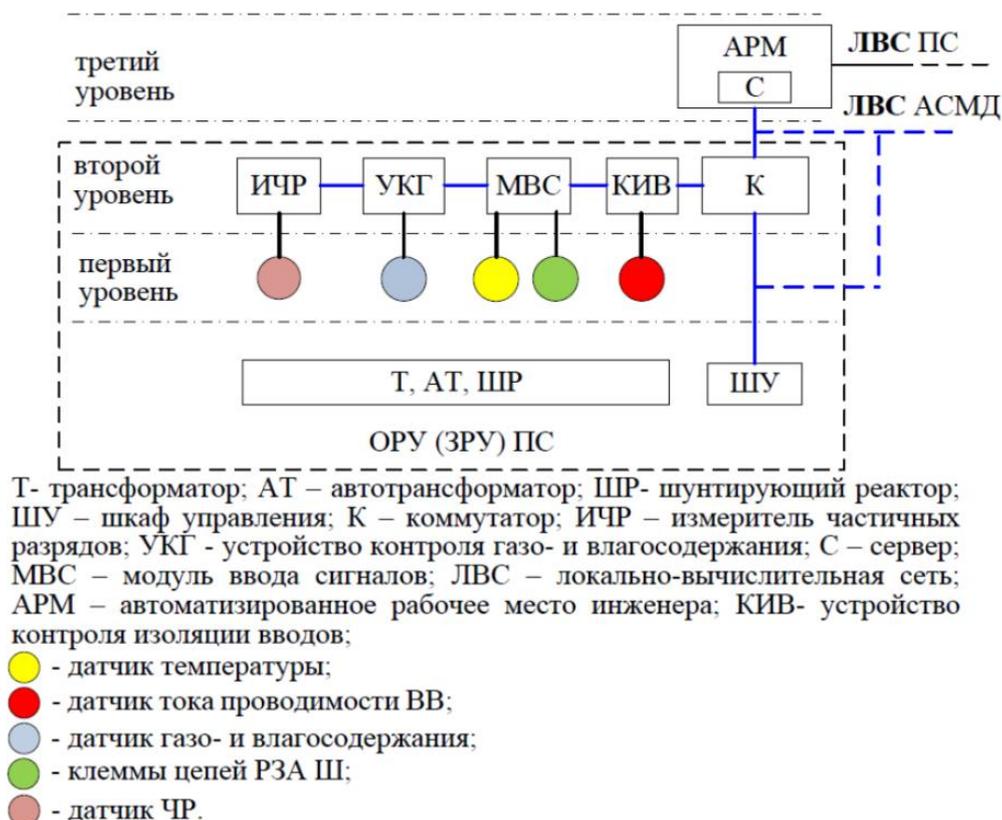


Рисунок 1 – Структурная схема АСМД

К первому уровню относятся датчики, выполняющие непосредственное измерение диагностических и информационных параметров (датчики температуры, газо- и влагосодержания масла, ЧР и т.д.), в том числе, в составе технических устройств, а также выходные каналы устройств РЗА и АСУ ТП, выдающие сигналы, являющиеся первичными данными для устройств второго уровня АСМД.

Ко второму уровню относится совокупность устройств, обеспечивающих сбор и обработку сигналов, полученных от датчиков первого уровня, включая методики косвенных измерений.

На третьем уровне производится обработка и отображение параметров технического состояния контролируемого оборудования и его компонентов, а также формирование электронной базы результатов измерений и отчетных документов по результатам диагностирования. Он выполняется в виде единого централизованного программно-технического комплекса (ПТК) АСМД для всего перечня контролируемого силового масляного трансформаторного оборудования ПС, либо для единичного объекта.

Широкое применение нашли такие зарубежные АСМД силовых трансформаторов, как система TPAS (США), система компании «Siemens» (Германия) и система ABB Secheron (Швейцария) [5].

Разработки АСМД силовых трансформаторов проводятся также в России и странах СНГ. Одним из основных производителей АСМД является компания DIMRUS и разработанная ей комплексная система мониторинга и диагностики марки «TDM» (Transformer Diagnostics Monitor) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Главный технический и программный модуль TDM

В системе TDM реализован комплексный подход к диагностике состояния трансформатора, когда итоговая оценка состояния трансформатора произ-

водится на основании обобщающего анализа результатов работы, полученных экспертными программами всех модулей системы [6].

Ещё одним производителем является ЗАО «Интера», которым в соответствии с типовыми требованиями ПАО «Россети» к мобильным автоматизированным системам мониторинга и технического диагностирования силовых трансформаторов класса напряжения 110 кВ и выше была разработана мобильная автоматизированная система мониторинга и технического диагностирования на базе анализатора водорода и горючих газов «ИнтеГаз» [7].

Научно-производственная фирма «Энергосоюз» выпускает автоматизированные системы «НЕВА-АСКДТ», предназначенные для контроля и диагностики масляного трансформатора. Эти системы разработаны для трансформаторов классов напряжения 10-750 кВ мощностью от 2500 кВА до 1250 МВА [8].

Очевидно, что затраты на АСМД силовых трансформаторов значительно меньше затрат на капитальный ремонт электрооборудования после выхода его из строя, а также намного ниже стоимости нового. Внедрение установок АСМД силовых трансформаторов в США подтверждает, что энергокомпания экономит в 3-6 раз больше, чем затрачивает на систему контроля, включая периодические измерения на отключенном трансформаторе. Это доказывает экономическую обоснованность применения АСМД.

#### Список литературы

1. Хлыстиков А.В., Игнатъев И.В. Проблемы надежности работы силовых трансформаторов. Братский государственный университет, г. Братск, Россия, 2013 г.
2. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». – 02.04.2021.
3. СТО 56947007-29.200.10.011-2008. Трансформаторы силовые, автотрансформаторы и реакторы. Автоматизированная система мониторинга и технического диагностирования. Общие технические требования. Дата введения изменений: 12.12.2019.
4. Яхья, А.А. Мониторинг и диагностика трансформаторов в электроэнергетической системе для обеспечения эксплуатационной надежности / А.А. Яхья, В.М. Левин // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: Материалы III Международной научно-технической конференции, Чебоксары, 14-16 ноября 2019 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2019. – С. 435-440.
5. Алексеев, Б.А. Системы непрерывного контроля состояния крупных силовых трансформаторов. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2009.
6. Характеристика TDM-M, брошюра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dimrus.ru/manuals/tdmm.pdf> (дата обращения: 09.04.2022).
7. Мобильная АСМД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inte.ru/index.php/produktsiya/sistemy-i-oborudovanie/mobilnaya-asmd> (дата обращения: 27.03.2022).
8. Автоматизированная система контроля и диагностики трансформатора «НЕВА-АСКДТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Автоматизированная система контроля и диагностики трансформатора «НЕВА-АСКДТ» | НПФ "ЭНЕРГОСОЮЗ" \(energosoyuz.spb.ru\)](https://www.energosoyuz.spb.ru/avtomatizirovannaya-sistema-kontrolya-i-diyagnostiki-tranformatora-neva-askdt) (дата обращения: 12.03.2022).

*Ахатов Р.З., Кондратьева Н.П.*

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Ижевск

## **ИЗМЕРЕНИЕ ДОЗЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Проводятся методы измерения дозы ультрафиолетового (УФ) излучения с помощью цифровых датчиков. В результате определили возможность измерения основных параметров УФ излучения с использованием недорогих цифровых датчиков и микроконтроллера.

**Ключевые слова:** ультрафиолетовое излучение, предпосевная обработка семян.

Ультрафиолетовое излучение является одним из видов неионизирующего излучения, находящегося в диапазоне длины волн от 100 нм до 400 нм. УФ область можно рассматривать в трех диапазонах: УФ-А (315-400 нм), УФ-В (280-315 нм) и УФ-С (100-280 нм) [1].

Вызываемые УФ излучением различные биологические эффекты, такие как загар, воздействие на семена, обеззараживание, зависят от трех основных параметров: длины волн излучения, интенсивность излучения и плотность энергии [2-4].

Целью нашей работы стал анализ цифровых датчиков для измерения основных параметров УФ излучения.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Определить измеряемые параметры УФ излучения.
2. Рассмотреть примеры цифровых датчиков.
3. Проанализировать результаты.

Измерение отдельных длин волн УФ излучения требует сложного и дорогостоящего прибора, называемый спектрометром или УФ радиометром. УФ радиометры могут измерять отдельные пики длин волн УФ излучения могут быть полезными для исследования и разработок, связанных с УФ излучением. В производственной среде не часто практично проводить детальные спектральные измерения с УФ радиометром, поэтому целесообразно использовать более простые устройства, измеряющие УФ излучения в более широком диапазоне длин волн [5-8].

Примером такого устройства является AS7341 (рисунок 1) от производителя AMS. Датчик AS7341 – это 11-канальный спектрометр, направленный на создание новых потребительских, коммерческих и лабораторных решений. Спектральный диапазон довольно широкий от 350 нм до 1000 нм и измерения проводятся не только в видимом, но и в УФ диапазоне. Управление датчиком и прием спектральных данных осуществляется через последовательный интерфейс обмена данными I<sup>2</sup>C.

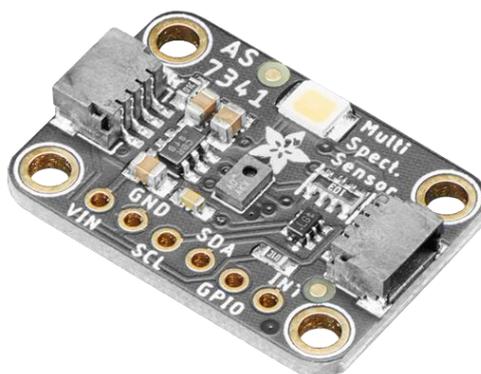


Рисунок 1 – Внешний вид датчика AS7341

Данные спектрометра представляются как показано на рис. 2.

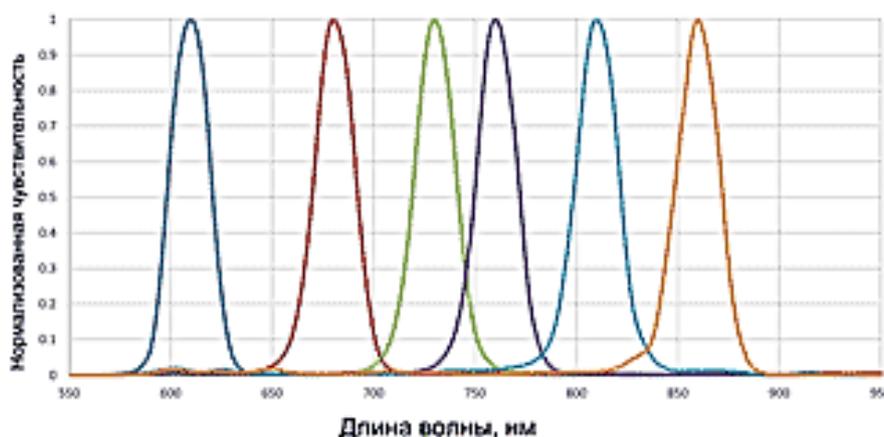


Рисунок 2 – Представление данных спектрометром AS7341

УФ излучение в основном поглощается на поверхности, при этом глубина проникновения довольно малое значение, поэтому одним из основных параметров УФ излучения относится экспозиционная доза, которая описывается как падающая энергия, деленная на площадь поверхности приемника (формула 1).

$$H_e = \frac{dQ_e}{dA}, \quad (1)$$

где  $Q_e$  – энергия излучения;  $A$  – площадь поверхности [9].

Другим параметром является мощность дозы УФ излучения, которая численно равна мощности, деленная на площадь поверхности приемника (формула 2).

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dA}, \quad (2)$$

где  $\Phi_e$  – мощность УФ излучения [10, 11].

Измерение мощности дозы УФ излучения применяют различные датчики, например, VEMML6070 от компании Vishay Semiconductors (рисунок 3). Так же, как и спектрометр AS7341 данный датчик для управления и приема данных используется последовательный интерфейс I<sup>2</sup>C, что существенно облегчает работу с устройством.



Рисунок 3 – Внешний вид датчика VEML6070

Значения датчика VEML6070 представлены на рисунке 4.

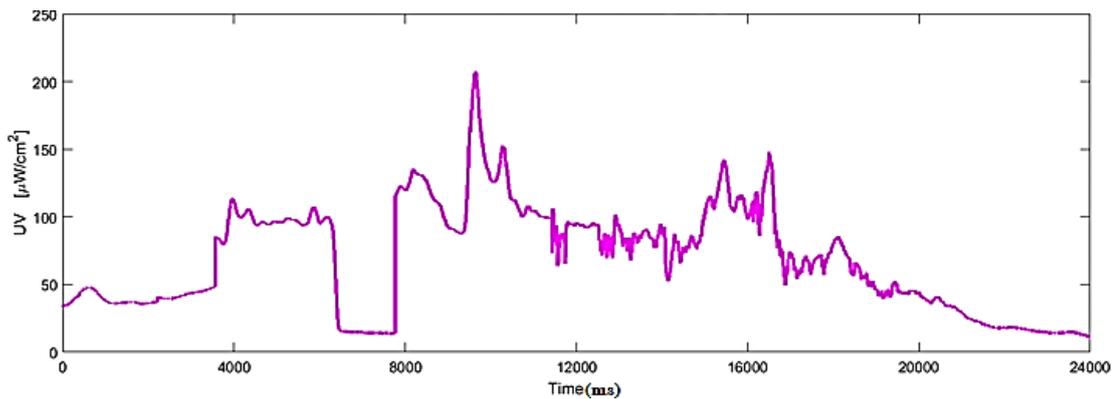


Рисунок 4 – Данные мощности дозы излучения датчика VEML6070

*Выводы.* Измерение и расчет УФ излучения являются важными процессами для определения воздействия УФ облучения в различных ситуациях. С помощью рассмотренных устройств есть возможность упростить и автоматизировать процесс расчета УФ излучения, которая включает в себя измерение длин волн, вычисление экспозиционной дозы и определение мощности дозы излучения [12, 13].

#### Список литературы

1. Кондратьева, Н.П. Концепт автоматизированной системы управления для повышения энергоэффективности электрооборудования на предприятиях АПК / Н.П. Кондратьева, В.К. Ваштиев, А.В. Радикова // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2020 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 20-22.
2. Кондратьева, Н.П. Повышение эффективности предпосевной обработки семян ультрафиолетом / Н.П. Кондратьева, Р.З. Ахатов // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки: материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых, Ижевск, 17-19 ноября 2021 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 358-361.
3. Смирнов, А.А. Разработка УФ-облучательной установки для борьбы с вирусами IV группы / А.А. Смирнов, И.М. Довлатов // Вестник НГИЭИ, – 2020. – № 12(115). – С. 49-57.
4. Kondrateva, N.P. Synergistic effect of the simultaneous exposure to ultraviolet radiation and nano-silicon preparation to increase the rate of seed germination / N.P. Kondrateva, N. Kasatkina, Zh. S. Nelyubina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 10 апреля 2020 года. – Cheboksary, 2020. – P. 012011.
5. Руденок, В.А. Эффект синергизма при подготовке семян культурных растений препаратом нанокремния с последующим УФ-облучением / В.А. Руденок, Н.П. Кондратьева // Акту-

- альные вопросы энергетики АПК Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 100-летию плана ГОЭРЛО, Ижевск, 03-04 декабря 2020 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 45-51.
6. Kondrateva, N.P. Digital technologies for monitoring and implementation of smart diagnostics of the isolation of power supply systems with isolated neutral in the operating mode / N.P. Kondrateva, A.A. Shishov, R.G. Bolshin, M.G. Krasnolutskaaya // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – No 75-2. – P. 109-112.
  7. Kondrateva, N.P. Effect of irradiation on the growth and rooting of a climbing rose in vitro / N.P. Kondrateva, R.G. Bolshin, M.G. Krasnolutskaaya [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 16 апреля 2021 года. – Cheboksary, 2021. – P. 012007.
  8. Ovchukova, S.A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S.A. Ovchukova, N.P. Kondratieva, O.Y. Kovalenko // Light & Engineering. – 2021. Vol. 29, No 2. – P. 21-25.
  9. Кондратьева, Н.П. Влияние дополнительного светодиодного освещения на урожайность и себестоимость томатов в весенний период / Н.П. Кондратьева, П.В. Терентьев, Д.А. Филатов, С. И. Олонина // Светотехника. – 2021. – № 2. – С. 96-99.
  10. Патент № 2725486 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/04, Н02J 3/01. Способ снижения энергоемкости светодиодной системы облучения (освещения) растений : № 2019117195 : заявл. 03.06.2019 : опубл. 02.07.2020 / Д.А. Филатов, Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин [и др.].
  11. Ерошенко, Г. П. Основы технической эксплуатации электрического и электромеханического оборудования / Г.П. Ерошенко, Н.П. Кондратьева, С.М. Бакиров. – Изд. 2-е : ООО «Научно-издательский центр Инфра-М». – 2022. – 295 с.
  12. Kondrateva, N.P. Irradiating set with UV diodes and microprocessor system of automatic dose control / N.P. Kondrateva, R.G. Bolshin, M.G. Krasnolutskaaya // Light & Engineering. – 2019. – Vol. 27, No 6. – P. 127-132.
  13. Большин, Р.Г. Облучательная установка с УФ диодами и микропроцессорной системой автоматического управления дозой / Р.Г. Большин, Н.П. Кондратьева, М.Г. Краснолуцкая // Светотехника. – 2019. – № 2. – С. 78-81.

УДК 631.2:628.9

<sup>1</sup>Бакиров С.М., <sup>2</sup>Широбокова Т.А., <sup>3</sup>Иксанов И.И., <sup>2</sup>Иксанова К.С.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ижевск

<sup>3</sup> Филиал АО Сетевая компания ЕЭС, г. Елабуга

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования состояния микроклимата в животноводческих помещениях, проведено обоснование параметров светильников на базе светодиодных ламп для освещения коровника при стойловым содержанием, позволяющих

значительно снизить потребление электроэнергии на освещение, при этом повысить уровень продуктивности крупно рогатого скота.

**Ключевые слова:** освещение, животноводство, микроклимат, неравномерность освещения, светодиодные светильники.

*Введение.* Современные животноводческие предприятия стремятся получить наибольшую прибыль. Основным способом увеличения прибыли является повышение продуктивности животного за счет всестороннего влияния на его жизнедеятельность. Доказано, что микроклимат, включающий в себя поддержание требуемой температуры, влажности воздуха, режимы освещения, освещенность, равномерность освещения и т.п., оказывает ключевое влияние на продуктивность животного [1-4]. Оптимальные значения вышеуказанных параметров микроклимата позволяют добиться повышению продуктивности, например, коров, на 30-38 %, а именно повысить удой в 1,3 раза.

В некоторых работах именно освещенность помещений влияет как на здоровье, так и на продуктивность крупного рогатого скота (КРС). Так, освещение в коровниках возле поилок и кормового стола, согласно [5], должно быть на уровне 75 лк. При поедании корма у животного формируются полезные ферменты [6].

*Целью* работы является проведение анализа влияния конкретных параметров микроклимата на продуктивность коров.

*Результаты.* Проведем анализ на основе результатов проведенных исследований, которые заключались в измерении некоторых параметров микроклимата в коровнике (таблица 1). Для исследования принят коровник в хозяйстве Республики Татарстан ООО «Август-Муслюм». Эксперимент проводился в период с 01 марта по 01 апреля 2022 г., в котором были зафиксированы основные параметры микроклимата: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, освещенность. Исследования показали, что основные параметры микроклимата не соответствуют зоогигиеническим нормативам для дойных коров.

Таблица 1 – Результаты измерений параметров микроклимата в коровнике № 1 ООО «Август-Муслюм» в период 01.03-01.04.2022 г.

Показатель	Средняя температура, °С	Средняя относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, м/с	Средняя освещенность на уровне кормушки, лк	Удой, л/сут.
Экспериментальные данные (Э)	7,2	83,0	0,52	38,1	22,2
Нормативные значения (Н)	10,5	70,0	0,35	75,0	34,5
Индекс (Э/Н)	0,7	1,2	1,5	0,5	<b>0,64</b>

На основе проведенного эксперимента, установлено, что показатели микроклимата резко отличаются от нормативных значений: фактическая температура в 1,4 раза ниже нормативной; влажность воздуха в 1,2 раза выше норма-

тивной; скорость воздушного потока превышает в 1,5 раза, а освещенность ниже в 2 раза нормативного значения.

На следующем этапе измерений, исключив влияние критического параметра в отдельности, установлен вес влияния каждого параметра на удой (продуктивность) коровы (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчета веса влияния каждого параметра на удой

Показатель	Средняя температура, °С	Средняя относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, м/с	Средняя освещенность на уровне кормушки, лк
Значение веса	0,10	0,12	0,36	<b>0,42</b>

Установлено, что на удой коровы в наибольшей степени влияет освещенность кормового стола. При этом установлено, что в качестве источников света фактически установлены люминесцентные лампы марки SPIRAL мощностью 85 Вт со световым потоком 4500 лм в количестве 8 шт. Общая мощность освещения составляет 680 Вт. Для детального анализа в программе DIALux 4.4 создана модель исследуемого объекта (рисунок 1). По итогам расчетов видно, что система освещения не обеспечивает равномерность освещения. Световой коэффициент в помещении составил 1:37, что в 3 раза ниже нормы; средняя освещенность на уровне кормушки –  $31,57 \pm 11,52$  лк, что также не соответствует зоогигиеническим требованиям.

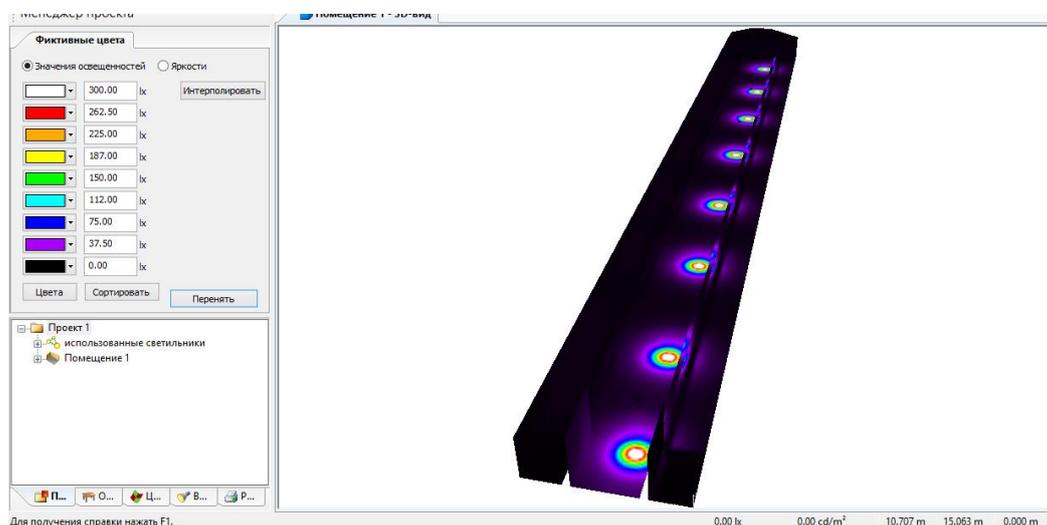


Рисунок 1 – Результаты, полученные в программе Dialux фактических источников света – люминесцентные лампы марки SPIRAL

Освещенность над кормушками колеблется от 10 до 80 лк. Равномерность освещения рабочей поверхности превышает норму в 4 раза. Повышение равномерности освещения является одной из проблем, которую возможно решить разработкой специального светильника, позволяющего обеспечить равномерное освещение [7, 8]. Разработанный осветительный прибор имеет мощность 10 Вт,

что в совокупности повышения продуктивности животного обеспечивается снижение энергопотребления на освещение коровника (рисунок 2).

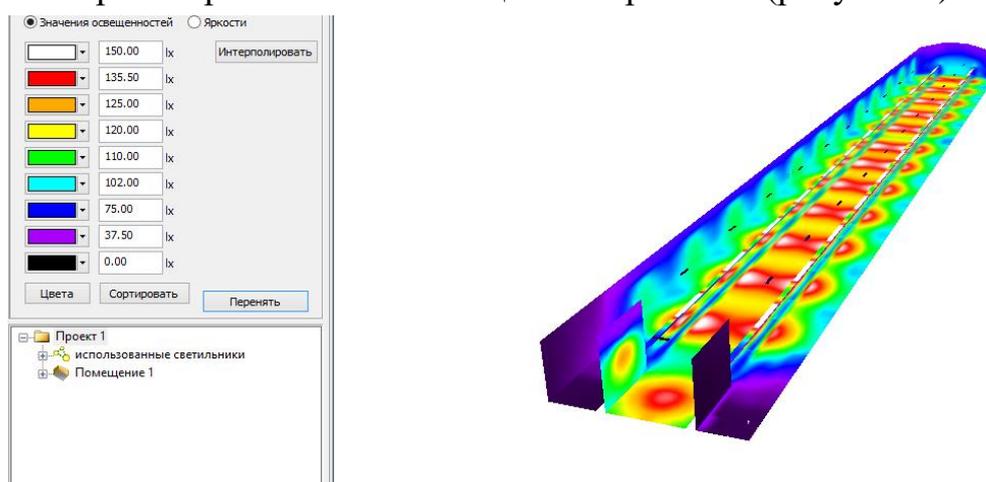


Рисунок 2 – Результаты расчета в программе Dialux предлагаемого варианта освещения коровника светодиодными осветительными приборами

Использование предлагаемых светодиодных светильников позволит обеспечить нормативную освещенность на уровне кормушки 75 лк, равномерную освещенность, а также позволит снизить энергопотребление в 2,8 раза.

*Заключение.* Таким образом, установлено, что на продуктивность (удой) коровы в большей степени влияет освещенность, для обеспечения нормативного значения которой на примере коровника №1 ООО «Авгус-Муслим» требуется 24 светодиодного светильника мощностью 10 Вт. Применение данной системы освещения на предлагаемых светодиодных светильниках позволит повысить продуктивность в 1,21-1,25 раза и снизить энергопотребление на освещение коровника в 2,8 раза.

#### Список литературы

1. Самарин, Г.Н. Исследование параметров освещения внутри животноводческого помещения / Г.Н. Самарин, А.Ю. Шибанов, Е.В. Галузо // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения : сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. – С. 379-381. – EDN YUBVRS.
2. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках / И.М. Довлатов, Л.Ю. Юферев, В.В. Кирсанов [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 7(86). – С. 7-18. – EDN XRZDXV.
3. Влияние оптического излучения различного спектра на сельскохозяйственных животных / Н.П. Кондратьева, Т.А. Широкова, Л.А. Шувалова, М.А. Чепкасова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства : Материалы Международной научно-практической конференции в 3-ех томах, Ижевск, 14-17 февраля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 265-268. – EDN ZAWAHF.
4. Алгоритм расчета конструктивных параметров светодиодного осветительного прибора / А.Г. Возмилов, Т.А. Широкова, Д.В. Астафьев, И.Ю. Лошкарёв // АПК России. – 2019. – Т. 26. – № 2. – С. 185-188. – EDN NDHDBI.

5. Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений ОСН-АПК 2.10.24.001-04.
6. Лошкарев, И.Ю. Значение диагностики в процессе эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве / И.Ю. Лошкарев, Г.П. Ерошенко, С.М. Бакиров // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Саратов, 01-30 апреля 2013 года / Под редакцией А.В. Павлова. – Саратов: ООО ПКФ «Буква», 2013. – С. 84-85. – EDN ТТКРIN.
7. Экспериментальные исследования светоотражающего элемента на технические характеристики светодиодного осветительного прибора / С.М. Бакиров, К.С. Иксанова, И.И. Иксанов [и др.] // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Ижевск, 15-18 февраля 2022 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 275-279.
8. Понятие о микроклимате и его значение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/8101347.html> – Заглавие с экрана. – (дата обращения 24.04.2022).
9. Патент на полезную модель № 203834 U1 Российская Федерация, МПК F21S 8/00, F21V 7/00. Светодиодный осветительный прибор : № 2020134176 : заявл. 16.10.2020 : опубл. 22.04.2021 / Т.А. Широкова, И.Г. Поспелова, И.И. Иксанов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN URRRQK.

УДК 621.548

**Беляев А.П., Садыкова Л.А.**

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет  
г. Уральск, Казахстан

## **ЭНЕРГИЯ ВЕТРА В КАЗАХСТАНЕ**

**Аннотация.** Ветроэнергетика Казахстана продолжает свое динамическое развитие. Наша страна, следуя мировому тренду, ведет планомерную работу по увеличению числа электростанций ВИЭ. Поэтому перед ней стоят те же вызовы, что и перед другими видами электростанций на альтернативных источниках энергии. Прежде всего, это валютный риск, стабилизация законодательства, развитие местного содержания и малой генерации.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветроустановка, ветроэлектростанция, мощность, ось вращения, энергия, потенциал, источник энергии, альтернативные источники.

Закройте глаза и представьте, что в один миг все полезные ископаемые закончились. Перед человечеством стоит вопрос выживания, как продолжить жить без привычных нам электроприборов, машин, света, интернета. После такого заявления люди в панике, не зная, что делать, ведь сейчас абсолютно ничто не может существовать без энергии. Что вы будете делать?

**Цель:** определить важность использования и развитие ветроэнергетики в Казахстане.

Для достижения цели необходимо:

- изучить принцип работы ветряной электростанции;
- изучить достоинства и недостатки ветроэнергетики;
- изучить ветроэнергетику в Республике Казахстан.

Для начала хотелось бы разобраться, что из себя представляют альтернативные источники энергии. Альтернативные источники энергии – совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии (зачастую – из возобновляемых источников), которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования при, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде [1].

На данный момент наиболее распространены несколько основных видов альтернативных (нетрадиционных) источников энергии:

1. Ветроэнергетика;
2. Биотопливо;
3. Гелиоэнергетика;
4. Гидроэнергетика;
5. Грозная энергетика;
6. Космическая энергетика.

Ветроэнергетика – способ получения энергии за счет ветра, преобразование кинетической энергии воздушных масс в электрическую. Данный способ не имеет нужды в определенном расположении на планете и климате стран, поэтому подходит для всех стран. По данным сайта [2] ветроэнергетика сейчас является самым быстро развивающимся видом альтернативных источников энергии. С 2010 по 2021 год производство энергии ветра выросло почти в 8 раз.

Мощность ветрогенератора зависит от мощности воздушного потока ( $N$ ), определяемой скоростью ветра и площади:

$$N = \rho S \frac{V^3}{2},$$

где  $V$  – скорость ветра,  $\rho$  – плотность воздуха,  $S$  – ометаемая площадь.

Существует 2 вида ветротурбин:

1. С вертикальной осью вращения («карусельные»);
2. С горизонтальной осью вращения («крыльчатые»).

Они бывают быстроходные (менее 3 лопастей) и тихоходные (более 3 лопастей).

Так же еще существуют барабанные и роторные ветротурбины.

Главными достоинствами ветроустановок являются:

1. Экологичность – производство энергии посредством ветряков не способствует выбросов  $\text{CO}_2$  и других газов.
2. Эргономика – ветряки занимают мало место, их можно разместить на любой ландшафт.
3. Возобновляемость – энергия ветра неисчерпаемая, в отличие от ископаемого топлива.
4. Дешевизна – подключение к сети дороже для удаленных от сети мест, чем подключение к ВЭС.

Недостатки ветроустановок:

1. Нестабильность – заключается в негарантированности получения определенного количества энергии.

2. Не высокий выход энергии – ветровые генераторы значительно уступают дизельным генератором, они не эффективны в пиковых режимах работы.

3. Шум – производимые шумы ветряком могут причинять «беспокойство» как людям, так и животным, которые проживают поблизости.

Республика Казахстан имеет большой потенциал в развитии ветроэнергетики. На территории всей страны ветер достигает 5-6 м/с, что достаточно для успешной работы ВЭС.

По данным на 2022 год на территории РК расположено 4 ВЭС, это: Ерейментауская ВЭС (Акмолинская область), Кордайская ВЭС (Жамбылская область), ВЭС «К-1» (Жамбылская область), Бадамаша (Актюбинская область).

По данным Министерства индустрии и новых технологий Казахстана, ветроэнергетический потенциал страны оценивается в 920 млрд. кВт·ч электроэнергии ежегодно. Одним наиболее перспективных мест для строительства является Джунгарский коридор мощностью 17 млрд кВт·ч на квадратный метр. В таблице показаны потенциальные площадки для строительства ВЭС в соответствии с Программой развития электроэнергетики до 2030 года [2].

Таблица – Потенциальные площадки для строительства ветряных электростанций

Потенциальные площадки	Мощность, МВт
Джунгарская ВЭС	40
Шелекская ВЭС	140
Сарьюзекская ВЭС	140
Алакольская ВЭС	140
Каройская ВЭС	20
Шенгельдинская ВЭС	20
Курдайская ВЭС	20

Казахстану важно развиваться в области «экоэнергии», хотя наша страна и богата полезными ископаемыми, но, чтобы обеспечить дальнейшую жизнь в нашей стране, этого будет недостаточно. Развитие альтернативных источников энергии в Казахстане позволит стране обеспечить стабильную экономику и удовлетворить свой спрос на потребление энергии. К сожалению, несмотря на все достоинства ветроэнергетики, основным недостатком является нестабильность энергии. Этот недостаток можно компенсировать использованием комбинированных альтернативных источников энергии, например, энергию ветра, солнца и биоэнергетику.

#### Список литературы

1. Материал из Википедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/EuEJp> (дата обращения: 15.04.2022).
2. Потенциал ветровой энергии в Казахстане [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/ggQm3> (дата обращения: 15.04.2022).

**Береснев А.В., Богданов С.И.**

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
г. Волгоград

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ**

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – использованию солнечной энергии как основного источника питания потребителя. В работе дается общая характеристика способов преобразования солнечной энергии в другие виды энергии. Рассмотрены принципы работы солнечных панелей, приведены различные типы солнечных электроустановок.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, альтернативный источник, энергоэффективность.

В настоящее время на повестке дня стоит вопрос о развитии альтернативных способов получения энергии. Какими бы вечными не казались запасы топлива, но уже сейчас традиционные источники начинают постепенно иссякать и через какие-нибудь несколько десятков лет могут быть полностью исчерпаны.

Энергетика достаточно дорога и влияет на экономику многих стран. Это заставляет искать новые способы получения энергии. И одним из наиболее перспективных направлений является получение солнечной энергии. В последние годы так называемая «альтернативная энергетика» пользуется все большей популярностью.

Особое внимание уделяется использованию излучения солнца [1]. Учеными был создан элемент, который способен преобразовать световые лучи в электричество. Он был назван «солнечным фотоэлементом» или «солнечной батареей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Солнечная батарея

Принцип их работы – фотоэлектрический эффект, заключающийся в генерации тока под воздействием солнечных лучей в полупроводниковых материалах.

Полупроводники – вещества, состоящие из атомов, которые содержат избыточное количество электронов (*n*-тип), либо наоборот, испытывают дефицит

(*p*-тип). Области структуры *p*-элементов, в которых потенциально мог бы быть обнаружен электрон, получили название «дырок». Соответственно, фотоэлемент на основе полупроводников состоит из двух слоев с разными типами проводимости. На границе слоев возникает так называемая «зона *p-n* перехода», образовавшаяся за счет формирования объемных положительных зарядов в *n*-слое и отрицательных – в *p*-слое (рисунок 2).

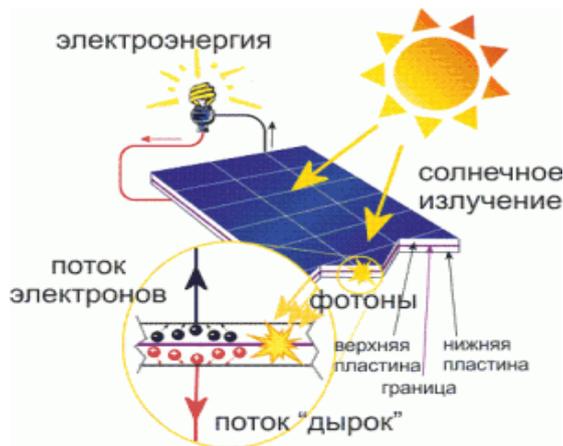


Рисунок 2 – Принцип работы солнечных панелей

В зоне перехода возникает некоторый энергетический барьер, вызванный разностью потенциалов зарядов, который препятствует проникновению основных носителей электрического заряда, но свободно пропускает неосновные, причем в противоположных направлениях. Под действием солнечного света часть фотонов поглощается поверхностью элемента и генерирует дополнительные «дырочно-электронные» пары. То есть электроны и дырки перемещаются из одного полупроводника в другой, передавая им дополнительный отрицательный или положительный заряд. При этом первоначальная разность потенциалов между *n*- и *p*-слоем снижается, а во внешней цепи генерируется электроток [2].

На рисунке 3 приведена принципиальная схема солнечной электростанции на основе солнечных батарей. СЭС состоит из *n*-ого количества солнечных модулей, а сам солнечный модуль получают из последовательного или параллельного соединения солнечных элементов [3].

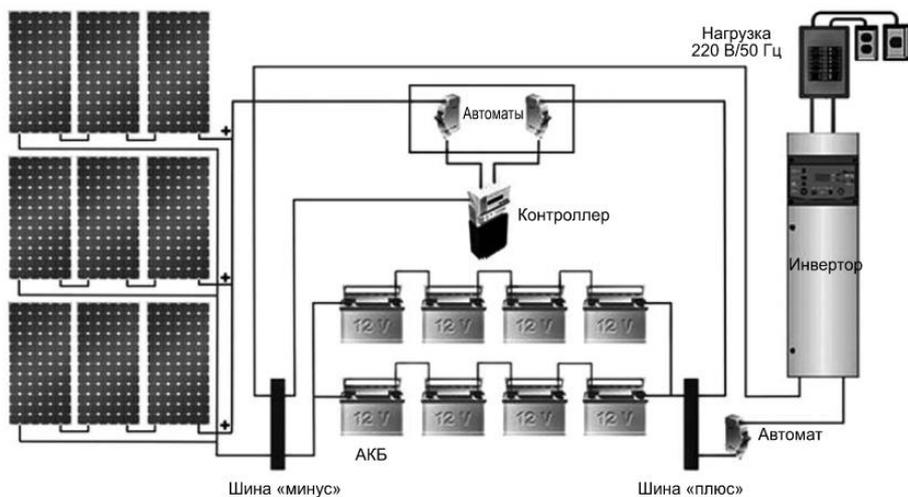


Рисунок 3 – Принципиальная схема солнечной электростанции на основе солнечных батарей

Данная автономная СЭС работает следующим образом:

1. Солнечный свет попадает на солнечные панели.
2. Фотоэлектрические элементы, на которые падает свет, превращают солнечную энергию в электрический ток.
3. Аккумуляторная батарея накапливает электричество, контроллер напряжения следит за надежностью входной сети, уровнем зарядки и перезарядки системы, инвертор обеспечивает трансформацию постоянного тока в переменный.
4. Если необходимо, то ток из аккумулятора подается к потребителю.
5. Как только АКБ практически полностью заполнена (обычно выставляют некоторое программное ограничение для продления срока службы АКБ), аккумуляция электричества прекращается. Когда потребитель забирает часть электричества, опять включается «зарядка».

Существуют и другие виды СЭС: гибридные и сетевые. В сетевых отсутствуют аккумуляторные батареи, ток сразу направляется в сеть. Гибридные могут работать сразу в двух режимах, что очень удобно.

Развитие возобновляемых источников энергии играет ключевую роль в энергоэффективности. Энергоэффективность – это рациональное использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве [4].

Плюсы для экологии – сокращение выброса парниковых газов в атмосферу, для населения – это уменьшение коммунальных расходов, для страны – экономия ресурсов, увеличение производительности и конкурентоспособности промышленности.

Развитие солнечной энергетики является одним из главных приоритетов всего мира. Следуя прогнозам, к 2050 году будет преобладать на рынке энергетических экологически чистых технологий и сможет обеспечить электроэнергией нуждающуюся часть населения. По мнению Международного энергетического агентства, постепенно наращивая мощность, солнечная энергетика сможет подняться с 3% мировой электроэнергии до 25% к 2050 году сильно сократив выбросы углекислого газа.

#### Список литературы

1. Усков, А.Е. Перспективы фотоэнергетики в России / А.Е. Усков // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК»: Материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «ЦеСАин», – 2016. С. 242-243.
2. Как работают солнечные батареи и их виды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://solarb.ru/kak-rabotayut-solnechnye-batarei-i-ih-vidy> (дата обращения: 20.04.2022).
3. Земсков, В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК : учебное пособие / В.И. Земсков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 368 с. Электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211574> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Энергоэффективность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uranspb.ru/energoeffektivnost> (дата обращения: 20.04.2022).

**Благов А.И., Левин М.А.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **КАСКАДНАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

**Аннотация.** В статье рассматривается система оросительной установки, а также схема насосной станции для улучшения урожайности полей.

**Ключевые слова:** полив, электроэнергия, насосы, почва.

Полив – один из наиважнейших факторов, влияющих на рост и здоровье растений. Ведь именно в процессе полива они получают необходимые для жизнедеятельности питательные вещества. Вода принимает участие в фотосинтезе и других метаболических процессах растения.

Недостаток влаги, как и ее избыток, могут привести к гибели живого организма. Поэтому очень важно правильно подойти к вопросу полива и подобрать подходящий метод.

В сельскохозяйственной промышленности выделяют четыре способа полива:

- дождевальным;
- капельным;
- комбинированным (это сочетание первых двух методов);
- аэрозольное орошение и туманно образование.

*Дождевальным полив (дождевание)* – это способ полива растительных культур, при котором вода разбрызгивается в виде дождя над почвенным покровом.

Преимущество этого метода в том, что он позволяет смыть пыль с растений, усиливая, таким образом, их дыхание, ассимиляцию углерода, развитие и накопление органического вещества.

*Система капельного полива* – это пропитывание грунта небольшими порциями (каплями). С его помощью цветок вытягивает жидкость корнями. При этом он потребляет столько влаги, сколько ему необходимо.

*Аэрозольное орошение* частично напоминает дождевание. Отличие между ними только в характере жидкости – она мелкодисперсная. Это позволяет сокращать расходы воды практически до минимума.

Получается, что растения не поливаются, а увлажняются, отчищаясь при этом от пыли. Влага к корням практически не попадает. В результате, процесс фотосинтеза возрастает за счёт улучшения проникновения световых потоков в клетки с хлорофиллом.

*Норма полива* – количество воды, подаваемое за один полив, зависит от водно-физических свойств почвы, глубины и уровня увлажнения почвы. Норму полива можно определить по формуле А.Н. Костякова:

$$m = 100\gamma H B_0 - B \text{ или } m = \gamma H B_0 100 - b,$$

где  $m$  – норма полива, м<sup>3</sup>/га;  $\gamma$  – плотность сложения увлажняемого слоя почвы, т/м<sup>3</sup>;  $H$  – глубина увлажнения почвы, м;  $B_0$  – влажность почвы после полива (принято ППВ; НВ), % от массы сухой почвы;  $B$  – влажность почвы перед поливом, % от сухой почвы;  $b$  – влажность почвы, % от ППВ:  $b = 100 (B/B_0)$ .

Водопотребление сои и кукурузы определяли по методу водного баланса. Согласно А.Н. Костякову уравнение водного баланса расчетного слоя почвы для конечного промежутка времени имеет вид:

$$ET = \alpha P_t + dW + \sum_{i=1}^n m_{nt} \pm q$$

где  $ET$  – суммарное водопотребление, мм;  $P_t$  – атмосферные осадки, мм;  $\alpha$ -коэффициент использования осадков (принимается равным 1);  $dW$  – изменение влагозапасов в расчетном слое почвы за рассматриваемый период, мм;  $\sum_{i=1}^n m_{nt}$  – сумма поливных норм за расчетный период, мм;  $q$  – инфильтрационный поток через корнеобитаемый слой почвы, мм.

Как видно из приведенных уравнений, норма полива и соответственно и производительность зависит от поливаемой культуры и влажности почвы. Для работы оросительной системы необходимо интеллектуальное и адаптивное питание водой. Фактически насосная станция должна подстраивается под производительность системы, и, при этом сама быть экономически эффективной. Подобную компоновку мы предлагаем на рисунке 1.

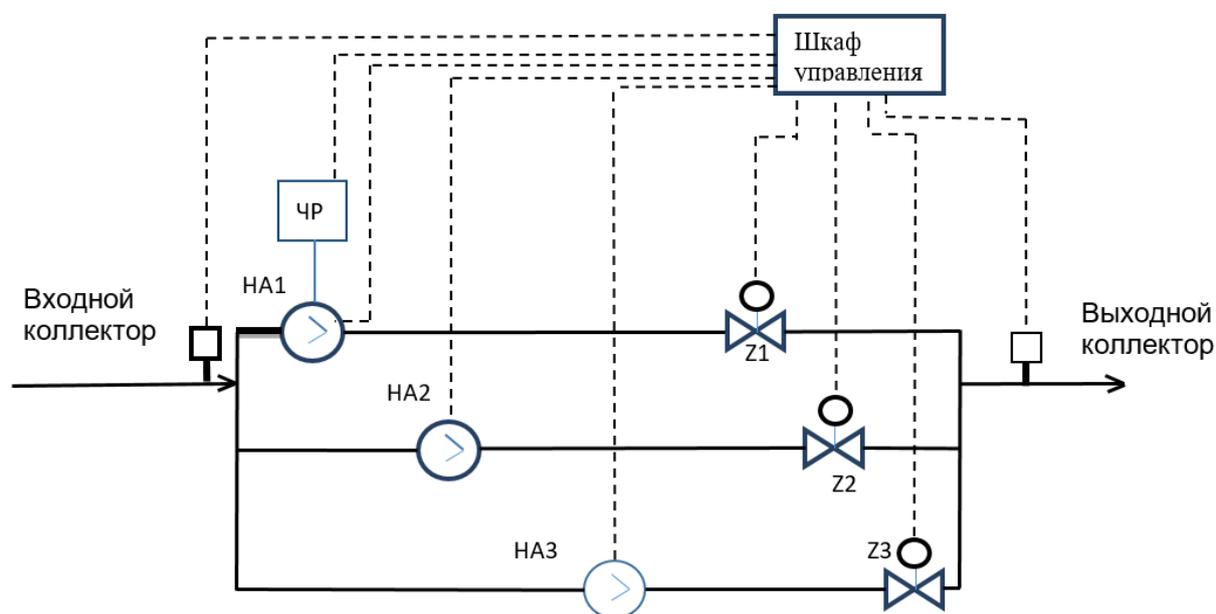


Рисунок 1 – Схема управления электродвигателями насосов:  
НА1...3 – насосы; Z1...3 – задвижки

Алгоритм работы схемы следующий: на первом этапе работы включается НА1, учитывающий эффективную работу как по КПД, так и по расходу электроэнергии в соответствии с действующим (мгновенным) расходом воды по параметру давления в системе водоснабжения. Как только давление достигнет оп-

тимального для прямого пуска электродвигателя, запускается НА2. Оптимальным будет считаться его загрузка по параметрам надежности и энергоэффективности.

Далее в случае увеличения водопотребления и снижения давления запускается дополнительно НА1, оснащенный частотным регулятором и доводит давление в сети до необходимого. Частотный привод в ряде режимов работы с неполной загрузкой обладает высокими энергетическими характеристиками по сравнению с традиционными электродвигателями прямого пуска. При дальнейшем снижении давления в водопроводной сети запускается НА3, а НА1 по необходимости лишь дополняет работу этих агрегатов, а также поддерживает нагрузку НА2 и НА3 на оптимальном уровне.

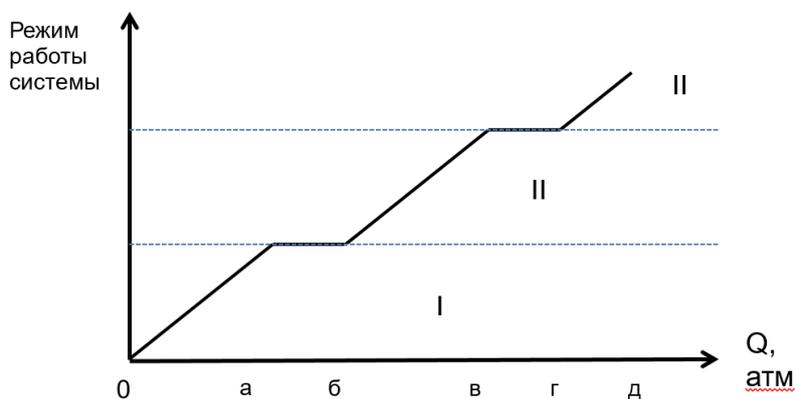


Рисунок 2 – Режимы работы насосов

В данном случае от 0 до точки «а» работает АД с ЧР, от «а» до «б» 1 АД с прямым пуском. Соответственно граница зоны 1 должно соответствовать его оптимальной нагрузке, т.е.  $\beta = 0,82$  о.е. Именно эту точку мы и будем учитывать при определении потерь на АД в системе с учетом рекомендуемой по критерию надежности оптимальной нагрузки. Данные для расчета по режимам примем из предыдущего материала с учетом увеличения напора в сети.

На рисунке 3 представлена блок-схема подключения контроллера ОВЕН ПР100 для разработанной насосной станции оросительной установки.

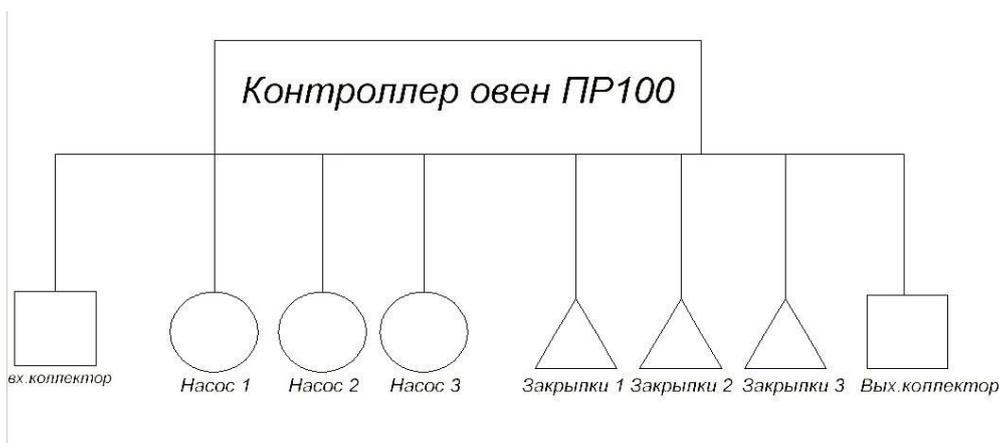


Рисунок 3 – Блок-схема подключения контроллера ОВЕН

Предлагаемый контроллер ОВЕН ПР 100 полностью отвечает требованиям системы, представленной на рисунке 1.

Приведенный алгоритм работы удовлетворяет технологическим требованиям оросительных систем и поддерживает экономически целесообразные режимы работы приводов насосов, при этом стоимость насосной станции будет минимальна. Количество параллельных веток в данном случае может увеличиваться при увеличении потребления.

#### Список литературы

1. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева // Научное обозрение. – № 8, 2015. – С. 111-113.
2. Тимахова, Н.С. Насосные и воздухоудувные станции / Н.С. Тимахова, В.А. Комков // М.: Инфра-М, 2009. – С. 253.
3. Способы полива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/1036-sposoby-poliva#:~:text=Именно%20она%2C%20а%20также%20ее,играет%20также%20влажность%20окружающего%20воздуха>. (дата обращения: 20.04.2022 г).
4. Милешин, М.С. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики». – 2020. – С. 135-138.

УДК 621.315.1

***Большин Р.Г., Ефимов М.А., Стахов Е.Н., Пискарева А.В.***

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

### **ДОСТОИНСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КЛАССА IE3**

**Аннотация.** Приводится сравнение по активным потерям характеристик стандартного электродвигателя серии IE и энергоэффективного серии IE3, которые используются, как правило, как общепромышленные двигатели. Проводится расчет годовых потерь тепла стандартного и энергоэффективного электродвигателей, из которого видно, что при использовании энергоэффективных электродвигателей годовые потери тепла уменьшаются на 20%.

**Ключевые слова:** энергоэффективные асинхронные электродвигатели, потери энергии, годовые потери тепла.

В настоящее время вопросам энергоэффективности уделяется особое внимание [1, 2, 3]. Это связано с неуклонным ростом стоимости электроэнергии и энергоносителей. Поэтому учеными проводится много исследований и предложений по энергоэффективному использованию электроэнергии и энергоносителей [4, 5, 6]. Рассматриваемые энергоэффективные электродвигатели также обладают более высокой надежностью при эксплуатации и на их основе можно разработать рациональные, надежные и энергосберегающие электромеханические системы с применением сквозных цифровых технологий [7, 8, 9, 10].

*Целью работы* является сравнение характеристик энергоэффективных электродвигателей серии 4А и энергоэффективного электродвигателя серии IE3.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать характеристики и провести расчет годовых потерь энергоэффективного электродвигателя серии IE3.

2. Исследовать характеристики и провести расчет годовых потерь стандартного электродвигателя серии IE1.

3. Сравнить потери стандартного электродвигателя серии IE1 с энергоэффективным электродвигателем серии IE3 [1, 3].

Под энергоэффективностью понимается рациональное использование энергетических ресурсов, с помощью которого достигается уменьшение потребления энергии при том же уровне нагрузочной мощности [11, 12]. Достичь такого результата можно, применяя сквозные цифровые технологии, базирующиеся на применении автоматизированных smart систем, а также технологии интернет вещей, BigData, нейросети и искусственный интеллект [13, 14, 15]. На рисунке 1 приведены примеры изменения активной мощности по классификации в соответствии с *Международным стандартом энергоэффективности электродвигателей* IEC 60034-30 [16]. Этот стандарт классифицирует низковольтные асинхронные электродвигатели и унифицирует требования к их энергетической эффективности.

Стандарт IEC 60034-30 2008 определяет три международных класса энергоэффективности: IE1 – стандартный класс (Standard Efficiency) примерно эквивалентен европейскому классу EFF2; IE2 – высокий класс (High Efficiency) примерно эквивалентен классу EFF1 и классу EРАct в США для 60 Гц; IE3 – премиум идентичен классу NEMA Premium для 60 Гц.

Стандарт распространяется почти на все промышленные трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Исключение составляют двигатели: работающие от частотного преобразователя; встроенные в конструкцию оборудования (например, в насосный агрегат или вентилятор), когда невозможно провести независимое испытание.

Стандарт IEC/EN 60034-2-1-2007 определяет энергоэффективность, основываясь на показателях потерь мощности и КПД. На рисунке 1 приведены графики изменения КПД от мощности двигателей.

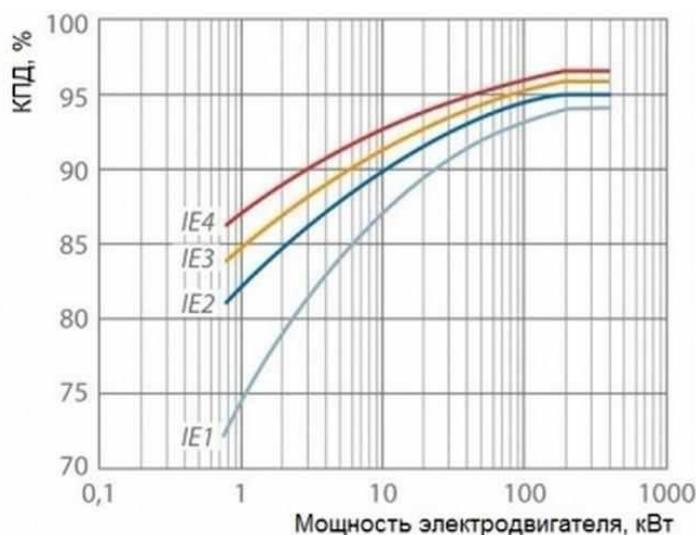


Рисунок 1 – Классовые мощности [16, 17, 18]: IE1 стандартный класс; IE2 высокий класс; IE3 сверхвысокий класс; IE4 максимально высокий класс

В таблице 1 показано сравнение некоторых технических характеристик электродвигателей M2BAX 160MLC-2, класса IE3 и AIP160M2, класса IE1 одинаковой мощности.

Таблица 1 – Сравнение энергоэффективного и стандартного электродвигателя [16, 17, 18]

Двигатель	Тип двигателя	$P$ , кВт	Номинальная скорость, об/мин	$\cos \varphi$	КПД
Энергоэффективный электродвигатель IE3	M2BAX 160MLC 2	18,5	2949	0,9	92,4
Стандартный электродвигатель серии IE1	AIP160M2	18,5	2930	0,9	90

Из таблицы 1 видно, что энергоэффективный электродвигатель IE3 имеет КПД выше, чем у стандартного двигателя. Из стандарта [16] следует, что более высокое значение КПД уменьшает потери и потребление электроэнергии электродвигателя и повышает его энергоэффективность. Проверим это утверждение по методике [16].

Расчеты энергоэффективного электродвигателя IE3:

Активная мощность, потребляемая из сети, рассчитывается по формуле [16]:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{18,5}{0,92} = 20,1 \text{ кВт.}$$

Тогда суммарные потери равны:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 20,1 - 18,5 = 1,6 \text{ кВт,}$$

что соответствует тепловым потерям  $Q_{IE3} = 1375,75$  ккал/ч.

Здесь  $P_2$  – полезная мощность на валу электродвигателя;  $P_1$  – активная мощность, потребляемая электродвигателем из сети;  $\Delta P$  – суммарные потери, возникающие в электродвигателе.

Расчеты стандартного электродвигателя IE1:

Активная мощность, потребляемая из сети:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{18,5}{0,90} = 20,5 \text{ кВт.}$$

Суммарные потери:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 20,5 - 18,5 = 2 \text{ кВт,}$$

что соответствует тепловым потерям  $Q_{IE1} = 1719,69$  ккал/ч.

Если предположить, что этот двигатель работал 8 часов в сутки, 24 дня в месяц, в течение года, что составляет 2304 часов в год, то количество энергии, теряемое и выделяемое в виде тепла за 1 год:

– для стандартного электродвигателя, класса IE1:

$$Q_{IE1} = Q \cdot 2304 \text{ ч} = 3962165,76 \text{ ккал, примем это за } 100\%;$$

– для энергоэффективного электродвигателя, класса IE3:

$$Q_{IE3} = Q \cdot 2304 \text{ ч} = 3169728 \text{ ккал, что составляет } 79,9\%.$$

Сравним потери энергоэффективного электродвигателя M2BAX 160MLC-2, класса IE3 и стандартного электродвигателя AIP160M2, класса IE1:

$$Q_{IE1} - Q_{IE3} = 3962165,76 - 3169728 = 792437,76 \text{ ккал.}$$

Таким образом, мы видим, что энергоэффективный электродвигатель IE3 имеет потери мощности, в том числе и тепловые, меньше, чем у стандартного на 20%, что доказывает перспективность его использования.

### Список литературы

1. Ovchukova, S. Digital technologies for the implementation of intelligent diagnostics of the insulation of power supply systems with insulated neutral in operating mode / S. Ovchukova, N.P. Kondrateva, A.A Shishov // *Advances of Machine Learning in Clean Energy and the Transportation Industry*. Сер. "Computer Science, Technology and Applications" New York, 2021. – С. 49-56.
2. Kondrateva N. Electricity price category and photoperiod of lighting systems affect the efficiency of vertical farms / N Kondrateva, S Ovchukova D Filatov. // *Материалы Международной научно-практической конференции*. Чебоксары, 2021. – С. 60.
3. Kondrateva, N. Effect of irradiation on the growth and rooting of a climbing rose in vitro / N Kondrateva, R Bolshin, M Krasnolutsкая, A Baturin, K Baturina, N Dukhtanova, N Kirillin, S Ovchucova, P Zaitsev, E Somova, M Markova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021", 2021. – С. 012007.
4. Kondrateva, N. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / N Kondrateva, R Bolshin, M Krasnolutsкая, A Shishov, D Filatov, S Ovchukova, G Mikheev // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021", 2021. – С. 012004.
5. Кондратьева, Н.П. Риск-ориентированный подход для ранжирования объектов электроэнергетики и территорий по уровню опасности в агропромышленном комплексе / Н.П Кондратьева, А.В Радикова, В.К Ваштиев, А.А Шишов // *Современные подходы к развитию агропромышленного, химического и лесного комплексов. Проблемы, тенденции, перспективы*. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Великий Новгород, 2021. – С. 413-418.
6. Кондратьева, Н.П. Концепт автоматизированной системы управления для повышения энергоэффективности электрооборудования на предприятиях АПК / Н.П Кондратьева, В.К Ваштиев, А.В Радикова // *Доклады ТСХА*. – 2021. – С. 20-22.
7. Ерошенко, Г.П. Основы технической эксплуатации электрического и электромеханического оборудования / Г.П Ерошенко, Н.П Кондратьева, С.М Бакиров // 2022. Сер. Высшее образование: Бакалавриат (изд. 2-е).
8. Кондратьева, Н.П. Электромеханические системы / Кондратьева Н.П. // *Учебное пособие по дисциплине «Электромеханические системы» для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника» (квалификация магистр)* / Ижевск, 2021.
9. Сторчевой, В.Ф. Электрические машины, электропривод, автоматизация машин и оборудования природообустройства/ В.Ф. Сторчевой, С.В Сучугов, П.М. Уманский // *Учебное пособие*. ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. – 166 с.
10. Кондратьева, Н.П. Анализ устройств для выявления нарушений изоляции / Н.П Кондратьева, А.А Шишов // *Доклады ТСХА*. – 2021. – С. 37-39.
11. Кондратьева, Н.П. Анализ эффективного цифрового управления электротехнологическими установками для экономии электроэнергии / Н.П Кондратьева, Р.Г Большин, М.Г Краснолуцкая, А.И. Батурина, К.А Батурина, Радикова А.В., В.К Ваштиев // *Евразийское Научное Объединение*, 2021. – № 12-1 (82). – С. 82-85.
12. Кондратьева, Н.П. Влияние энергосберегающего режима облучения на растения земляники in vitro / Н.П Кондратьева, Р.Г Большин, М.Г Краснолуцкая, К.А Батурина // *Агротехника и энергообеспечение*. – 2021. – № 4 (33). – С. 69-74.

13. Kondrateva, N. Digital technologies for monitoring and implementation of smart diagnostics of the isolation of power supply systems with isolated neutral in the operating mode / N.P Kondratieva, A.A Shishov, R.G Bolshin, M.G Krasnolutskaaya // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 75-2. – С. 109-112.
14. Филатов, Д.А. Способ снижения энергоемкости светодиодной системы облучения (освещения) растений / Д.А. Филатов, Н.П Кондратьева, Р.Г Большин, Батулин А.И., Р.И Корепанов, И.Р Ильясов, Д.В. Бузмаков // Патент на изобретение 2725486 С1, 02.07.2020. Заявка № 2019117195 от 03.06.2019.
15. Kondrateva, N. Study of operating modes of a controllable lighting system consisting of a triac dimmer and a led light source with a controllable driver / N.P. Kondratieva, D.A Filatov, P.V Terentiev // Light & Engineering. – 2020. – Т. 28, № 4. – С. 84-90.
16. Стандарты энергоэффективности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tehprivod.su/poleznaya-informatsiya/standarty-energoeffektivnosti-elektrovdigately.html> (дата обращения: 04.02.2022).
17. ЭЛЕКТРО-ПРОФИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/18\\_vzriv\\_n.pdf](http://www.ep.ru/product/katalogs/ABB/18_vzriv_n.pdf) (дата обращения: 04.04.2022 г).
18. Низковольтные электродвигатели промышленного назначения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.com-sol.ru/katalog/elektrovdigately/abb/nizkovoltnye-elektrovdigately\\_abb\\_promyshlennogo\\_naznacheniya.html](https://www.com-sol.ru/katalog/elektrovdigately/abb/nizkovoltnye-elektrovdigately_abb_promyshlennogo_naznacheniya.html) (дата обращения: 04.04.2022 г).

УДК 621.311

**Верзилин А.А.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ПРИ ПРЯМОМ ПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ИСТОЧНИКА СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ**

**Аннотация.** Рассмотрены факторы нарушения устойчивости системы, обусловленные особенностью пусковых режимов электродвигателей и очередностью включения в работу.

**Ключевые слова:** источник соизмеримой мощности, автономное электроснабжение, электрогенераторная установка, асинхронный электродвигатель, падение напряжения, устойчивость системы.

Электроснабжение технологических процессов от электрогенераторных установок (ЭГУ) в сельском хозяйстве носит не новый характер. Широкое применение ЭГУ получили в мелиоративной системе: насосные и дождевальные машины с электроприводом колес; в процессе переработки зерновых культур: зернопогрузчики; зерноочистительные комплексы, зерносушилки, и т.д.

Рассматривая возможность электроснабжения технологических процессов от ЭГУ, следует особое внимание уделить устойчивости работы такой системы [1-4].

В автономных системах с источником питания ЭГУ у которых мощности отдельных нагрузок соизмеримы с мощностью системы, устойчивость может нарушаться и при выполнении операций текущей эксплуатации. Одной из та-

ких ситуаций является прямой пуск короткозамкнутых асинхронных двигателей, обычно составляющих основную часть нагрузки в технологическом оборудовании.

Пуск электродвигателя характеризуется большим потреблением тока, в 5-10 раз превышающий номинальное значение. В результате возникает резкое снижение напряжения, реактивная мощность, потребляемая электродвигателями, возрастает и вызывает дальнейшее понижение напряжения, что может привести к остановке работающих электродвигателей и невозможности пуска последующих [2, 4].

Поэтому в системах, в которых мощность отдельных нагрузок соизмерима с мощностью системы, устойчивость должна проверяться по условиям пуска короткозамкнутых электродвигателей.

При пуске асинхронного электродвигателя (ЭД) от ЭГУ соизмеримой мощности в первый момент времени напряжение на шинах генератора резко снижается от начального значения  $U_{нач}$  до минимального  $U_{мин}$  вследствие падения напряжения в переходном реактивном сопротивлении генератора и в случае успешного пуска должно возрасти от минимального до установившегося значения  $U_{уст}$  [2].

Для устойчивой работы в пусковом и установившемся режиме асинхронных электродвигателей, питающихся от ЭГУ соизмеримой мощности необходимо выполнение условия монотонно возрастающей функции  $U^* = f(t)$  на отрезке от нуля до времени окончания пуска  $(0, t_{пуск})$ .

Функция  $U = f(t)$  с учетом применения АРВ и регулятора скорости вращения первичного двигателя выражается экспонентой [2]:

$$U^*(t) = (1 - \Omega_{max}) + \left[ U_0^* - (1 - \Omega_{max}) + \frac{K_0' \Omega_{max} T_\psi}{K_0 T_{d0} - K_0' T_\psi} \right] e^{\frac{-t}{T_{d0} \frac{K_0}{K_0'}}} - \frac{K_0' \Omega_{max} T_\psi}{K_0 T_{d0} - K_0' T_\psi} e^{\frac{-t}{T_\psi}}, \quad (1)$$

где  $\Omega_{max}$  – максимальное отклонение угловой скорости агрегата генератора и двигателя;  $U_0^*$  – начальное значение напряжения в относительных единицах;  $K_0'$  – коэффициент сопротивления цепи;  $T_\psi$  – постоянная времени первичного двигателя с учетом регулирования;  $T_{d0}$  – переходная постоянная времени.

Рассмотрим условие устойчивости электродвигателей на примере работы передвижного зерноочистительного комплекса ПЗК-30 от ЭГУ мощностью 31 кВА с первичным дизельным двигателем.

Основной нагрузкой узла являются асинхронные электродвигатели, параметры которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электродвигателей

Тип	$P_n$ , кВт	$n$ , об/мин	$\eta$ , %	$\cos\varphi$	$m_{max}$	$m_{пуск}$	$k_d$	$I_n$
АИР 112МВ6	4	1000	82,0	0,81	2,2	2,0	6	9
9АИР112МА6	3	1000	78,8	0,76	2,2	2,1	6	7,6
АИР 112МВ6	4	1000	82,0	0,81	2,2	2,0	6	9
9АИР100L4	4	1500	80,2	0,81	2,3	2,3	7	9,3

Технические характеристики ЭГУ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики синхронного генератора

$S_{Г\text{ ном}}$ , кВА	$P_{Г\text{ ном}}$ , кВт	$I_n$ , А	$\cos\varphi$	$\eta_{Г}$	$x_d$	$x_q$	$x'_d$	$R_{ст}$ , Ом	$GD_{Г}^2$ , кГм <sup>2</sup>	$T_{к}$ , с.	$\alpha_0$ , рад.	$K_0$	$\tau$
31	25	45	0,8	0,8	1,9	0,9	0,1	0,02	2,4	0,02	0,43	0,02	0,18

Определение изменения напряжения  $U^*(t)$  при прямом пуске двигателей с полученными значениями коэффициента нагрузки, набрасываемой на агрегат:

$$K_{\lambda} = \frac{U_{\text{ном}}^2 \cos\varphi_{ан} P_{Г}}{z_{н\Sigma} \cos\varphi_{Г} P_{п.д.}}, \quad (2)$$

где  $\cos\varphi_{ан}$  – коэффициент мощности набрасываемой нагрузки с учетом активного сопротивления обмотки статора генератора.

Напряжение генератора в момент включения электродвигателя будет равно:

$$U_0^* = \frac{x_{q\Sigma} \varepsilon'_g}{(x_{q\Sigma} + x'_d)}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon'_g = 1$  – на холостом ходу;  $x_{q\Sigma}$  – сопротивление нагрузки;  $x'_d$  – сопротивление генератора.

Максимальное отклонение угловой скорости:

$$\Omega_{\text{макс}} = \rho K_{\lambda} K_{\delta} \left[ e^{-\frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{\pi}{2} - \psi + \psi_0 \right)} \sin\psi_0 + \cos\psi \right]. \quad (4)$$

Таким образом при заданных параметрах ЭГУ для первого запускаемого электродвигателя коэффициент набрасывания нагрузки составит  $K_{\lambda 1} = 0,49$ , а функция (1) обращается в экспоненту вида:

$$U^* = 0,98 - 0,08e^{-2t} - 0,001e^{-52t}$$

Функция монотонно возрастающая, это подтверждается тем, что первая производная не обращается в ноль, следовательно, условие устойчивости соблюдается.

На рисунке 1 приведено изменение напряжения в относительных единицах при запуске первого и последнего электродвигателя от ЭГУ.

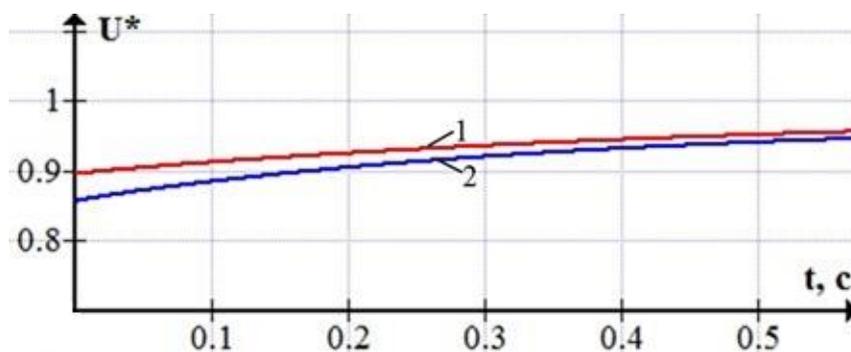


Рисунок 1 – Изменение напряжения за период пуска электродвигателей:  
1 – первый запускаемый ЭД; 2 – последний запускаемый ЭД

Таким образом, проверка на устойчивость системы электроснабжения включает выявление возможности восстановления напряжения при запуске электродвигателей и позволяет определять работоспособность системы, при запуске каждого последующего электродвигателя.

#### Список литературы

1. Khorol'skii, V.Y. Choice of the Method of Probabilistic Modeling of Statistical Dynamics of Autonomous Power Supply Systems / V.Y. Khorol'skii, I.V. Atanov, M.A. Mastepanenko, I.K. Sharipov // Russian Electrical Engineering. 2018. – Т. 89, № 7. – С. 425-427.
2. Попов, И.Н. Обоснование мощности генерирующей установки автономного источника по структуре электрической нагрузки потребителя / И.Н. Попов, С.Ю. Рыхлов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2014. – № 3(76). – С. 80-82.
3. Веников, В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах / В.А. Веников // М.: Высш. шк., – 1985. – 536 с.
4. Глухарев, В.А. Определение мощности генератора источника электроснабжения в локальной энергетической системе / В.А. Глухарев, И.Н. Попов, А.А. Верзилин, М.В. Шляпников // Энергетик. – 2019. – № 2. – С. 16-18.
5. Электроагрегаты генераторные переменного тока с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Применение, технические характеристики и параметры: ГОСТ Р ИСО 8528-1-2005. – Введ. 2007-01-01. М.: Стандартиформ, – 2006. I. – 16 с.

УДК 621.311

**Внуков Е.В., Левин М.А.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г Саратов

### ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПЕРЕПЕЛИНОЙ ФЕРМЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность применения возобновляемых источников энергии при выращивании перепелов. Проведен расчет комплекта системы, даны срок окупаемости и рентабельность проекта.

**Ключевые слова:** перепелиная ферма, солнечная панель, эффективность, технологический процесс, мощность электроприемников.

Современное развитие производства сельскохозяйственной продукции несомненно связано с применением актуальных и своевременно применяемых технологических решений снижения себестоимости выпускаемой продукции. На конечную эффективность производства влияет себестоимость выпускаемой продукции и её качество.

Структура стоимости продукции птицеводства, которую мы видим на торговых площадках приведена на рисунке 1.

Как видно из структуры, более 50 процентов стоимости приходится на корма и энергоресурсы. Стоимость накрутки торговых сетей, заработной платы и т.д. чаще всего не в компетенции сельхоз товаропроизводителя. Снижение

себестоимости достигается за счет сокращения затрат на обслуживание основных средств и энергоресурсов.

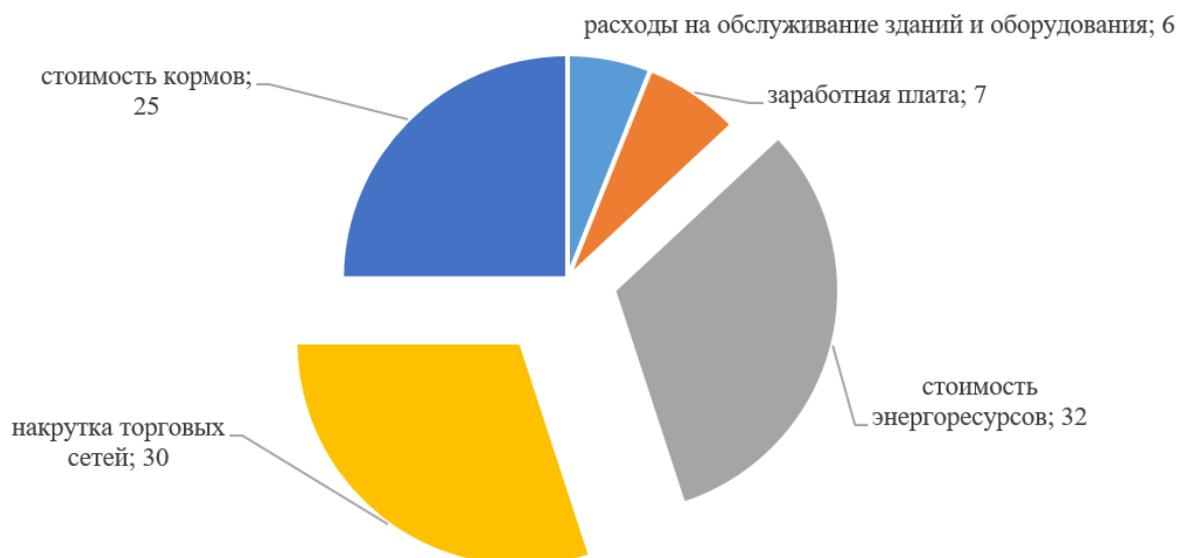


Рисунок 1 – Структура стоимости продукции птицеводства, %

Как видно из структуры, более 50 процентов стоимости приходится на корма и энергоресурсы. Стоимость накрутки торговых сетей, заработной платы и т.д. чаще всего не в компетенции сельхоз товаропроизводителя. Снижение себестоимости достигается за счет сокращения затрат на обслуживание основных средств и энергоресурсов.

Основными энергоресурсами являются природный газ, топливо и электроэнергия. Для птицеводства наиболее актуальными будут природный газ и электроэнергия. Они используются в основных технологических процессах выращивания птицы. Рассмотрим вариант снижения затрат при выращивании перепелов за счет применения энергии солнца.

Основными электрифицированными процессами является освещение, раздача кормов и уборка помета, вентиляция и водоснабжение.

Освещение в среднем работает не менее 17 часов при норме 40-50 лк. Мощность системы освещения зависит от площади помещения и технологии выращивания, для примера возьмем поголовье в 30000 птиц, площадь в данном случае будет 500 м<sup>2</sup>. При использовании светодиодных ламп Rakurs 700 Lm в количестве 44 шт.,  $P_n = 6$  Вт, суммарная мощность составит 0,3 кВт. Аналогичный расчет проведем для других систем, результат сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Основные технологические операции в птичнике

№ п/п	Технологический процесс	Время работы в сутки, ч	Рабочее напряжение, В	Установленная мощность, кВт	Потребление в сутки, кВт·ч
1	Освещение	17	48	0,3	5,1
2	Навозоудаление	0,2	48	15,0	3
3	Кормление	0,3	48	7,0	2,1
4	Вентиляция	24	48	0,11	2,64
5	Водоснабжение	2	48	0,3	0,6

Суммарная мощность в 13,4 кВт потребления в сутки рассчитана для взрослого поголовья возрастом от 30 дней. Рабочее напряжение подобрано изначально под фотоэлектрическую панель.

Расчет мощности солнечных панелей проведем по формуле:

$$P_{\text{СП}} = \frac{E_{\text{П}} * k * P_{\text{ИНС}}}{E_{\text{ИНС}}} \quad (1)$$

где  $E_{\text{П}}$  – потребляемая энергия, Вт·ч в сутки;  $k$  – коэффициент потерь на заряд-разряд аккумуляторов, преобразование постоянного напряжения в переменное, обычно принимают равным 1,2-1,4.

Расчета вырабатываемой энергии солнечными батареями:

$$E_{\text{В}} = \frac{E_{\text{ИНС}} * P_{\text{СП}}}{P_{\text{ИНС}} * k} \quad (2)$$

где  $P_{\text{СП}}$  – мощность солнечных панелей, Вт;  $E_{\text{В}}$  – вырабатываемая энергия солнечными панелями, Вт·ч в сутки;  $E_{\text{ИНС}}$  – среднемесячная инсоляция (из таблицы) кВт·ч/м<sup>2</sup>/день;  $P_{\text{ИНС}}$  – мощность инсоляции на земной поверхности на одном квадратном метре (1000 Вт/м<sup>2</sup>).

Для нашего производственного процесса понадобится 11 солнечных панелей марки 500PERC по 500 Вт каждая. С учетом контроллера заряда и аккумуляторов на 10 кВт для работы вентиляции в ночное время стоимость планируемой системы электроснабжения не превысит 800 тыс. руб, срок окупаемости при положительной динамике рост цен на электроэнергию составит около 7 лет. Рискованным периодом электроснабжения останется ноябрь-декабрь из-за снижения солнечной инсоляции в данный период. На эти месяцы при невозможности построить технологическую паузу необходимо центральное электроснабжение или использование дизельгенератора, что увеличивает капитальные затраты.

Преимуществом предлагаемой системы является возможность напрямую от солнечных панелей без инвертора обеспечивать электроэнергией электроприемники технологического процесса и обеспечить рентабельность капиталовложений на уровне 18%.

#### Список литературы

1. Котков, Р.О. Применение возобновляемых источников питания электротехнических процессов в АПК малой мощности / Р.О. Котков, М.А. Левин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 110-112.
2. Маркин, И.М. Применение современных энергосберегающих систем управления уличным освещением / И.М. Маркин, М.А. Левин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы VIII международной научно-практической конференции. Саратов, 2017. – С. 171-174.
3. Трушкин, В.А. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах АПК / В.А. Трушкин, М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – №45, 2019. – С.72-75.
4. Трушкин, В.А. Исследование потенциала энергии ветра в арочных проемах зданий и сооружений / В.А. Трушкин, М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, Р.С. Подшивалов // Аграрный научный журнал. – № 8, 2015. – С. 58-60.

5. Левин, М.А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина // Техника и оборудование для села. – №3, 2017. – С. 44-45.
6. Милешин, М.С. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики». Саратов, 2020. – С. 135-138.

УДК 621.313

*Волгин А.В., Дубровин С.А., Балашов Д.А., Клопцов Д.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **ИМПУЛЬСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФОРСИРОВАННЫМ АККУМУЛИРОВАНИЕМ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ**

**Аннотация.** В настоящей статье предложена конструкция линейного электромагнитного двигателя с автономным устройством удержания, обеспечивающая повышение удельных энергетических показателей машины.

**Ключевые слова:** линейные электромагнитные двигатели, устройство удержания, аккумулялирование магнитной энергии.

Эффективным средством повышения удельных энергетических показателей ударных машин с ЛЭМД служит интенсификация процессов аккумулялирования энергии в накопительных элементах при неподвижном (например, индуктивностях) и движущемся (в машинах с непрерывными срабатываниями) якоре [1].

Для интенсификации аккумулялирования при неподвижном якоре двигатель оснащается контактными или бесконтактными устройствами для его подгрузки (удержания) – механическими защелками, удерживающими электромагнитами или дополнительными зубцовыми зонами полюсов статора и якоря и др. [1, 2].

Указанные устройства могут быть выполнены конструктивно как автономными, так и интегрированными с ЛЭМД. В зависимости от степени интеграции объединяются магнитопроводы, источники магнитодвижущих сил (МДС). Это позволяет использовать устройства удержания не только на этапе трогания, но и при движении якоря [1, 2].

По этому принципу выполнен ЛЭМД, показанный на рисунке 1. Двигатель (рисунок 1, а) содержит общий с устройством нагружения магнитопровод 1 с размещенной внутри обмоткой возбуждения 2 и комбинированным якорем 3, выполненным в форме цилиндра с плоской дисковой частью и возвратную пружину 4. Двигатель также содержит примыкающее к магнитопроводу со стороны дисковой части якоря удерживающее устройство 5, представляющее электромагнит или постоянный магнит. Удержание якоря 1 обеспечивается за счет

взаимного магнитного притяжения внешней дисковой части якоря 3 и электромагнита 5, расположенного внутри магнитопровода 1. Электромагнит и магнитопровод жестко связаны между собой таким образом, что любое изменение координаты положения якоря не изменяет первоначальное положение удерживающего устройства.

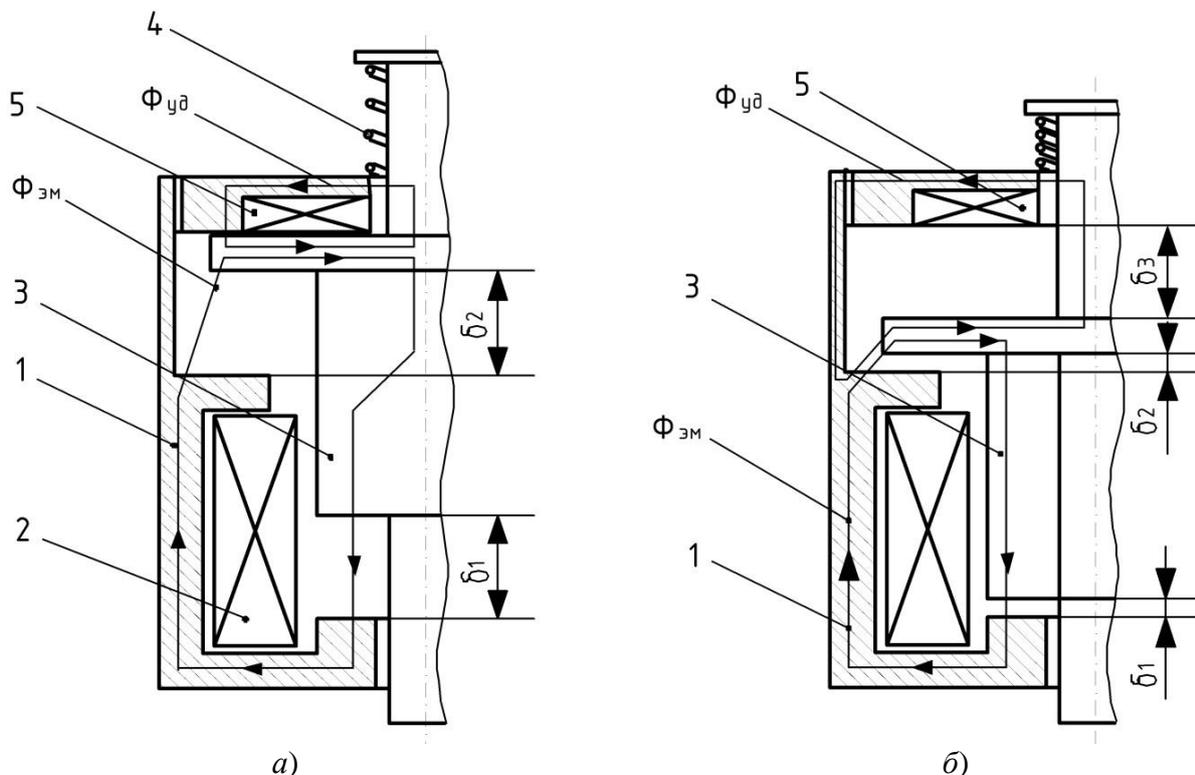


Рисунок 1 – ЛЭМД с автономным устройством удержания

В исходном положении (рисунок 1, а) якорь удерживается усилием, обеспечиваемым магнитным потоком  $\Phi_{уд}$ , создаваемым электромагнитом 5. При подаче импульса тока на обмотку возбуждения 2 в магнитной цепи двигателя возникает магнитный поток  $\Phi_{эм}$ , под действием которого в рабочих воздушных зазорах  $\delta_1$  и  $\delta_2$  создается соответствующее усилие, действующее на якорь и равное  $F_{эм} = F_{\delta_1} + F_{\delta_2}$ . Начиная с момента времени, когда  $F_{эм} - F_{уд} > 0$ , происходит отрыв якоря от устройства удержания. Поскольку усилие удержания  $F_{уд}$  резко уменьшается по координате, происходит ускоренное перемещение якоря в сторону уменьшения рабочих зазоров. При подходе дисковой части якоря 3 к торцевой части магнитопровода 1 (воздушный зазор  $\delta_2$ ) в момент времени, когда сопротивление воздушного зазора  $R_{\delta_2} < R_{\delta_3}$ , происходит перераспределение потока, созданного электромагнитом и изменение контура его замыкания (рисунок 1, б; поток  $\Phi_{уд}$ ). При этом на конечном интервале перемещения в рабочем воздушном зазоре к якорю приложено усилие, вызванное действием двух составляющих магнитных потоков  $\Phi_{эм}$  и  $\Phi_{уд}$ , равное по величине  $\Phi = \Phi_{эм} + \Phi_{уд}$ .

Создаваемое двигателем электромагнитное усилие в конце рабочего хода будет составлять  $F = F_{\delta_1} + F_{\delta_2} + F'_{уд}$ , что позволяет повысить кинетическую энергию якоря за счет усилия  $F'_{уд}$ , созданного потоком  $\Phi_{уд}$  в зазоре  $\delta_2$ .

Таким образом, нагружение якоря  $m_{я}$  на этапе трогания противодействующим усилием  $F_0$  в диапазоне  $F_0 = (2...20) \cdot m_{я}g$  повышает быстродействие и выходную энергию ЛЭМД в среднем в 1,5-1,8 раза и представляется эффективным способом повышения удельных энергетических показателей импульсных электромагнитных машин.

#### Список литературы

1. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях: монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015.
2. Патент РФ на полезную модель. Линейный электромагнитный двигатель с удержанием якоря / К.М. Усанов, А.П. Моисеев, В.А. Каргин, А.В. Волгин / RU59342, МПК H02K 33/02 Оpubл. 10.12.2006. Бюл, №34.
3. Усанов, К.М. Оценка эффективности энергопреобразований в электромагнитной ударной машине с упругим возвратным элементом / К.М. Усанов, В.А. Каргин, А.В. Волгин // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2008. – № 3. – С.86-87.

УДК 621.313

*Волгин А.В., Дубровин С.А., Балашов Д.А., Клопцов Д.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИВОЧНОГО МАСЛА**

**Аннотация.** В настоящей статье предложена система управления электромагнитным приводом с программируемым логическим контроллером, обеспечивающая управление энергией воздействия в функции изменения величины сопротивления масляного зерна.

**Ключевые слова:** линейные электромагнитные двигатели, получение масла, программируемый логический контроллер.

В настоящее время в индивидуальных и фермерских хозяйствах применяются маслоизготовители вращательного действия с приводом от асинхронных электродвигателей, мощностью 0,4-6 кВт [1].

В таких установках механическое воздействие на оболочки жировых шариков осуществляется однонаправленным вращением рабочих органов или самой емкости.

С целью интенсификации процесса получения масляного зерна и снижения на 25-30% энергозатрат представляется перспективной замена асинхронного двигателя импульсным линейным двухобмоточным электромагнитным двигателем с возможностью поворота размещенного на оси рабочего органа, представляющего собой набор крестовин [2]. В таком маслообразователе направление воздействия РО на оболочки жировых шариков будет регулярно меняться.

Структурная схема маслообразователя с ЛЭМД представлена на рисунке 1.

Анализ показал, что известные электрические преобразователи [3] не обеспечивают управление энергией воздействия в функции изменения величины сопротивления масляного зерна. Это приводит к завышенному значению выходной энергии ЛЭМД, что отрицательно сказывается на прочности конструкции маслообразователя.



Рисунок 1 – Структурная схема маслообразователя с ЛЭМД

С целью автоматического регулирования энергии воздействия предложена система управления электромагнитным приводом с программируемым логическим контроллером (рисунок 2).

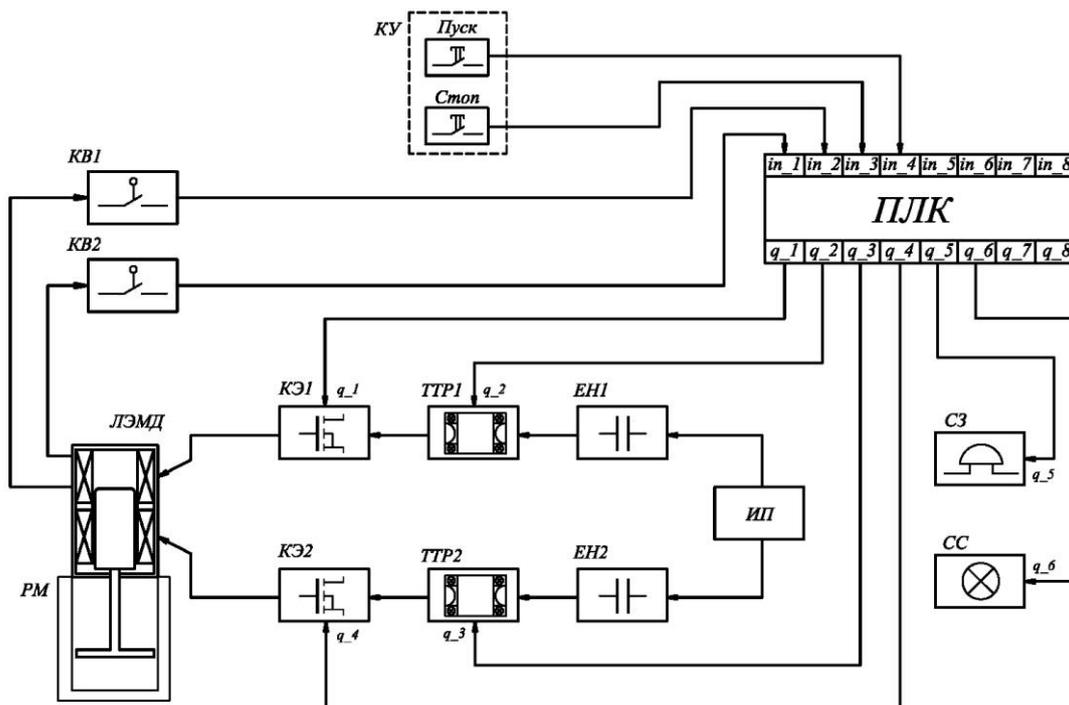


Рисунок 2 – Функциональная схема системы автоматического управления силовой электромагнитной установкой маслоизготовителя:

РМ – рабочая машина; ЛЭМД – линейный электромагнитный двигатель;  
КВ – конечный выключатель; КЭ – коммутационный элемент; КУ – кнопка управления;  
ИП – источник питания; ТТР – твердотельное реле; ЕН – емкостный накопитель энергии;  
СЗ – звуковая сигнализация; СС – световая сигнализация

Использование твердотельного реле с управлением от аналогового выхода ПЛК в функции напряжения от 0 до 10 В позволяет в зависимости от силы сопротивления масляного зерна увеличивать напряжение на обмотке ЛЭМД.

Питание ЛЭМД осуществляется от емкостных накопителей энергии через твердотельные реле и коммутационные элементы, выполненные в виде транзисторов MOSFET управление, которых осуществляется от дискретных выходов ПЛК.

Регулирование напряжения на обмотках ЛЭМД в зависимости от силы сопротивления масляного зерна происходит следующим образом. Оператором при программировании ПЛК задается время между срабатываниями конечных выключателей КВ1 и КВ2, соответствующее рабочему ходу якоря ЛЭМД. При увеличении силы сопротивления масляного зерна это время начинает превышать заданное оператором значение. Соответственно логическая схема управления подает большее значение напряжения на вход твердотельного реле, что увеличивает напряжение, отбираемое от емкостного накопителя. Следовательно, выходная энергия ЛЭМД маслоизготовителя возрастает. В схеме предусмотрена световая и звуковая сигнализации.

#### Список литературы

1. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб.: Гиорд, 2004. – 320 с.
2. Волгин, А.В. Электрический преобразователь для управления двухобмоточным линейным импульсным электрическим двигателем маслоизготовителя / А.В. Волгин, С.В. Гончаров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2013. – №4. – С. 57-59.
3. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В.А. Каргин. – Образовательная среда сегодня и завтра: Материалы X Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 303-306.

УДК 621.313.04

*Гусейнов Р.Т., Новик И. В., Царёв И.Б.*

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»,  
г. Челябинск

#### **КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТКИ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

**Аннотация.** В условиях эксплуатации погружных электродвигателей ключевым моментом является поддержание его работоспособности за счёт контроля технического состояния. Ключевыми параметрами для контроля технического состояния изоляции обмоток погружных электродвигателей могут быть тангенс угла диэлектрических потерь, частичные разряды в изоляции и ёмкость изоляции.

**Ключевые слова:** обмотка, тангенс угла диэлектрических потерь, частичные разряды, ёмкость, частота.

Тангенс угла диэлектрических потерь характеризует диэлектрические потери, то есть энергию, рассеиваемую в электроизоляционном материале под воздействием на него переменного электрического поля [1, 2].

При рассмотрении схемы замещения изоляции погружного двигателя эквивалентную величину тока протекающего по данной схеме можно разложить на две составляющие:  $I_a$  – активный ток, зависящий от сопротивления сквозной проводимости и проводимости цепи;  $I_p$  – реактивный ток, зависящий от реактивной проводимости цепи. Для визуализации вышесказанного приведем на рисунке 1 векторную диаграмму токов, протекающих в изоляции, состоящей из нескольких электроизоляционных материалов [1-3].

Практика показывает, что при тепловом износе изоляции активные потери растут быстрее, чем реактивные [4-6], что свидетельствует о росте тангенса угла диэлектрических потерь [7-9]. Данный факт свидетельствует о том, что угол диэлектрических потерь можно использовать в качестве диагностического параметра указывающего на степень износа изоляции погружного электродвигателя.

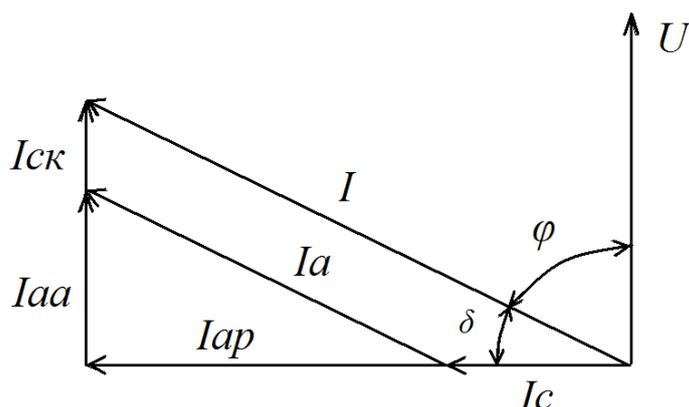


Рисунок 1 – Векторная диаграмма токов, протекающих через изоляцию:  
 $I$  – полный ток;  $I_a$  – ток абсорбции;  $I_p$  – реактивный ток;  $I_{aa}$  – активный ток абсорбции;  
 $I_{ap}$  – реактивный ток абсорбции;  $I_c$  – ток смещения;  $I_{ск}$  – ток сквозной проводимости

Значение тангенса угла диэлектрических потерь главным образом в настоящее время используется для диагностики высоковольтного оборудования. В качестве приборов позволяющих определять тангенс угла диэлектрических потерь в изоляции используют мосты переменного тока типа MD-16, P5026 или P595 [10-12].

Способ диагностики технического состояния погружных электродвигателей «ёмкость – частота» заключается в определении ёмкостей  $C_{f1}$ ,  $C_{f2}$ , измеренных при частоте  $f_1$  и  $f_2$ . При этом обычно  $f_1 = 2$  Гц и  $f_2 = 50$  Гц. В случае, когда диагностический параметр  $C_{f1}/C_{f2} < 1,2$ , можно сделать вывод что изоляция «сухая», когда  $C_{f1}/C_{f2} \geq 1,2$  – «влажная».

В случае «влажной» изоляции дипольные молекулы успевают следовать за полем, при большей частоте эти молекулы не успевают двигаться за этим полем. В следствие чего возрастает величина диагностического параметра  $C_{f1}/C_{f2}$

по отношению к «сухой» изоляции. Отношение  $C_{f1}/C_{f2}$  измеряют с помощью приборов ПКВ 7, ПКВ 8 и др. Данный метод в основном используется для оценки увлажнения изоляции силовых трансформаторов [1, 2, 13].

Частичные разряды представляют собой электрические разряды на небольшом участке изоляции, на котором напряженность электрического поля превышает электрическую прочность этой изоляции. Частичные разряды являются следствием неоднородности в структуре изоляции. Они могут возникнуть при изготовлении и появиться при её эксплуатации в виде трещин, каверн, расслоений и других дефектов. Частичные разряды за определенный период эксплуатации могут привести к сквозному пробое изоляции.

Для диагностики изоляции при подаче на неё повышенного напряжения используют индикатор частичных разрядов, который фиксирует высокочастотные колебания, вызываемые частичными разрядами, и выявляют место возникновения дефекта. Явление частичных разрядов обычно используют для диагностики высоковольтного оборудования, изоляция которого выполнена из нескольких слоев различных диэлектриков. К этому оборудованию относятся силовые и измерительные трансформаторы, силовые кабели и др. [14, 15, 16].

*Выводы.* В статье представлены основные способы диагностики состояния изоляции погружных электродвигателей, применение которых возможно в условиях сельскохозяйственного водоснабжения.

#### Список литературы

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация электрооборудования / Г.П. Ерошенко, Н.П. Кондратьева // М.: ИНФА-М, 2014. – 336 с.
2. Butorin, V.A. Bench-scale tests aimed at finding rate and acceleration of wear determining service life of thrust bearing in submersible electric motor / V.A. Butorin, I.B. Tsarev, R.T. Guseynov // В сборнике: Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham, 2020. – С. 1089-1095.
3. Шлюпиков, С.В. Причины отказов силовых маслонаполненных трансформаторов в распределительных сетях / С.В. Шлюпиков, С.М. Бакиров, А.П. Колбанов, С.А. Кифарак // В книге: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Саратов, 2021. – С. 266-269.
4. Трушкин, В.А. Диагностика и эксплуатация трансформаторов с длительным сроком службы / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, О.А. Соколов, С.А. Кифарак // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием. – Саратов, 2020. – С. 123-125.
5. Bakirov, S.M. Justification of parameters of automatic control system of robot feed distribution in cattle barn / S.M. Bakirov, O.V. Logachev, S.V. Shlyupikov // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. – 2020. – С. 012057.
6. Гусейнов, Р.Т. Модернизация инженерно-технического стенда для контроля технического состояния погружного насоса / Р.Т. Гусейнов // В сборнике: «Инновационное развитие АПК Северного Зауралья». Сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых ученых. Министерство сельского хозяйства РФ, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2013. – С. 236-238.
7. Гусейнов, Р.Т. Влияние условий окружающей среды на подшипниковые узлы погружных электродвигателей / Р.Т. Гусейнов // В сборнике: «Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи». Материалы IV Всероссийской научно-практической онлайн конференции молодых ученых. Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ

- ВПО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева», 2013. – С. 96-98.
8. Гусейнов, Р.Т. Зависимость скорости изнашивания элементов подшипниковых узлов от действующих факторов / Р.Т. Гусейнов, Е.В. Бабыкин // В сборнике: «Достижения науки – агропромышленному производству». Материалы ЛП международной научно-технической конференции. – 2013. – С. 155-158.
  9. Герасимова, М.Н. Анализ неисправностей центробежных насосов теплоисточников ЗАО «Байкалэнерго» / М.Н. Герасимова, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов // Вестник ИрГСХА. – № 80, 2017. – С. 78-82.
  10. Герасимова, М.Н. Оценка технического состояния центробежного насоса по комплексному показателю / М.Н. Герасимова, А.Ю. Логинов // Вестник ИрГСХА. – № 81-1, 2017. – С. 96-102.
  11. Боннет, В.В. Определение оптимального уровня технического состояния асинхронного двигателя / В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов // Вестник КрасГАУ. – № 8 (71), 2012. – С. 163-166.
  12. Синельников, А.М. Моделирование процесса пуска асинхронного электродвигателя / А.М. Синельников, А.Ю. Логинов // Вестник ИрГСХА, № 49. – 2012. – С. 108-112.
  13. Gritsenko, A. Theoretical underpinning of diagnosing the cylinder group during motoring / A. Gritsenko, S. Kukov, K. Glemba // Procedia Engineering 2. Ser. «2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016». – 2016. – С. 1182-1187.
  14. Молчан, А.М. Выбор контролируемого параметра технического состояния обмотки погружного электродвигателя при контрольных испытаниях / А.М. Молчан, А.Н. Ткачев, Р.Т. Гусейнов, И.В. Новик // «Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения». В сборнике трудов VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов, Челябинск, 2022. – С. 73-78.
  15. Патент № 2581819 С1 Российская Федерация, МПК H02K 15/12, H02P 1/16. Способ сушки изоляции обмоток электродвигателя токами нулевой последовательности и устройство для его осуществления: № 2014146375/07: заявл. 18.11.2014: опубл. 20.04.2016 / Р.В. Банин, Г.А. Петров, И.В. Новик; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Челябинская государственная агроинженерная академия».
  16. Новик, И.В. Повышение эксплуатационной надежности асинхронных электродвигателей / И.В. Новик, В.А. Буторин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы VI Международной научно-практической конференции, Саратов, 2015. – С. 209-210.

УДК 662.998

<sup>1</sup>Дресвянникова Е.В., <sup>2</sup>Хазиахметова Э.Р., <sup>1</sup>Ахмерова Г.М.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

## **СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИЛИНДРОВ BOS-PIPE ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРОЛОЖЕННЫХ В КАНАЛАХ МАРКИ МКЛ**

**Аннотация.** Проведен расчет эффективности теплоизоляционных цилиндров BOS-PIPE для трубопроводов двухтрубной тепловой сети, проложенных в каналах.

**Ключевые слова:** теплоизоляционные цилиндры BOS-PIPE, тепловые сети, тепловой изоляции трубопроводов, энергоэффективность.

В настоящее время огромные средства затрачиваются на обеспечение теплом населения Российской Федерации. Все чаще затрагиваются темы энергоэффективности зданий и сооружений.

Определим эффективность тепловой изоляции трубопроводов двухтрубной тепловой сети  $d_n = 0,057; 0,159; 0,219; 0,325; 0,630; 1,02$  м, проложенных в каналах марки МКЛ. Грунт – суглинок, средней плотности  $1400 \text{ кг/м}^3$  и весовым влагосодержанием 20% [6]. Расчетные параметры теплоносителя  $\tau'_{01} = 115^\circ\text{C}$ ,  $\tau'_{02} = 65^\circ\text{C}$ ,  $\delta\tau'_i = 50^\circ\text{C}$ . Тепловая сеть работает в г. Казани. Средняя за год температура грунта на глубине заложения трубопровода  $t_n = 6,3^\circ\text{C}$ .

В качестве основного слоя изоляции приняты теплоизоляционные вырезные цилиндры из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIPE. Толщина изоляции  $\delta_{из1}$  и  $\delta_{из2}$  принята по расчету на калькуляторе технической изоляции ООО «БОС» с учетом уплотнения [1].

Для определения среднегодовых температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе необходимо провести расчет температур теплоносителя по месяцам: для января месяца [4]

$$\bar{Q}_{\text{январь}} = \frac{t_i - t_{\text{январь}}}{t_i - t_0} = \frac{20 - (-11,6)}{20 - (-29)} = 0,645;$$

$$t_{01} = t_i + \Delta t'_0 \cdot (\bar{Q}_0)^{0,8} + (\delta\tau'_0 - 0,5 \cdot \theta'_0) \cdot \bar{Q}_0 = 20 + 60 \cdot (0,645)^{0,8} + (50 - 0,5 \cdot 30) \cdot 0,645 = 84,81^\circ\text{C};$$

$$t_{02} = t_{01} - \delta\tau'_0 \cdot \bar{Q}_0 = 84,81 - 50 \cdot 0,645 = 52,57^\circ\text{C}.$$

Остальные месяцы рассчитываются аналогично, результаты расчетов заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Средние значения температур окружающей среды и теплоносителя за год и каждый месяц

Месяц	Значение температуры, усредненное за 5 лет, °С		Значение температуры теплоносителя в трубопроводах, °С	
	наружного воздуха	грунта на средней глубине заложения	подающий	обратный
Январь	-11,6	6,3	84,81	52,57
Февраль	-10,7	6,3	83,21	51,88
Март	-4,2	6,3	71,41	46,71
Апрель	5,4	6,3	70,00	45,00
Май	13,6	6,3	70,00	45,00
Июнь	17,8	6,3	70,00	45,00
Июль	20	6,3	70,00	45,00
Август	17,9	6,3	70,00	45,00
Сентябрь	11,8	6,3	70,00	45,00
Октябрь	4,3	6,3	70,00	45,00
Ноябрь	-2,9	6,3	70,00	45,64
Декабрь	-8,6	6,3	79,43	50,25
Среднее за год значение	4,4	6,3	73,19	46,81

Среднегодовые температуры воды в подающем и обратном трубопроводе [5]:

$$t_{\theta 1} = \frac{\sum t_i n_i}{\sum n_i} = \frac{84,81 \cdot 744 + 83,21 \cdot 672 + 71,41 \cdot 744 + 70 \cdot 720 + 70 \cdot 744 + 70 \cdot 720 + 70 \cdot 744 + 70 \cdot 744 + 70 \cdot 720 + 70 \cdot 744 + 70 \cdot 720 + 79,43 \cdot 744}{744 + 672 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744} = 73,19^\circ\text{C};$$

$$t_{\theta 2} = \frac{\sum t_i n_i}{\sum n_i} = \frac{52,57 \cdot 744 + 51,88 \cdot 672 + 46,71 \cdot 744 + 45 \cdot 720 + 45 \cdot 744 + 45,64 \cdot 720 + 50,25 \cdot 744}{744 + 672 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744} = 46,81^\circ\text{C};$$

Термическое сопротивление на внутренней поверхности канала:

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi \alpha_k \cdot \frac{2A \cdot \Gamma}{A + \Gamma}} = \frac{1}{3,14 \cdot 11 \cdot \frac{2 \cdot 0,97 \cdot 0,555}{0,97 + 0,555}} = 0,041 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

При одинаковых диаметрах подающего и обратного трубопровода, термическое сопротивление основного слоя изоляции для каждой трубы рассматриваем по формулам:

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из1}} \ln \frac{d_n + 2\delta_{из1}}{d_n} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0418} \ln \frac{0,057 + 2 \cdot 0,05}{0,057} = 3,858 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из2}} \ln \frac{d_n + 2\delta_{из2}}{d_n} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0383} \ln \frac{0,057 + 2 \cdot 0,04}{0,057} = 3,644 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Линейное термическое сопротивление поверхности изоляции:

$$R_{н1}^L = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_n \cdot (d_n + 2\delta_{из1})} = \frac{1}{3,14 \cdot 8 \cdot (0,057 + 2 \cdot 0,05)} = 0,253 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_{н2}^L = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_n \cdot (d_n + 2\delta_{из2})} = \frac{1}{3,14 \cdot 8 \cdot (0,057 + 2 \cdot 0,04)} = 0,290 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Термическое сопротивление грунта:

$$R_{зп}^K = \frac{\ln \left[ 3,5 \frac{H}{\Gamma} \left( \frac{\Gamma}{A} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \frac{A}{\Gamma} \right) \lambda_{зп}} = \frac{\ln \left[ 3,5 \frac{1,26}{0,555} \left( \frac{0,555}{0,97} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \frac{0,97}{0,555} \right) 1,63} = 0,180 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Температура воздуха в канале:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{\theta 1}}{R_{из1}^L + R_{н1}^L} + \frac{t_{\theta 2}}{R_{из2}^L + R_{н2}^L} + \frac{t_n}{R_{кан} + R_{зп}^K}}{\frac{1}{R_{из1}^L + R_{н1}^L} + \frac{1}{R_{из2}^L + R_{н2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{зп}^K}} = \frac{\frac{73,19}{3,858 + 0,253} + \frac{46,81}{3,644 + 0,29} + \frac{6,3}{0,041 + 0,18}}{\frac{1}{3,858 + 0,253} + \frac{1}{3,644 + 0,29} + \frac{1}{0,041 + 0,18}} = 11,59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Удельные тепловые потери через изолированную поверхность подающего и обратного трубопровода:

$$q_{L1} = \frac{(t_{\theta 1} - t_{кан})K}{R_{из1}^L + R_{н1}^L} = \frac{(73,19 - 11,59)1,2}{3,858 + 0,253} = 17,98 \text{ Вт}/\text{м}$$

$$q_{L2} = \frac{(t_{\theta 2} - t_{кан})K}{R_{из2}^L + R_{н2}^L} = \frac{(46,81 - 11,59)1,2}{3,644 + 0,29} = 10,74 \text{ Вт}/\text{м}$$

При условии отсутствия тепловой изоляции термическое сопротивление теплопроводов состоит из термического сопротивления на поверхности и равно для обеих труб [3]:

$$\sum R_{неиз1}^L = \sum R_{неиз2}^L = \frac{1}{\pi \cdot d_n \cdot \alpha_n} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,057 \cdot 8} = 0,7 \text{ м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Температура воздуха в канале при неизолированных теплопроводах:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{\theta 1}}{R_{неиз1}^L} + \frac{t_{\theta 2}}{R_{неиз2}^L} + \frac{t_n}{R_{кан} + R_{зр}^K}}{\frac{1}{R_{неиз1}^L} + \frac{1}{R_{неиз2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{зр}^K}} = \frac{\frac{73,19}{0,7} + \frac{46,81}{0,7} + \frac{6,3}{0,041+0,18}}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,041+0,18}} = 27,13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Удельные тепловые потери неизолрованными теплопроводами составят [2]:

$$q_{неиз1} = \frac{(t_{\theta 1} - t_n)}{\sum R_{н1неиз}^L} = \frac{(73,19 - 11,59)}{0,7} = 88,24 \text{ Вт/м}$$

$$q_{неиз2} = \frac{(t_{\theta 2} - t_n)}{\sum R_{н2неиз}^L} = \frac{(46,81 - 11,59)}{0,7} = 50,45 \text{ Вт/м}$$

Эффективность тепловой изоляции на подающем и обратном теплопроводах:

$$\eta = \frac{(q_{неиз} - q_L)}{q_{неиз}} = \frac{((88,24 + 50,45) - (17,98 + 10,74))}{(88,24 + 50,45)} = 0,79$$

Аналогичным образом производим расчеты для диаметров  $D_n = 0,159; 0,219; 0,325; 0,630; 1,02$  м и результаты сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Эффективность теплоизоляционных вырезных цилиндров из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIPE для трубопроводов двухтрубной тепловой сети, проложенной в каналах марки МКЛ

г. Казань	$D_y$ 50	$D_y$ 150	$D_y$ 200	$D_y$ 300	$D_y$ 600	$D_y$ 1000
$t_n, ^\circ\text{C}$	-29	-29	-29	-29	-29	-29
$d_n, \text{м}$	0,057	0,159	0,219	0,325	0,63	1,02
$\tau'_{01}, ^\circ\text{C}$	115					
$\tau'_{02}, ^\circ\text{C}$	65					
$t'_3, ^\circ\text{C}$	95					
$t_{\theta 1}, ^\circ\text{C}$	73,19					
$t_{\theta 2}, ^\circ\text{C}$	46,81					
$t_{кан}, ^\circ\text{C}$	11,59	10,23	10,09	9,57	9,20	8,72
$t_{кан,неиз}, ^\circ\text{C}$	27,13	40,60	44,37	48,36	53,29	55,65
$t_i, ^\circ\text{C}$	20					
$\Delta t'_0, ^\circ\text{C}$	60					
$\delta \tau'_0, ^\circ\text{C}$	50					
$\vartheta'_0, ^\circ\text{C}$	30					
$H, \text{м}$	1,26	1,33	1,33	1,45	1,58	1,85
$t_{зр}, ^\circ\text{C}$	6,3					
$\lambda_{из1}, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	0,0418					
$\lambda_{из2}, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	0,0383					
$\delta_{из1}, \text{м}$	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
$\delta_{из2}, \text{м}$	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
Эффективность теплоизоляции, $\eta$	79,3%	83,1%	83,9%	83,9%	84,4%	85,0%

Проведенное сравнение эффективности теплоизоляционных вырезных цилиндров из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIPE для различных диаметров, проложенных в каналах марки МКЛ. По

результатам расчетов можно сделать вывод о том, что теплоизоляционные вырезные цилиндры из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIPE наиболее эффективны на диаметрах  $D_y \geq 150$  мм, (выше 80%).

#### Список литературы

1. Базальтовые огнезащитные системы [Электронный ресурс]. / Режим доступа: <https://bos-pro.ru/kalkulyator-tehnicheskoy-izolyacii> – свободный.
2. Антонов, А.В. Исследование тепловых потерь трубопроводов тепловых сетей, проложенных в коммуникационных коллекторах / А.В. Антонов, Г.М. Ахмерова // Тенденции развития науки и образования. – №58-2, 2020. – С. 88-90.
3. Akhmerova, G.M. Impact of soil moisture on heat losses of pipelines of district heat supply networks at underground channel-free gasket / G.M. Akhmerova, A.R. Zalyalova, R.M. Mukhametshina // International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering. – 2020.
4. Ахмерова, Г.М. Влияние влажности грунта на тепловые потери теплопроводов в непроходных каналах / Г.М. Ахмерова, А.В. Фёдоров // Известия КГАСУ. – № 2 (36), 2016. – С. 117-121.
5. Saifullin, E.R. Evaluation of heat transporting losses due to changes of insulation properties during operation / E.R. Saifullin, Y.V. Vankov, E.R. Bazukova, A.V. Maryashev // Journal of physics: conference series, 9, Low-temperature Plasma during the Deposition of Functional Coatings. Ser. "Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma during the Deposition of Functional Coatings, LTP Coatings 2017" 2018, DOI: 10.1088/1742-6596/1058/1/012061.

УДК 621.313.33; 62.192

*Естаулетов А.А., Иванкина Ю.В.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ НА ОБЪЕКТАХ АПК

**Аннотация.** Статья посвящена оценке надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** электрооборудование, электропроводка, надежность, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, эксплуатация.

С возрастанием роли электроэнергии в сельскохозяйственном производстве повышается значение надежности электроснабжения как способности электрической сети в любой момент обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей. Проведем анализ отказов силовой электропроводки в тепличном хозяйстве Саратовской области.

Наблюдения и регистрация отказов электрооборудования проводилось на предприятии в течение 2021 года. По результатам исследования можно сделать вывод о том, что значительная часть приходится на повреждение изоляции составило 29,4% от общего числа технологических нарушений.

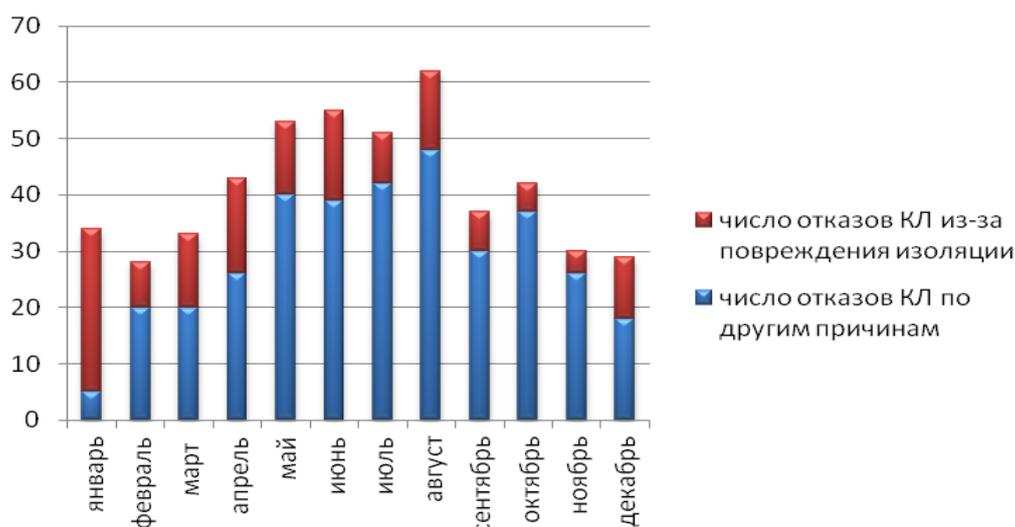


Рисунок 1 – Технологические нарушения работы силовой электропроводки

Результаты количественной оценки приведем в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Количественная оценка отказов по технологическим нарушениям

Технологическое нарушение	Кол-во, шт.	%
30 – естественное старение изоляции	102	18,2
01 – механическое повреждение	157	28
81 – коммутационные перенапряжения	23	4,1
19 – неудовлетворительная эксплуатация	32	5,7
21, 34 – дефект монтажа	243	43,3
прочие ситуации	4	0,7
Всего зарегистрировано отказов за 2021 год	561	100

Таблица 2 – Количественная оценка отказов по времени

Месяц	Наработка, час	Кол-во, шт.
Январь	0 – 744	38
Февраль	744 – 1416	36
Март	1416 – 2160	50
Апрель	2160 – 2880	59
Май	2880 – 3624	63
Июнь	3624 – 4344	66
Июль	4344 – 5088	57
Август	5088 – 5832	71
Сентябрь	5832 – 6552	40
Октябрь	6552 – 7296	44
Ноябрь	7296 – 8016	34
Декабрь	8016 – 8760	32

Оценим полученные в ходе эксплуатации данные с позиции теории надежности. Имея данные о числе отказов (таблица 1) за календарный 2021 год при средней наработке для силовой электропроводки  $t = 8760$  час/год определим вероятностные характеристики надежности: вероятность безотказной работы  $P(t)$  и интенсивность отказов  $\lambda(t)$  для 1000 объектов:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t) \cdot \Delta t} \quad (2)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^n n(t)}{N_0 \cdot \Delta t} \quad (4)$$

где  $n(t)$  – число отказов электрооборудования в промежуток времени  $\Delta t$ , полученные по статистическим данным;  $N_0$  – общее количество электрооборудования на объекте;  $N(t)$  – количество исправно работающего оборудования в интервале времени  $\Delta t$ .

Выражения (1) и (2) используем для определения характеристик надежности для невозстанавливаемого оборудования, а выражения (3) и (4) – для ремонтпригодного электрооборудования. Данные расчета приведем в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оценки показателей надежности

	ян-варь	фев-раль	март	апр-ель	май	июнь	июль	август	сен-тябрь	ок-тябрь	ноябрь	де-кабрь
Наработка, час	0	744	1416	2160	2880	3624	4344	5088	5832	6552	7296	8016
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	744	1416	2160	2880	3624	4344	5088	5832	6552	7296	8016	8760
Вероятность безотказной работы	0,962	0,926	0,876	0,817	0,754	0,688	0,631	0,560	0,520	0,476	0,442	0,439
Интенсивность отказов, $10^{-5}, \text{ч}^{-1}$	5,1	5,23	5,74	6,35	6,79	7,18	7,25	7,54	7,33	7,18	6,96	6,44

По результатам расчета построим зависимости вероятности безотказной работы и интенсивности отказов от времени работы электрооборудования.

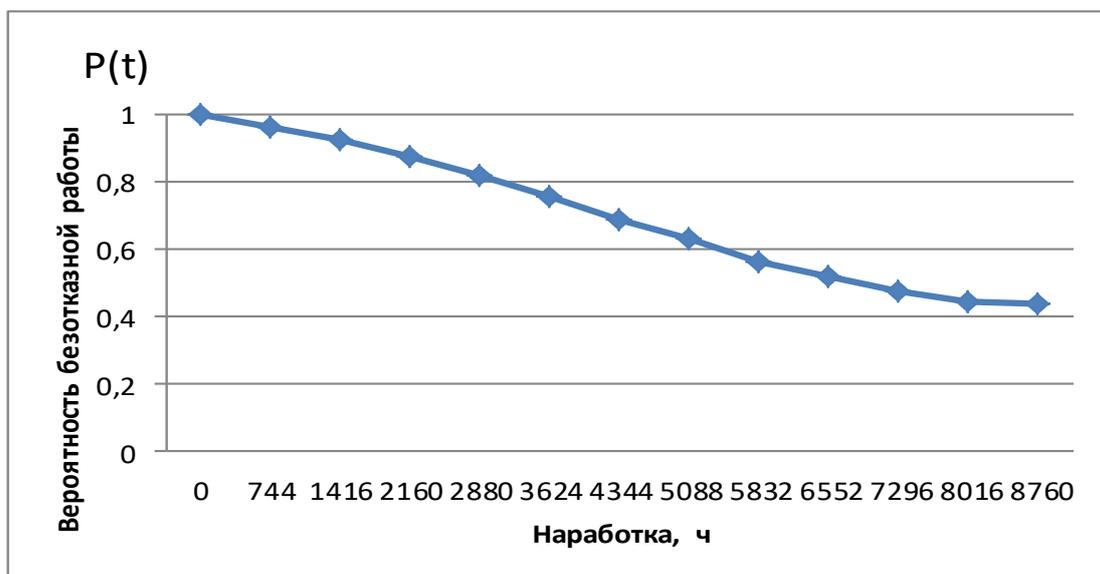


Рисунок 2 – Зависимость вероятности безотказной работы от времени



Рисунок 3 – Зависимость интенсивности отказов от времени

Как видно из графиков, с течением времени эксплуатации электропроводки вероятность безотказной работы уменьшается, а интенсивность отказов возрастает.

Обработка эксплуатационных данных отказов электропроводки методом теории надежности позволяет прогнозировать наступление момента их предельного состояния.

#### Список литературы

1. Иванкина, Ю.В. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики». Саратов, 2020. – С. 135-138.
2. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Неструев // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2018. – С. 46-48.
3. Трушкин, В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации / В.А. Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина // Аграрный научный журнал. Саратов, № 5, 2015. – С. 55-58.
4. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева // Научное обозрение. Москва, № 8, 2015. – С. 111-113.
5. Левин, М.А. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, Д.Д. Акишин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы VIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2017. – С. 93-96.

*Естаулетов А.А., Иванкина Ю.В.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

**Аннотация.** Статья посвящена оценке надежности эксплуатации работы асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** электрооборудование, асинхронный электродвигатель, надежность, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, эксплуатация.

Основу всего электрооборудования в сельском хозяйстве составляют асинхронные двигатели. Выход из строя электродвигателя приводит не только к затратам на его восстановление, но и к нарушению производственных процессов и технологическому ущербу, который может во много раз превышать стоимость самого двигателя.

Одним из важнейших показателей качества асинхронных двигателей является их надежность. Надежность электрооборудования – это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах. Это комплексный показатель, который включает в себя: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Цель работы – оценить состояние асинхронных двигателей с точки зрения надежности. Исследование надежности электродвигателей и составляющих ее свойств проведем по данным, полученным в ходе преддипломной практики на сельхозпредприятии. При этом исходными данными для анализа надежности является наработка и число отказов асинхронных электродвигателей.

На рисунке 1 приведем структуру аварийных ситуаций асинхронных электродвигателей.

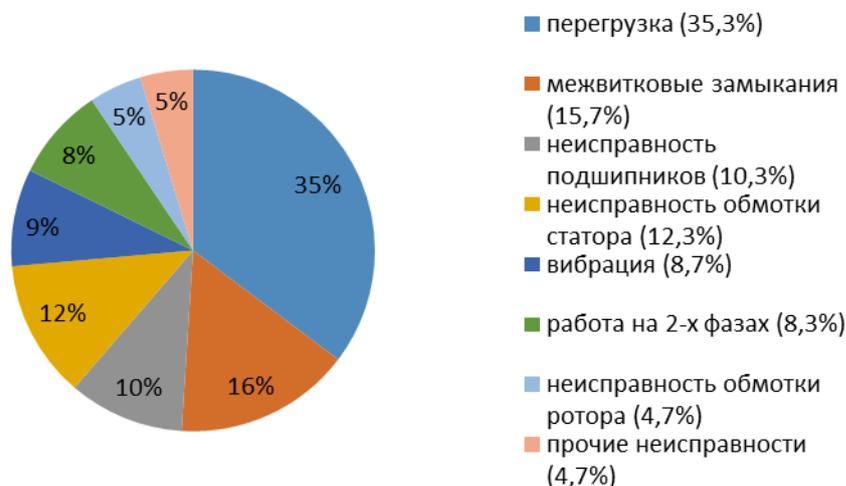


Рисунок 1 – Анализ аварийных ситуаций АД в сельском хозяйстве

Основное оборудование на нашем сельскохозяйственном предприятии представлено асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором. Проведенные исследования показали, что в данных электродвигателях отказы вызваны в основном из-за перегрузки, различных неисправностях обмоток статора и ротора, неисправностях подшипников и других.

В таблице приведены статистические данные отказов электродвигателей за 2020 год при наработке каждого двигателя  $t = 1000$  час/год.

Таблица 1 – Количественная оценка отказов АД

Причина отказа	Кол-во, шт.	%
Перегрузка	106	35,3
Межвитковые замыкания	47	15,7
Неисправности обмотки статора	37	12,3
Работа на 2-х фазах	25	8,3
Неисправности обмотки ротора	14	4,7
Вибрация	26	8,7
Неисправности подшипников	31	10,3
Прочие ситуации	14	4,7
Всего	300	100

Оценим полученные в ходе эксплуатации данные с позиции теории надежности. Имея данные о числе отказов (таблица 1) за один год при средней наработке  $t = 1000$  час/год определим вероятностные характеристики надежности: вероятность безотказной работы  $P(t)$  и интенсивность отказов  $\lambda(t)$ :

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t) \cdot \Delta t} \quad (2)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\lambda(t) = \frac{\sum_{i=1}^n n(t)}{N_0 \cdot \Delta t} \quad (4)$$

где  $n(t)$  – число отказов электрооборудования в промежуток времени  $\Delta t$  полученные по статистическим данным;  $N_0$  – общее количество электрооборудования на объекте;  $N(t)$  – количество исправно работающего оборудования в интервале времени  $\Delta t$ .

Выражения (1) и (2) используем для определения характеристик надежности для невозстанавливаемого оборудования, а выражения (3) и (4) – для ремонтногопригодного электрооборудования. Данные расчета приведем в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки показателей надежности

Наработка, час	Вероятность безотказной работы	Интенсивность отказов, ч <sup>-1</sup>
1	2	3
0	1,0	0,0
100	0,995	$0,5 \cdot 10^{-4}$
200	0,990	$0,5 \cdot 10^{-4}$
300	0,981	$0,6 \cdot 10^{-4}$
400	0,975	$0,63 \cdot 10^{-4}$

1	2	3
500	0,970	$0,6 \cdot 10^{-4}$
600	0,960	$0,67 \cdot 10^{-4}$
700	0,950	$0,71 \cdot 10^{-4}$
800	0,931	$0,88 \cdot 10^{-4}$
900	0,912	$1,1 \cdot 10^{-4}$
1000	0,892	$1,1 \cdot 10^{-4}$

По результатам расчета построим зависимости вероятности безотказной работы и интенсивности отказов от времени работы электрооборудования.

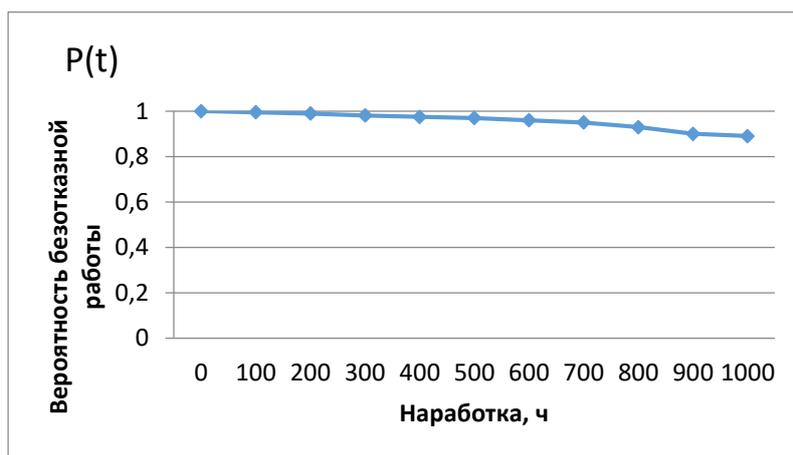


Рисунок 2 – Зависимость вероятности безотказной работы от времени

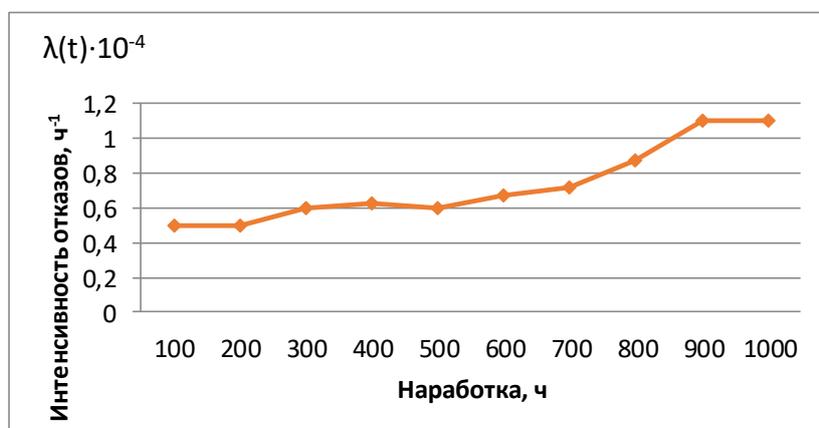


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности отказов от времени

Как видно из графиков, с течением времени эксплуатации электрооборудования вероятность безотказной работы уменьшается, а интенсивность отказов возрастает. Обработка эксплуатационных данных отказов электрооборудования методом теории надежности позволяет прогнозировать наступление момента предельного состояния электродвигателей и своевременно выводить их в ремонт, что увеличивает их срок службы.

#### Список литературы

1. Иванкина, Ю.В. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики». Саратов, 2020. – С. 135-138.

2. Иванкина, Ю.В. Повышение надежности системы электроснабжения в сельском хозяйстве / Ю.В. Иванкина, Д.П. Неструев // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2018. – С. 46-48.
3. Трушкин, В.А. Оценка надежности электрических систем в условиях эксплуатации / В.А. Трушкин, А.А. Спиридонов, Ю.В. Иванкина // Аграрный научный журнал. Саратов, № 5, 2015. – С. 55-58.
4. Левин, М.А. Влияние коэффициента нагрузки на надежность электродвигателей насосных станций / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, О.Н. Чурляева // Научное обозрение. Москва, № 8, 2015. – С. 111-113.
5. Левин, М.А. Повышение надежности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, Д.Д. Акишин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы VIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2017. – С. 93-96.

УДК 631.365.3/4:633.88

*Зайцев Н.П., Л.А. Лягина*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГРАНУЛИРОВАНИЯ СУПЕРФОСФАТА**

**Аннотация.** В настоящей статье разработаны и представлены параметрическая и структурная схема управления барабанного гранулятора.

**Ключевые слова:** Монокальцийфосфат, животные, пищевые добавки, барабанный гранулятор, контролируемые и управляемые параметры.

Монокальцийфосфат кормовой ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ) – это обесфторенный кормовой фосфат, используемый в качестве пищевой добавки в рацион животных и птицы. Монокальцийфосфат восполняет нехватку минеральных веществ (фосфора и кальция) у скота. Обеспечивает необходимый обмен веществ в организме животного, укрепляя его иммунную и репродуктивную системы. Использование корма, в состав которого входит монокальцийфосфат, в итоге приносит наибольшую биологическую, энергетическую и экономическую выгоду [1, 2].

Предлагается для производства получения гранулированного суперфосфата использовать установку, которая в себя включает: транспортеры; грохоты; барабанная сушилка; барабанный гранулятор; шнековый смеситель; валковые дробилки.

Таблица 1 – Влияние химических элементов на организм животного

Влияние фосфора на организм животного:	Влияние кальция на организм животного:
регулирует иммунитет	способен нейтрализовать вредное действие натрия, калия и магния
способствует нормальному пищеварению	повышают защитные функции организма,

все виды обмена в организме	способствует активизации пищеварительных ферментов
не разрушают витамины и ферменты	необходим для нормального функционирования сердца, нервов, мышц

Таблица 2 – Влияние кормовых добавок на организм животного

Ежедневное применения монокальцийфосфата (кормовые добавки для животных)
Нормализация минерального обмена веществ
Повышение продуктивности
Сокращение периода откорма
Получение здорового потомства
Сохранение молодняка и профилактике рахита
Улучшение питательной ценности мяса, молока
Снижение расхода кормов, увеличение доходности хозяйства

Барабанный гранулятор представляет собой горизонтальный или наклонный под углом  $1-3^\circ$  в сторону выгрузки цилиндр с закрепленными на нем бандажами и венцовой шестерней, через которую передается крутящий момент от электродвигателя. С торцов барабан снабжен загрузочной и разгрузочной камерами, герметизирующими рабочий объем гранулятора. Через загрузочную точку вводится исходная шихта или сухой порошок. В последнем случае для подачи связующего в головной части барабана над слоем материала установлены распределители жидкости [1, 2].

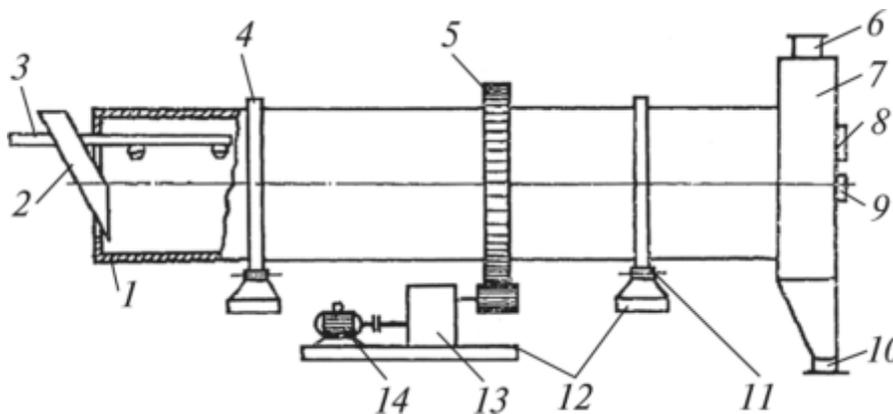


Рисунок 1 – Конструктивная схема барабанного гранулятора:

- 1 – обечайка; 2 – точка для загрузки порошка; 3 – распределитель связующего;
- 4 – бандаж; 5 – венцовая шестерня; 6 – патрубок для отсоса паров;
- 7 – выгрузочная камера; 8 – окно для подсветки; 9 – смотровое окно;
- 10 – патрубок для выгрузки гранул; 11 – опорный ролик;
- 12 – бетонные основания; 13 – редуктор; 14 – электродвигатель

На рисунке 2 представлена параметрическая схема барабанного гранулятора как объект автоматического управления. Качество рабочей машины определяют по следующим, контролируемым и управляемым параметрам: производительности гранул  $Q_g$ , конечной влажности  $\omega_k$  и температуры  $t_k$ . Управляющим входным воздействием является подача сырья (сухой порошок)  $Q_c$ . Начальная влажность  $\omega_n$ , начальная температура  $t_n$  представляют собой возму-

шающие воздействия. Управление гранулятором должно быть оптимальным с точки зрения выбранного показателя эффективности  $\mathcal{E}$ .

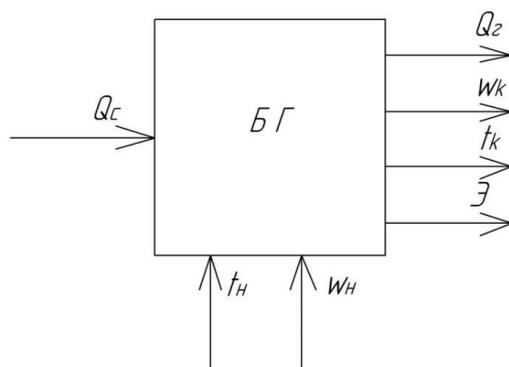


Рисунок 2 – Параметрическая схема барабанного гранулятора

Целевая функция оптимального управления гранулятором имеет вид:  $\max \mathcal{E} = f(t_H, \omega_H, t_K, \omega_K)$  [3, 4].

Представим структурную схему барабанного гранулятора.

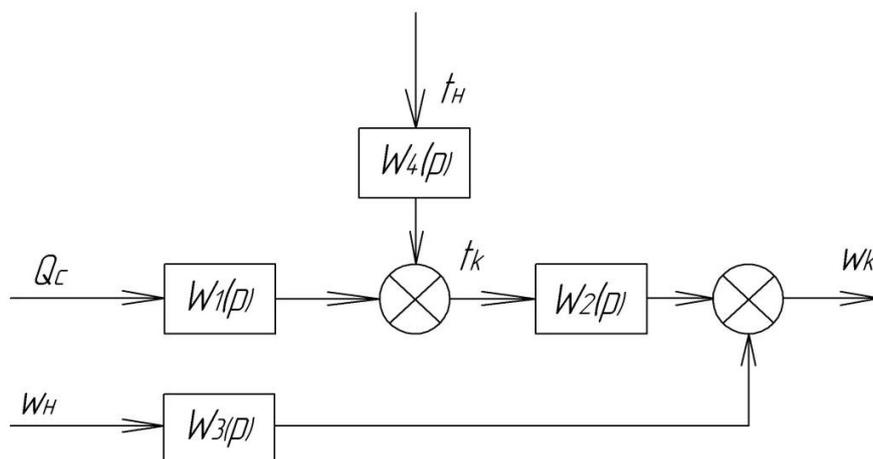


Рисунок 3 – Структурная схема барабанного гранулятора

Таким образом, система автоматического управления позволяет повысить качество и эффективность выполнения технологического процесса.

#### Список литературы

1. Воробьев, Н.И. Технология фосфорных и комплексных удобрений: тексты лекций для студентов специальности 1– 48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1–48 01 01 01 «Технология минеральных удобрений, солей и щелочей» очной и заочной форм обучения /Н.И. Воробьев // Минск: БГТУ, 2015. – 177 с.
2. Сайт ФОСАГРО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.phosagro.ru](http://www.phosagro.ru) (дата обращения 04.03.2022).
3. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев // Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.
4. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, 2017. – №7.

*Зайцев Н.П., Лягина Л.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

**Аннотация.** В настоящей статье разработана и представлена схема плавки гололеда постоянным током.

**Ключевые слова:** плавка гололеда, генератор, диоды, воздушные линии электропередачи, постоянный ток.

При перемещении воздуха над поверхностью земли теплые массы, содержащие влагу в виде паров воды, приходят в соприкосновение с холодным воздухом. В пограничном слое этих двух масс создаются условия для существования переохлажденных паров воды, которые, соприкасаясь с частями линий электропередачи при температуре ниже нуля, образуют кристаллы льда на конструктивных элементах линий.

Капли тумана, дождя и мокрый снег, оседающие на проводах, тросах и конструкциях опор, имеющих отрицательную температуру, также образуют лед или смерзшуюся вокруг проводов ледяную массу. Это явление называется гололеда. Гололед – это сплошной твердый осадок в виде прозрачного или матового льда с расчетной плотностью  $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^3$  [1, 2].

При значительных гололедных отложениях возможны обрывы проводов и поломка деталей опор или самих опор, поэтому должны быть приняты меры по удалению гололеда с проводов линии. Наибольшее распространение на отключенных линиях напряжением 6-10 кВ получили методы плавки гололеда током однофазного, двухфазного и трехфазного короткого замыкания.

Плавка гололеда постоянным током применяется на ВЛ напряжением 6, 10, 35 кВ на проводах марки АС 50, АС 70, протяженностью от 3 до 5 км. Генератор рекомендуется использовать от 150-250 кВт. Для плавки гололеда можно подсоединить фазы L1 и L2 ( $U \approx 538 \text{ В}$ ); L2 и N; L1 и N ( $U \approx 300 \text{ В}$ ).

Схема плавки гололеда постоянным током на отключенных линиях приведена на рисунке 1.

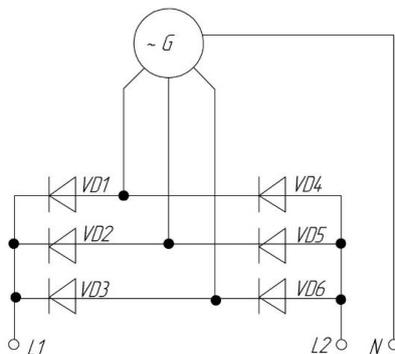


Рисунок 1 – Схема плавки гололеда постоянным током:  
VD1...VD6 – диоды; G – переменный генератор

Разработанный метод плавки гололеда постоянного тока является перспективным методом борьбы с гололедом.

#### Список литературы

1. Современные методы борьбы с гололедными отложениями на проводах воздушных линий электропередачи средствами силовой электроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.energy-t.ru/about/articles/sovremennyye-metodyi-borbyi-s-gololyodnyimi-otlozheniyami-na-provodaх-vozdushnyix-linij-elektroperedachi-sredstvami-silovoj-elektroniki.html> (дата обращения: 15.04.2022).
2. Плавка гололеда на проводах линий электропередачи напряжением 6-10 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://electricalschool.info/main/vl/1476-plavka-gololeda-na-provodakh-linij.html> (дата обращения: 15.04.2022).

УДК 621.313.33

*Закамсков А.Г., Иванкина Ю.В.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** Статья посвящена анализу диагностирования асинхронных электродвигателей.

**Ключевые слова:** электрооборудование, асинхронный электродвигатель, диагностика, сопротивление изоляции, абсорбция, поляризация.

Основу всего электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве, составляют асинхронные двигатели (АД). Выход из строя электродвигателя приводит не только к затратам на его восстановление, но и к нарушению производственных процессов и технологическому ущербу, который во много раз превышает стоимость самого АД. Поэтому своевременная диагностика является актуальной темой исследований.

В настоящее время известны следующие методы диагностики асинхронных двигателей:

1. *Методы, основанные на анализе вибраций отдельных элементов агрегата.* Суть методов заключается в анализе вибрационных параметров в различных точках электродвигателя. Методы вибродиагностики приспособлены к диагностике механических повреждений как двигателя, так и связанного с ним механизма. Электрические повреждения не всегда могут быть своевременно выявлены по изменению вибрационных параметров. Это приводит либо к не обнаружению повреждения, либо к ложному срабатыванию, в зависимости от пороговых значений, принятых в диагностической модели.

2. *Методы, основанные на анализе акустических колебаний, создаваемых работающей машиной.* Методы акустической эмиссии, также недостаточно чувствительны именно к электрическим повреждениям низковольтных двигателей.

3. *Методы, основанные на измерении и анализе магнитного потока в зазоре двигателя.* Методы, основанные на измерении и анализе магнитного потока в зазоре двигателя и на анализе вторичных электромагнитных полей распространены для высоковольтных машин (от 6 кВ и выше). Установка датчиков магнитного поля требует непосредственного доступа к объекту диагностирования. Установка датчиков магнитного поля возможна только при изготовлении машины.

4. *Методы, основанные на измерении и анализе температуры отдельных элементов машины.* Методы тепловизионного контроля позволяют достаточно точно определять состояние подшипниковых узлов электрических машин. Однако, для контроля внутренних повреждений изоляции машины они не пригодны. В качестве датчиков температуры могут быть использованы бесконтактные инфракрасные пирометры. Это позволяет их использовать при отсутствии непосредственного доступа к диагностируемой машине. Однако закрытое исполнение приводов не позволяет использовать бесконтактные датчики.

5. *Методы диагностики механических узлов (в частности подшипников) основанные на анализе содержания железа в масле.* Методы, основанные на анализе содержания железа в масле, широко применяются для диагностики механических узлов приводов. Однако эти методы определяют состояние механизма по косвенным признакам, что не позволяет своевременно выявить развивающиеся повреждения.

6. *Методы диагностики состояния изоляции.* Диагностика состояния изоляции асинхронных двигателей является самой распространенной. Диагностическими характеристиками служат:

- сопротивление изоляции обмотки;
- коэффициент абсорбции ( $R_{15\text{сек}}/R_{60\text{сек}}$ ) и поляризации ( $R_{1\text{мин}}/R_{10\text{мин}}$ );
- зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты при измерении на низком напряжении и зависимость диэлектрических потерь от приложенного напряжения при подъеме последнего до  $1,1U$ ;
- характеристики частичных разрядов, главным образом, динамика частичных разрядов при анализе всего потока импульсов на рабочем напряжении за длительный период времени (6...10 месяцев). Контроль магнитного потока посредством анализа спектра магнитного потока можно идентифицировать асимметрию ротора, перекося валов, повреждения подшипников и междувитковые короткие замыкания.

7. *Методы, основанные на анализе электрических параметров машины.* В последнее время широко развиваются методы диагностики состояния асинхронных двигателей, основанные на выполнении мониторинга потребляемого тока с последующим выполнением специального спектрального анализа полученного сигнала. Это позволяет с высокой степенью достоверности определять состояние различных элементов двигателя.

Физический принцип, положенный в основу этого метода, заключается в следующем. Любые возмущения в работе электрической и/или механической части электродвигателя и связанного с ним устройства приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой

модуляции потребляемого электродвигателем тока. Наличие в спектре тока двигателя характерных частот определенной величины свидетельствует о наличии повреждений электрической или механической части электродвигателя и связанного с ним механического устройства. Рассмотрим возможности данного метода диагностики по обнаружению различных видов повреждений. Токи статора предоставляют информацию об обрывах стержней, несоосности, статическом или динамическом эксцентриситете. Механические повреждения, такие как разрушение подшипников также выявляются по спектру тока. Есть два вида эксцентриситета: статический и динамический. Статический эксцентриситет – это когда минимальный воздушный зазор зафиксирован в пространстве, например, когда ось ротора не совпадает с осью статора. Динамический эксцентриситет описывает условие, когда минимальный воздушный зазор вращается с ротором.

Искривленный ротор приводит к динамическому эксцентриситету. Если расстояние между длиной расточки статора и ротора не равно по всей окружности, то изменяется магнитный поток внутри воздушного зазора. Это создает не симметрию тока, которую можно определить по спектру тока. Возникают многочисленные боковые гармоники частоты питающей сети двигателя. Эти боковые полосы частот будут увеличиваться с частотой эксцентриситета.

Изменение воздушного зазора из-за статического или динамического эксцентриситета приводит к изменениям плотности магнитного потока в воздушном зазоре. Индукционные токи статора изменяются. Их частотные компоненты позволяют идентифицировать как статический, так и динамический эксцентриситет.

Так как ротор держится на подшипниках, то при повреждениях в них будет происходить радиальное перемещение между ротором и статором. Отклонение магнитной индукции в воздушном зазоре повлияет на токи статора. Именно поэтому вибрация подшипников может быть обнаружена в спектрах тока статора. Когда стержень или часть кольца повреждены, образуются гармоники магнитного потока, которые вызывают высшие гармоники в токах статора. Ток статора модулирован по амплитуде с частотой скольжения. Эта модуляция увеличивается в случае наличия повреждений в роторе.

В асинхронном двигателе магнитное поле статора вращается быстрее, чем клетка ротора. Поэтому любой стержень ротора проходит под всеми магнитными полюсами в одном направлении вращения с частотой скольжения. Установлено, что разница свыше 54 децибел указывает на исправное состояние ротора. Разница менее 45 децибел указывает на ухудшение состояния ротора: появляются высокоомные соединения, образуются трещины или обрывы стержней. Несοοсность валов двигателя и механической нагрузки определяется по частотам, кратным частоте вращения ротора. Дефекты ременной передачи определяются по частотам, кратным частоте биений ремня.

Аналогичным образом определяется и наличие таких дефектов, как:

- межвитковые замыкания обмоток статора;
- повреждения подшипников (необходимы данные о подшипниках электродвигателя и механического устройства);

- ослабление элементов крепления электродвигателя;
- дефекты механических частей связанных с электродвигателем устройств.

Все диагностируемые повреждения разделяются на три уровня по степени серьезности дефектов:

- повреждения отсутствуют;
- повреждения обнаружены;
- обнаружены критичные повреждения.

Таким образом, на основании заключений о наличии (отсутствии) повреждений отдельных узлов делается вывод о работоспособности агрегата как единой конструкции.

Все рассмотренные методы диагностики технического состояния асинхронных двигателей имеют свои достоинства и недостатки. Наиболее перспективным является использование комбинированных методов диагностики, учитывающих несколько диагностических параметров в едином комплексе.

#### Список литературы

1. Иванкина, Ю.В. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики», Саратов, 2020. – С. 135-138.
2. Bakirov, S.M. Justification of dependence of the sprinkler machine power supply system efficiency on the irrigation process parameters / S.M. Bakirov, O.V. Logacheva, S.V. Shlyupikov // В сборнике: «IOP Conference Series: Earth and Environmental Science». Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness, TSIA 2019. – 2020. – С. 012005.

УДК 697.3

*Замалтдинова Р.И., Ахмерова Г.М.*

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

**Аннотация.** Надежная и эффективная работа теплообменника является неотъемлемой частью решения проблемы энергосбережения в системах теплоснабжения. Полученные значения коэффициента теплопередачи, определенные в период теплого времени отопительного сезона при минимальной температуре сетевой воды в подающем трубопроводе тепловых сетей значительно меньше паспортных данных теплообменника.

**Ключевые слова:** индивидуальный тепловой пункт, система теплоснабжения, теплоноситель, теплообменник.

*Введение.* Потенциал повышения энергоэффективности жилых зданий определенно есть. Потребление в быту составляет 40,7% всего объема потребления энергии. На отопление и горячее водоснабжение здания тратится 84% потребляемой энергии [1].

В недалеком прошлом в системах централизованного теплоснабжения в индивидуальных тепловых пунктах предусматривались кожухотрубные водоводяные теплообменники, их применяли как для систем отопления при их независимом присоединении к тепловым сетям, так и для закрытых систем горячего водоснабжения [2, 3].

Однако с ростом строительства зданий повышенной этажности (более 12 этажей) увеличилась потребность систем теплоснабжения в усовершенствованных теплообменных аппаратах. В связи с этим кожухотрубные теплообменные аппараты постепенно были заменены пластинчатыми теплообменниками, которые отличаются от предшественников меньшими габаритами, весом и обладают более высокой теплопередачей [4].

В технических характеристиках различных производителей значения коэффициента теплопередачи варьируются в пределах 4000-8000 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Однако при эксплуатации из-за химических воздействий на пластины эти значения не соответствуют данным производителей [5].

*Предмет исследования.* Природная питьевая вода содержит определенное количество минеральных солей калия, марганца, магния, железа, которые находятся в ней в растворенном состоянии. Водоочистные сооружения, которые поставляют воду потребителю, в основном занимаются ее обеззараживанием, избавление от солей (умягчение) воды – дорогостоящая процедура и если их содержание не превышает ПДК, концентрации солей не уменьшаются [6].

Нагрев водопроводной воды для системы горячего водоснабжения (ГВС) и отопления производится в теплообменнике. Известно, что при нагревании выше 54 °С происходит кристаллизация кальция и магния, твердые кристаллы соли оседают на поверхностях нагрева теплообменника и образуют на них прочную корку [7]. Кроме солей жесткости, в состав отложений накипи попадают другие твердые частицы, которые содержатся в воде. Например, частицы ржавчины, окислы других металлов, песок, ил. Растворенный в воде свободный (агрессивный) оксид углерода может привести к повышенной коррозии [8]. Загрязнение теплообменных поверхностей нагревателя накипными отложениями не только снижает эффективность его работы и требует периодической остановки для проведения очистки, но и вызывает цепочку экономических потерь при производстве, транспортировке и потреблении тепла. Необходимая периодическая чистка теплообменных аппаратов связана с большими затратами по времени, деньгам, а также трудовым ресурсам [9].

*Расчетный метод определения коэффициента теплопередачи.*

Рассматриваемый пластинчатый теплообменный аппарат в блоке отопления БТП собран из 30 пластин толщиной  $\delta_{cm} = 0,4$  мм, шириной  $b = 254$  мм и площадью теплообменной поверхности  $f_{nl} = 0,111$  м<sup>2</sup> каждая. Количество каналов в пластине: для горячего теплоносителя  $N_1 = 19$  шт., для нагреваемого теплоносителя  $N_2 = 19$ . Ширина каждого канала  $l_{mi} = 95$  мм, зазор между пластинами  $\delta_{kan} = 2,9$  мм. Сталь марки AISI316, из которой выполнены пластины, имеет в рабочем интервале температур 20-95 °С теплопроводность  $\lambda_{cm} = 15,2$  Вт/(м К), коэффициент теплопередачи  $k = 4917$  Вт/м<sup>2</sup>·°С [10].

Учет количества потреблений или произведенной тепловой энергии основан на измерениях изменения (разности) энтальпии некоего количества теплоносителя в процессе теплообмена при протекании через теплообменный контур. Количество тепловой энергии, Вт, определено по формуле [11]:

$$Q = M \cdot (h_1 - h_2) \quad (1)$$

где  $Q$  – количество тепловой энергии, Вт;  $M$  – количество теплоносителя, кг;  $h_1, h_2$  – удельная энтальпия (функция температуры и давления) теплоносителя в начальной и конечной точках теплообменного контура, Дж/кг.

Количество теплоносителя, кг, [10]:

$$M = V \cdot \rho_g \quad (2)$$

где  $V$  – показания расходомера, м<sup>3</sup>;  $\rho_g$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Удельная энтальпия теплоносителя в начальной точке теплообменного контура, Дж/кг, определена по формуле [11]:

$$h_1 = c_p \cdot t_1 \quad (3)$$

Удельная энтальпия теплоносителя в конечной точке теплообменного контура, Дж/кг, определена по формуле [11]:

$$h_2 = c_p \cdot t_2 \quad (4)$$

где  $c_p$  – удельная теплоёмкость, Дж/кг·°С;  $t_1, t_2$  – температуры теплоносителя в начальной и конечной точках теплообменного контура.

Экспериментальный коэффициент теплопередачи теплообменника, кВт определён решением уравнения теплопередачи [12]:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t \Rightarrow k = \frac{Q}{F \cdot \Delta t} \quad (5)$$

где  $F$  – поверхность теплообмена в аппарате, м<sup>2</sup>;  $\Delta t$  – средний температурный напор (средняя разность температур между горячим и холодным теплоносителями).

Данные были сняты в разные периоды теплого времени отопительного сезона при минимальной температуре сетевой воды в подающем трубопроводе тепловых сетей, когда перепады температур между греющей и нагреваемой водой и коэффициенты теплопередачи наименьшие. Результаты исследования сведены в таблицу 1.

*Результаты исследования.*

Таблица 1 – Результаты исследования

№	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$h_1, \text{Дж/кг}$	$h_2, \text{Дж/кг}$	$M, \text{кг}$	$Q, \text{Вт}$	$k, \text{Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$
1	70	51	293090	212874	924	20588,8	1900
2	70	48	293090	200352	600	15456,3	800
3	72	51	301464	212874	808	19883,5	1500

*Выводы.* Полученные значения  $k$  были сравнены с паспортными данными теплообменника, через три года эксплуатации под влиянием накипи коэффициент теплопередачи стал меньше на 62-84%. В тепловых пунктах это увеличение потребления энергии насосами, перекачивающими повышенный объем теплоносителя, дополнительные гидравлические и тепловые потери в нагревателях.

### Список литературы

1. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел // М.: энергоиздат, 1981. – 159 с.
2. Akhmerova, G. Upgrading the hot water supply system as a way to save energy / G. Akhmerova, A. Zalyalova, R. Badrutdinov, E. Khaziakhmetova, R. Maksudov // В сборнике: E3S Web of Conferences Volume 274 (2021). 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCSE - 2021). France, 2021. – С. 8010.
3. Дворцов, П.А. Автоматизация и диспетчеризация инженерных систем / П.А. Дворцов, И.Н. Комаров, Д.Р. Вафина, С.В. Уразайкин // Молодой ученый. – 2016. – №27. – С. 61-64.
4. Степанов, И.Д. Автоматизация тепловых пунктов / И.Д. Степанов // АВОК №5, 2010. – С.34-43.
5. Пырков, В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование: учебник / В.В. Пырков // Киев: Данфос, 2008. – 252 с.
6. Барановский, Н.В. Пластинчатые и спиральные теплообменники. Учеб. пособие. / Н.В. Барановский, Л.М. Коваленко, А.Р. Ястребенецкий // М. : «Машиностроение», 1973. – 135 с.
7. Дмитриев, Е.А. Теплообменные аппараты химических производств. Учеб. пособие / Е.А. Дмитриев, Е.П. Моргунова, Р.Б. Кошляшев // М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. – 88с.
8. Андрюшенко, А.И. Теплофикационные установки и их использование / А.И. Андрюшенко, Р.З. Аминов, Ю.М. Хлебалин // М. : Высш. школа, 1983. – 94 с.
9. R. Zwierzchowski and O. Niemyjski: Influence of Different Operating Conditions of a District Heating and Cooling System on Heat Transportation Losses of a District Heating Network. in IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2019. Vol.471
10. Шадрин, И.К. Параметрический анализ эффективности теплообменного оборудования в системах теплоснабжения / И.К. Шадрин, Е.В. Корепанов // Интернет-журнал «Интеллектуальные системы в производстве», 2016. – 3 том.
11. Ахмерова, Г.М. Блочный тепловой пункт. Указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления 08.03.01 «Строительство». / Г.М. Ахмерова, Р.Г. Сафиуллин // Казань: Изд-во КГАСУ. – 2019. – 53 с.
12. Сафиуллин, Р.Г. Экспериментальное исследование теплотехнических характеристик пластинчатого теплообменника на примере установки «блочный тепловой пункт» центра «SYSTEMS/СИСТЕМЫ» КГАСУ. Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ / Р.Г. Сафиуллин, Г.М. Ахмерова // Москва, 2020. – С. 127-132.

УДК 802/809-07

***Иванова З.И., Антошина Е.С.***

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова.», г. Саратов

### **ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНИЦИАТИВНОСТИ У СТУДЕНТОВ – ПЕРВОКУРСНИКОВ**

**Аннотация.** Характерными чертам инициативности, согласно мнению большинства ученых, является личный почин и добровольность, отсутствие какого-либо принуждения к проявлению инициативы. Если с предложениями выступают люди, не отличающиеся развитостью таких волевых качеств, как настойчивость, выдержанность, дисциплинированность, то осуществление инициативы не произойдет вследствие импульсивности, чрезмерной зави-

симости от внезапно складывающихся внутренних побуждений и случайных внешних обстоятельств, а также необходимости поддержки и контроля со стороны более авторитетных личностей. Можно выделить еще один критерий – способность личности к автономному поведению, побуждающий личность к поиску смысла деятельности, реализации нравственных и волевых качеств посредством деятельности и общения.

**Ключевые слова:** инициативность, саморазвитие, самостоятельная работа, развитие личности, межличностное взаимодействие.

Анализ теоретических источников по проблеме исследования позволяет утверждать, что потребностно-мотивационный компонент инициативности студента-первокурсника включает в себя:

- 1) мотивы-стремления своими силами продвигаться к цели (целенаправленность, целеустремленность);
- 2) мотивы, побуждающие личность к самостоятельной деятельности и принятию решения;
- 3) внутреннюю саморегуляцию поведения;
- 4) способность к рефлексии своих возможностей и способностей других через призму собственных убеждений;
- 5) потребность в саморазвитии как наличие социально и личностно значимой мотивации к проявлению инициативности.

Мотив играет роль вектора, способного направлять деятельность студента на достижение поставленной цели. В результате самостоятельной работы, на базе имеющихся у студента знаний, умений и навыков, приемов и стратегий самообучения формируются новые, что свидетельствует о развитии личности. Таким образом, одним из критериев формирования инициативности служит мотив-стремление своими силами продвигаться к цели (самостоятельное целеполагание, целеустремленность, целенаправленность).

Самостоятельная постановка целей при проявлении инициативности и, тем более, выбор путей и средств достижения цели детерминируются личностной рефлексией возможностей и способностей студента анализировать и оценивать успешность своей собственной деятельности. Следовательно, вторым критерием формирования данного компонента является способность к рефлексии собственных возможностей и поведения. Содержание эмоционально-волевого компонента инициативности личности студента составляет:

- 1) способность личности к автономному поведению;
- 2) волевая саморегуляция поведения;
- 3) свободный выбор деятельности, решения;
- 4) межличностное взаимодействие.

Характерными чертам инициативности, согласно мнению большинства ученых, является личный почин и добровольность, отсутствие какого-либо принуждения к проявлению инициативы. Если с предложениями выступают люди, не отличающиеся развитостью таких волевых качеств, как настойчивость, выдержанность, дисциплинированность, то осуществление инициативы не произойдет вследствие импульсивности, чрезмерной зависимости от внезапно складывающихся внутренних побуждений и случайных внешних обстоятельств, а также необходимости поддержки и контроля со стороны более авто-

ритетных личностей. Поэтому считаем целесообразным и логичным выделение в качестве еще одного критерия – способность личности к автономному поведению, побуждающая личность к поиску смысла деятельности, реализации нравственных и волевых качеств посредством деятельности и общения.

Реализация личностью своих возможностей и сущностных сил в проблемной ситуации, в частности, ситуации принятия решения, осуществления идей в оптимальных формах и с максимальной эффективностью, требует создания нового в себе и в деятельности, творческого подхода к учебно-профессиональной деятельности. Рассматривая критерии коммуникативно-деятельностного компонента, можно утверждать, что таковым является и критерий креативности как ориентация на деятельность продуктивного характера, где проявляется высокая степень внутренней готовности к инициативе и ее осуществлению. Выделение вышеуказанных критериев компонентов инициативности позволяет определить уровень его сформированности.

Процесс формирования данного качества, имеющий свою логику, целесообразно представить, как восхождение от одного уровня сформированности, менее совершенного, к другому более совершенному. Здесь важно исходить из следующих положений:

- уровень выражает диалектический характер процесса формирования инициативности, позволяющий представить предмет во всем многообразии его свойств, связей и отношений;

- процесс формирования инициативности у студентов – первокурсников это последовательная субординация уровней, форм, переход от низшего уровня к более высокому уровню;

- всякая предшествующая стадия всегда представляет собой подготовительную ступень последующей. Внутри ее нарастают сначала в качестве подчиненных моментов те силы и соотношения, которые, став ведущими, дают начало новой ступени развития.

Анализ и обобщение данных психолого-педагогических исследований, использование различных диагностических методик, в числе которых: анкетирование, тестовые задачи, наблюдение и метод независимых экспертов, позволяет выделить четыре уровня сформированности инициативности студентов-первокурсников, которые могут служить основанием для эффективности направленного педагогического процесса, а именно: диффузный, дискретный, фрагментарный, системный.

Исходя из четырехуровневой классификации, мы определяем следующие общие тенденции формирования инициативности у студентов-первокурсников:

- от инициативности, подверженной случайным влияниям, к инициативности все более устойчивой, постоянной;

- от инициативности, ориентированной на определенную ситуацию внешним стимулом, к инициативности все более свободной от внешних факторов, стимулируемой более сложными обстоятельствами, связанными с внутренней ситуацией самого человека;

- от инициативности импульсивной к инициативности сформированной, собственно-волевой.

Таким образом, формирование данного качества личности проходит ряд этапов от пассивности к подлинной инициативности в учебно-познавательной деятельности.

#### Список литературы

1. Иванова, З.И. Приемы учебной деятельности, подлежащие освоению при формировании научных понятий у младших подростков / З.И. Иванова, О.В. Романова, Е.С. Антошина // *The Unity of Science: International Scientific Periodical Journal*. 2015. – № 2. – С. 33-36.
2. Болдырева, Л.В. Система научно-исследовательской работы студентов / Л.В. Болдырева // *Специалист*. – 2011. – №10.
3. Холодяева, О.В. Развитие мышления учащихся посредством учебных задач с элементами проблемности на уроках иностранного языка / О.В. Холодяева // *Проблемы непрерывного образования: проектирование, управление, функционирование: материалы международной научно-практической конференции (Ч.II)*. – Липецк: ЛГПУ, 2009. – С. 47-49.

УДК 802/809-07

*Иванова З.И., Антошина Е.С.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### **УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ТРЕБОВАНИЯМ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ**

**Аннотация.** В статье обосновывается необходимость учета психолого-педагогических характеристик возраста первокурсников, выделяется специфика процесса адаптации к вузовской системе обучения. От того, как студент будет настроен на учебную деятельность на начальном этапе зависит его дальнейшее стремление к обучению, развитию познавательного интереса и интереса к будущей профессии. Использование в учебной и вне-аудиторной работе методов и форм развития самостоятельного мышления и проявление способностей каждого студента направлено на решение проблемы адаптации к вузовской системе обучения.

**Ключевые слова:** самопознание, самореализация, учебный процесс, педагогический процесс, знания, качества студента.

Поступление школьника в вуз изменяет статус его личности: школьник становится студентом и возникает противоречие между новыми требованиями к организации учебной деятельности в вузе и недостаточным опытом организации самостоятельной познавательной деятельности студента. На этом этапе жизни бывшие школьники сталкиваются с новой для себя действительностью и вынуждены считаться с теми требованиями, которые она к ним предъявляет. В этой связи большое значение имеет формирование у студентов необходимых для обучения в вузе личностных и профессиональных качеств. На этом этапе требуется создание соответствующих условий, предусматривающих личностный подход. Суть современной педагогической концепции, реализуемой в лич-

ностно-ориентированных системах обучения и воспитания сводиться к переходу от внешней мотивации к внутренней, личностно-осознанной.

Переход от школьных форм и методов обучения к новым вузовским методам обучения требует определенной психологической перестройки, поэтому актуальным является рассмотрение психолого-педагогического аспекта готовности студентов к самостоятельной учебной деятельности.

Гуманистический, личностно-ориентированный путь развития личности может быть осуществлен лишь высококвалифицированными специалистами в условиях обучения, целью которого является развитие свободы творчества обучающегося, способного осознать и изменить границы своих виртуальных возможностей по внутреннему побуждению в соответствии с долгом, ответственностью. Актуализация идеи гуманизации, признания личности развивающегося человека высшей социальной ценностью предъявляет новые требования к образовательным институтам общества, к личности преподавателя, содержанию его профессиональных функций, к техническому и методическому оснащению учебного процесса.

Противоречием студенческого возраста является естественное стремление к самопознанию и самореализации. Однако налицо недостаток жизненного опыта студентов первого курса и внутренней готовности для осуществления этого. Поэтому студент попадает в критическую ситуацию смены и акцентирования жизненных смыслов, требующих новых ценностных ориентаций, социальных установок, мотивов поведения. Часть первокурсников довольно быстро приспосабливаются к новой обстановке, но для большей части студентов эта перестройка проходит с большими трудностями.

На первый курс приходят студенты с разным уровнем подготовки, разными способностями и разным умением трудиться. Следовательно, необходимо применять такие методы и формы работы, которые помогают легче пережить этот адаптационный период, и которые направлены на развитие самостоятельного мышления и проявление способностей каждого студента. От того, как студент будет настроен на учебную деятельность на начальном этапе, зависит и его дальнейшее стремление к обучению, развитию познавательного интереса и отношения к будущей профессии. Бесспорно, что решение многих задач обучения в вузе зависит от самого студента, его личностных и деловых качеств, а также от конкретной помощи со стороны педагога. Включение в новые виды деятельности, общение с новыми людьми вызывают ряд трудностей. Новая жизненная ситуация (в данном случае обучение в вузе) требует адаптации к ней. В научной литературе адаптация определяется как использование человеком (осознанно и неосознанно) тех своих благоприятных качеств, которые способствуют успеху в деятельности.

Принцип профессиональной направленности разрешает противоречие между требованиями общества по формированию всесторонне развитой личности и необходимостью ее подготовки к активному участию в определенной области профессиональной деятельности в соответствии с личными интересами, индивидуальными способностями, общественными потребностями. При реализации профессионально ориентированного взаимодействия на первый план в

педагогическом процессе выносятся сам процесс взаимодействия преподавателей и обучающихся, а не разнообразные технологии передачи знаний.

Профессионально ориентированное педагогическое взаимодействие как осознанное, целенаправленное и управляемое взаимодействие преподавателя с обучающимися может иметь различную направленность и быть по-разному организовано в зависимости от личностных качеств педагога. Именно поэтому умение осознанно организовывать профессионально ориентированное педагогическое взаимодействие, которое носило бы для его участников взаимообогащающий и взаиморазвивающий характер, становилось бы, по сути, развивающим диалогом, является одной из важнейших профессиональных задач.

Педагогическое взаимодействие должно быть ориентировано на межличностные отношения обучающегося и преподавателя, при этом необходимо сделать акцент на содействии в противовес манипуляции, что в значительной степени повышает уровень профессиональных и человеческих требований к преподавателю. В частности, для обеспечения адекватного профессионально ориентированного педагогического взаимодействия необходимо, с одной стороны, обладать отлаженным, внутренне непротиворечивым отношением к другим людям, окружающему миру и себе самому, а, с другой, – умением инструментально выражать и изменять это отношение в реальном процессе взаимодействия с обучающимся. Наличие таких требований обуславливает необходимость найти такую модель профессионально ориентированного педагогического взаимодействия, в которой раскрывалась бы взаимосвязь отношения и действий преподавателя и которая позволяла бы выйти на создание технологии и организации такого взаимодействия.

Успешное педагогическое общение и взаимодействие с обучаемыми, учет их индивидуальных особенностей, специфики потребностей и возможностей помогает наиболее эффективно решать проблему адаптации первокурсника. Значит, чем выше уровень организации сотрудничества студента и педагога, тем успешнее идет образовательный процесс. Под сотрудничеством мы подразумеваем совместную деятельность участников учебного процесса, направленного на достижение единых целей. На наш взгляд, важной целью сотрудничества студента и педагога должно являться формирование самоорганизации человеческого фактора применительно к его самостоятельной учебной деятельности. Под самоорганизацией нами подразумевается организация самостоятельной деятельности студента, которая включает умение постановки перед собой осознанной цели, выбор эффективных способов ее достижения, владение самоконтролем и самокоррекцией своей учебной деятельности.

Исходя из анализа ситуации в образовательной практике и специфики современного периода развития педагогической теории. Критериями, определяющими становление новых теоретических аспектов образовательной деятельности, могут считаться: степень универсализации и включенности в основное русло педагогики технологий, представляющих особенности обучения с учетом когнитивных стилей; степень ориентации на обучение в контексте реализации индивидуальных проектов в условиях разнообразия сред; использование межкультурного диалога в преподавании; развитие лидерских качеств обучаемых как инструмента реализации профессиональной карьеры; расширение использования кейс-методов в преподавании; повышение эффективности преподава-

ния за счет использования инструментов кооперации между студентами, а не конкуренции; обеспечение обучаемых специальными средствами информационной активности; использование в преподавании современных коммуникационных технологий.

Самым зримым проявлением глобальной педагогики является, безусловно, обучение большого количества иностранных студентов, поскольку педагогика не может не реагировать на тенденции интернационализации и возрастания значения межкультурной коммуникации. В данной ситуации изменяется не только технологическая база педагогики, но и содержательное наполнение. Интернациональные контексты становятся все более актуальными для содержания образования, само обучение различным дисциплинам не может осуществляться вне учета необходимости межкультурного диалога.

Глобализация педагогики означает нарастание значения влияния когнитивных стилей различных сообществ на логику преподавания в студенческих аудиториях. Когнитивные стили представляют собой версии интерпретации действительности в контекстуальном и инструментальном планах, принятые в той или иной группе и позволяют организовать более эффективно процесс адаптации студентов к вузовской системе обучения.

Таким образом, эффективное решение проблемы адаптации студентов в вузе возможно при актуализации идей гуманизации, признании личности обучающегося, высшей социальной ценностью, организации профессионально-ориентированного взаимодействия субъектов образовательного процесса.

#### Список литературы

1. Иванова, З.И. Приемы учебной деятельности, подлежащие освоению при формировании научных понятий у младших подростков / З.И. Иванова, О.В. Романова, Е.С. Антошина // The Unity of Science: International Scientific Periodical Journal. 2015. – № 2. – С. 33-36.
2. Романова, О.В. Условия формирования и развития учебно-речевой деятельности в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре / О.В. Романова, О.Б. Капичникова // В сборнике: Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы. сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – 2018. – С. 534-539.

УДК 697.3

***Каленова Е.С., Ахмерова Г.М.***

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

### **ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ТЕМПЕРАТУР ВОДЫ В ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА НОВУЮ РАСЧЕТНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА**

**Аннотация.** Расчётная температура наружного воздуха равна средней температуре холодной пятидневки с коэффициентом обеспеченности 0,92 на момент создания системы

теплоснабжения. В СП 131.13330.2020 для многих городов произошло повышение расчётной температуры холодной пятидневки на несколько градусов в сравнении с редакцией документа СНиП 23-01-99. В Казани расчётная температура изменялась от  $-32^{\circ}\text{C}$  до  $-31^{\circ}\text{C}$ , и затем до  $-29^{\circ}\text{C}$ . В статье рассматриваются правила построения графика температур воды в тепловой сети при переходе системы теплоснабжения на новую расчётную температуру наружного воздуха.

**Ключевые слова:** температурный график, система теплоснабжения, теплоноситель.

Центральное качественное регулирование отпуска теплоты обеспечивает температурный график. Основной задачей регулирования отпуска теплоты в системах теплоснабжения является поддержание комфортной температуры и влажности воздуха в отапливаемых помещениях при изменяющихся на протяжении отопительного периода внешних климатических условиях и постоянной температуре воды, поступающей в систему горячего водоснабжения при переменном расходе в течение суток [1-3].

График  $150/70^{\circ}\text{C}$  исторически в России применялся при качественном регулировании, был регламентирован строительными нормами и принят в качестве расчётного при проектировании большинства отечественных систем теплоснабжения. До 2012 года тепловые сети системы централизованного теплоснабжения города Казани от источников АО «Татэнерго» и АО «ТГК-16» работали по температурному графику  $150-70^{\circ}\text{C}$  со срезкой  $135-65^{\circ}\text{C}$ .

В настоящее время на Казанских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 используется температурный график качественно-количественного регулирования отпуска тепла  $135/65$  со срезкой  $115/65^{\circ}\text{C}$  (подача/обратка). На рисунке 1 показан температурный график со спрямлением на ГВС на  $72,2^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $2^{\circ}\text{C}$  и срезкой на  $115^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$ . График построен по таблице температур сетевой воды от АО Татэнерго [3].

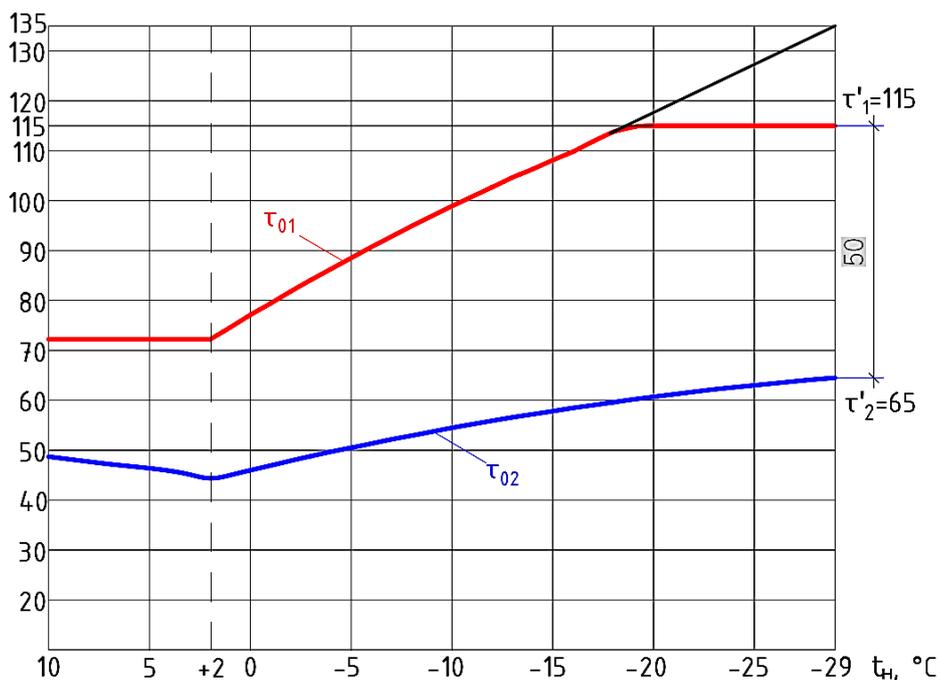


Рисунок 1 – Температурный график  $135/65^{\circ}\text{C}$  со срезкой на  $115$  для г. Казань на отопительный сезон 2021-22 гг.

В последние годы для значительного числа городов строительными нормами и правилами установлены новые расчётные температуры наружного воздуха для проектирования систем отопления. В связи с этим для действующих систем теплоснабжения, запроектированных на старые расчётные температуры наружного воздуха, необходима разработка новых режимов работы, так как в противном случае будет наблюдаться значительный перерасход тепловой энергии или нарушения качества теплоснабжения потребителей [4].

Таблица 1 – Выписки из СП 131.13330 «Строительная климатология» [5]

Дата введения	Республика, край, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью				Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха						Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь-март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С
		0,98		0,92					≤ 0 °С		≤ 8 °С		≤ 10 °С							
		0,98	0,92	0,98	0,92				продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
01.01.2012	Казань	-41	-36	-36	-32	-18	-47	6,8	156	-8,7	215	-5,2	229	-4,3	83	79	135	Ю	-	-4,3
01.01.2013	Казань	-41	-33	-33	-31	-16	-47	6,5	151	-8,1	208	-4,8	223	-3,8	83	82	171	Ю	3,8	3,4
29.05.2019	Казань	-41	-33	-33	-31	-16	-47	6,5	151	-8,1	208	-4,8	223	-3,8	83	82	171	Ю	3,8	3,4
25.06.2021	Казань	-36	-33	-32	-29	-17	-47	6,8	151	-7,9	207	-4,7	222	-3,8	83	80	193	Ю	3,9	3,1

Возможны два варианта построения нового режима отпуска теплоты при переходе на повышенную и пониженную расчётную температуру наружного воздуха (рисунки 2, 3).

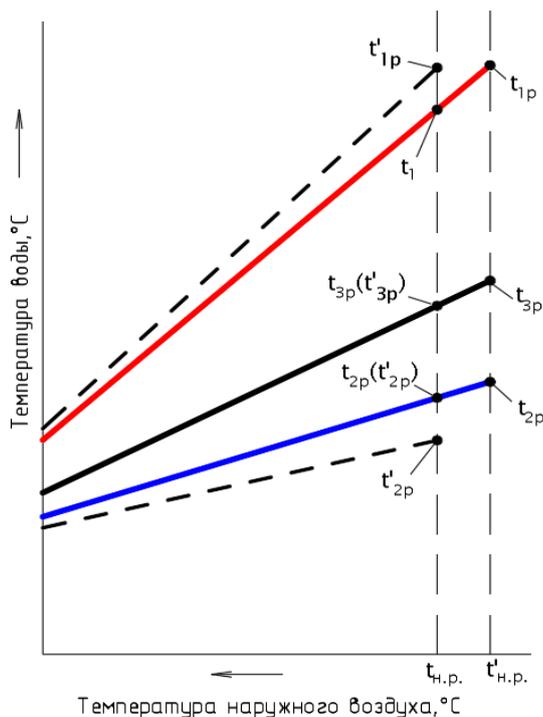


Рисунок 2 – График температур воды в тепловой сети при переходе системы теплоснабжения на новую повышенную расчётную температуру наружного воздуха

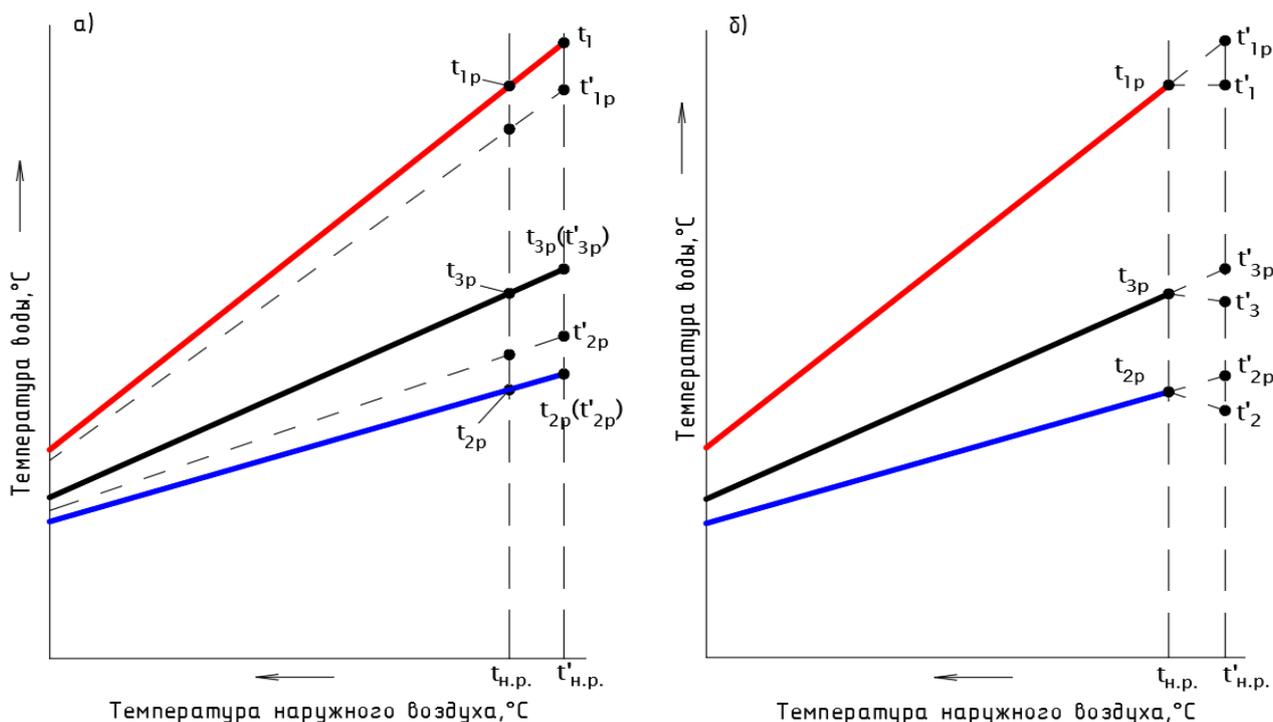


Рисунок 3 – График температур воды в тепловой сети при переходе системы теплоснабжения на новую пониженную расчетную температуру наружного воздуха

Переход работы на повышенную расчетную температуру наружного воздуха (рисунок 2). Наиболее рационально новый режим отпуска теплоты может быть построен при условии принятия за новую расчетную температуру воды в подающем трубопроводе  $t'_{1p}$  первоначальной расчетной температуры:  $t_{1p}$ , т.е. при  $t_{1p} = t'_{1p}$ . Данный метод построения нового режима отпуска теплоты обеспечивает увеличение пропускной способности сетей по теплоте и снижение расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя за счет увеличения расчетного теплоперепада в системе теплоснабжения по сравнению с первоначальным [4].

Переход работы на пониженную расчетную температуру наружного воздуха (рисунок 3). При первом варианте значение новой расчетной температуры воды в подающем трубопроводе принимают равной первоначальной расчетной температуре  $t_{1p}$ , т.е.  $t_{1p} = t'_{1p}$ . При втором варианте построения нового режима температурный график, соответствующий первоначальной расчетной наружной температуре, продлевают до наружной температуры, равной новой расчетной.

**Выводы.** В настоящее время на Казанских ТЭЦ используется температурный график качественно-количественного регулирования отпуска тепла без перехода на новую повышенную расчетную температуру наружного воздуха. На отопительный сезон 2022-23 гг необходимо разработать режимы работы по рассмотренной методике для предотвращения перерасхода тепловой энергии.

#### Список литературы

1. Akhmerova, G. Impact of soil moisture on heat losses of pipelines of district heat supply networks at underground channel-free gasket. / G. Akhmerova, A. Zalyalova, R. Mukhametshina //

- В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES. Materials Science and Engineering. Kazan, Russia, 2020. – С. 012153.
2. Каленова, Е.С. Анализ тенденций изменения температурных графиков для систем теплоснабжения / Е.С. Каленова, Е.В. Дресвянникова, Г.М. Ахмерова // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021. Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. М.: 2022. – С. 1046-1051.
  3. Ахмерова, Г.М. Особенности определения температуры грунта в точке пересечения теплопроводов с газопроводом / Г.М. Ахмерова, А.Р. Сибгатов // «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. Москва, 2020. – С. 178-184.
  4. АО «Татэнерго» [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www.tatenergo.ru/upload/iblock/913/01-kazan\\_temperaturnye-grafiki-na-2021\\_2022-g.g..pdf](http://www.tatenergo.ru/upload/iblock/913/01-kazan_temperaturnye-grafiki-na-2021_2022-g.g..pdf) / свободный. (дата обращения: 20.04.2022 г).
  5. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский и др. // М.: Стройиздат, 1988. – С. 422.
  6. СП 131.13330.2020 «СНИП 23-01-99\* Строительная климатология». М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2020. – С. 153.

УДК 533.6.011.6

***Карпухина Т.В., Ометова А.А., Карпухина М.В.***

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»  
г. Ульяновск

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА НА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЕ СОСТОЯНИЕ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛ**

**Аннотация.** Проведено исследование влияния температуры сушильного агента на его тепловлажностное состояние с использованием математической модели кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки и программно-ориентированного комплекса. Программа позволила выполнить оптимизационные расчеты процессов конвективной сушки капиллярно-пористого тела.

**Ключевые слова:** капиллярно-пористое тело, сушильный агент.

Современное развитие сушильных установок направлено на поиски путей снижения энергозатрат. Это особенно важно при обезвоживании материалов в конвективных сушилках, поскольку данные аппараты являются одними из самых энергозатратных, но при этом они не заменимы в различных отраслях промышленности. Необходимость использования этого способа сушки связана с большим количеством капиллярно-пористых материалов, при обработке которых требуется не только сохранить их качественные характеристики, содержащиеся в исходном сырье, но и получить требуемые свойства для дальнейшего использования материалов. При реализации данных процессов сушки важно учитывать не только эффективное энергоиспользование, но и качество готового обезвоженного материала.

Наиболее важным параметром сушки является температура, которая влияет на интенсивность сушки как в первом, так и во втором периодах. В периоде постоянной скорости интенсивность сушки очень резко возрастает, вследствие чего увеличивается критическая влажность, т.е. сокращается период постоянной скорости. В этом и заключается практически вредное влияние высоких температур на процесс сушки капиллярно-пористых материалов [1].

Интенсивность сушки уменьшается с повышением относительной влажности газов, при всех температурах и тем резче, чем выше температура. Однако повышение относительной влажности во всех случаях уменьшает критическую влажность, т.е. удлиняет период постоянной скорости, за счет сокращения периода падающей скорости.

Скорость газов влияет прямолинейно на интенсивность сушки и заметно повышает ее в первый период постоянной скорости и относительно меньше влияет в конце процесса сушки. Поэтому повышение скорости газов не сокращает длительность сушки в период падающей скорости, поскольку в этот период влагоотдача лимитируется не внешней диффузией, а теплопроводностью сушеного материала.

С использованием ранее разработанной математической модели и компьютерной программы [2] проведена серия расчетов.

В программе были рассчитаны режимы сушки с неизменными параметрами сушильного агента, такими как скорость и влажность. Температура сушильного агента при одинаковых значениях скорости и влажности не была постоянной. При сушке в качестве сушильного агента был использован воздух.

Были взяты следующие условия процесса сушки капиллярно-пористого тела: скорость сушильного агента  $u = 6$  м/с, влажность сушильного агента  $\varphi = 40$  %, температуры сушильного агента  $T_f = 303, 313, 323, 333, 363$  К.

Для исследования были выбраны три точки, лежащие внутри капиллярно-пористого тела:

- точка А с координатами  $i = 2, j = 5, k = 2$ ;
- точка В с координатами  $i = 5, j = 20, k = 10$ ;
- точка С с координатами  $i = 8, j = 38, k = 18$ .

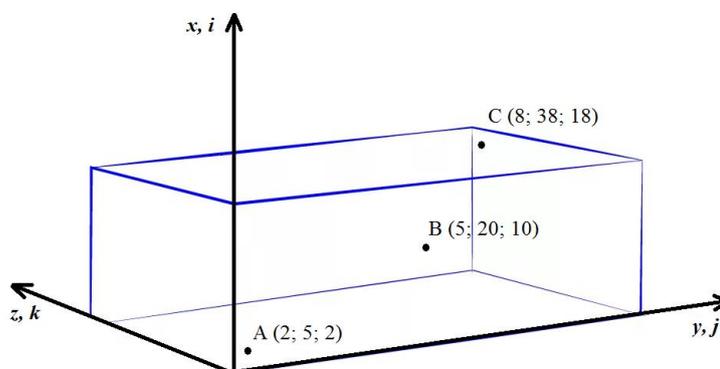


Рисунок 1 – Расположение исследуемых точек внутри капиллярно-пористого тела

Расчет температуры капиллярно-пористого тела в исследуемых точках производился по формуле:

$$\begin{aligned}
T'_{i,j,k} = & T_{i,j,k} \left[ 1 - \frac{\Delta\tau^T}{\rho_{i,j,k} c_{i,j,k}} \left( \frac{\lambda_{i-\frac{1}{2},j,k} + \lambda_{i+\frac{1}{2},j,k}}{\Delta x^2} + \frac{2 \left( \lambda_{i,j-\frac{1}{2},k} + \alpha_4 \Delta y + \frac{g_{K i,j,k} r \Delta y}{T_{i,j,k}} \right)}{\Delta y^2} + \frac{\lambda_{i,j,k-\frac{1}{2}} + \lambda_{i,j,k+\frac{1}{2}}}{\Delta z^2} \right) \right] + \\
& + \frac{\Delta\tau^T}{\rho_{i,j,k} c_{i,j,k}} \left( T_{i-1,j,k} \frac{\lambda_{i-\frac{1}{2},j,k}}{\Delta x^2} + T_{i+1,j,k} \frac{\lambda_{i+\frac{1}{2},j,k}}{\Delta x^2} + T_{i,j-1,k} \frac{2\lambda_{i,j-\frac{1}{2},k}}{\Delta y^2} + T_{f4} \frac{2\alpha_4}{\Delta y} \right) + \\
& + \frac{\Delta\tau^T}{\rho_{i,j,k} c_{i,j,k}} \left( T_{i,j,k-1} \frac{\lambda_{i,j,k-\frac{1}{2}}}{\Delta z^2} + T_{i,j,k+1} \frac{\lambda_{i,j,k+\frac{1}{2}}}{\Delta z^2} \right).
\end{aligned}$$

где  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  – шаги разностной сетки в направлении координатных осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  соответственно, м;  $\Delta\tau^T$  – шаг интегрирования по времени, с;  $T$ ,  $T'$  – значения температуры в анализируемой точке в моменты времени  $\tau$  и  $\tau + \Delta\tau$  соответственно, К.

На рисунке 2 приведен график зависимости температуры внутри капиллярно-пористого тела в точке А при различных температурах сушильного агента.

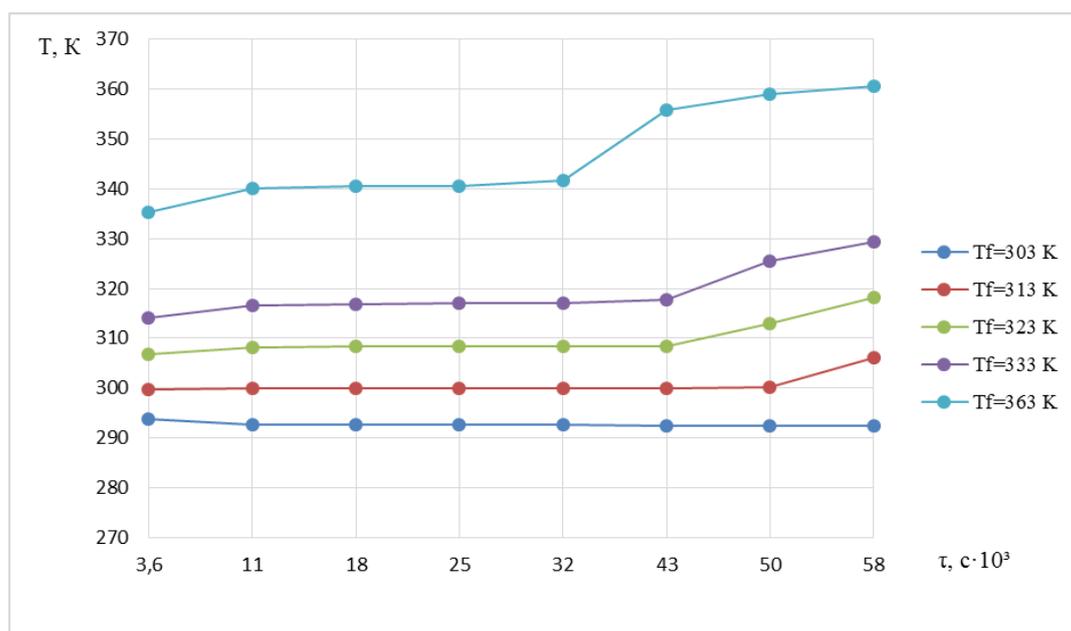


Рисунок 2 – Зависимость температуры капиллярно-пористого тела  $T$ , К в точке А от времени  $\tau$ , с при различных температурах сушильного агента  $T_f$ , К

На рисунке 3 приведен график зависимости температуры внутри капиллярно-пористого тела в точке С при различных температурах сушильного агента.

Как видно из рисунков 2, 3 при самой низкой температуре сушильного агента, равной 303 К, температура внутри капиллярно-пористого тела в точках А и С, находящихся рядом с поверхностью капиллярно-пористого тела практически не меняется. С увеличением температуры сушильного агента температура внутри капиллярно-пористого тела начинает увеличиваться в последние рас-

смаатриваемые промежутки времени. Это связано с тем, что чем выше температура греющего воздуха, тем быстрее происходит испарение влаги с поверхности капиллярно-пористого тела, следовательно, температура внутри капиллярно-пористого тела растет. Причем температура начинает возрастать тем раньше, чем выше температура сушильного агента.

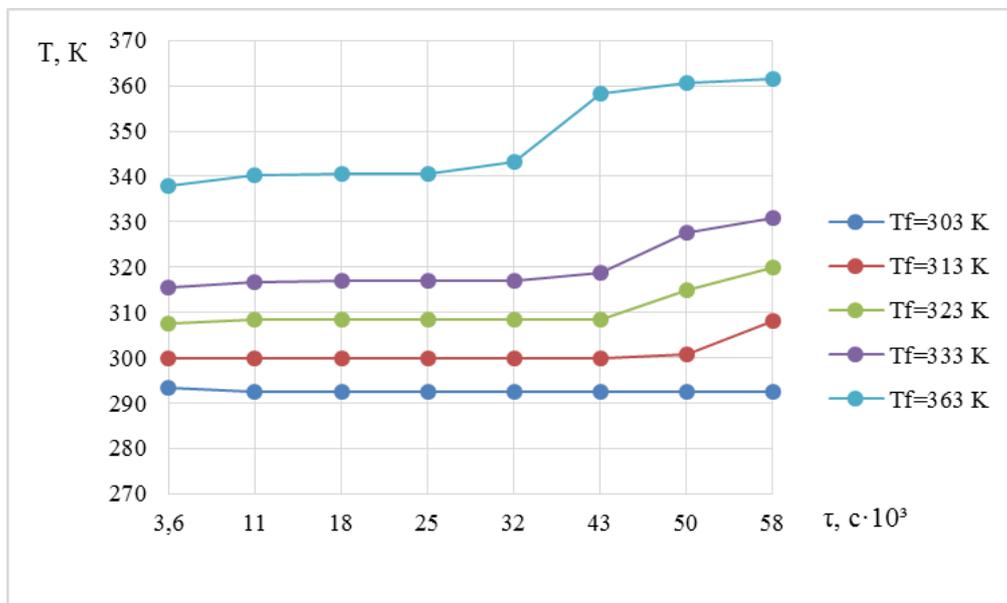


Рисунок 3 – Зависимость температуры капиллярно-пористого тела  $T$ , К в точке С от времени  $\tau$ , с при различных температурах сушильного агента  $T_f$ , К

В точке В, которая находится в центре капиллярно-пористого тела, распределение температур внутри тела с течением времени показано на рисунке 4.

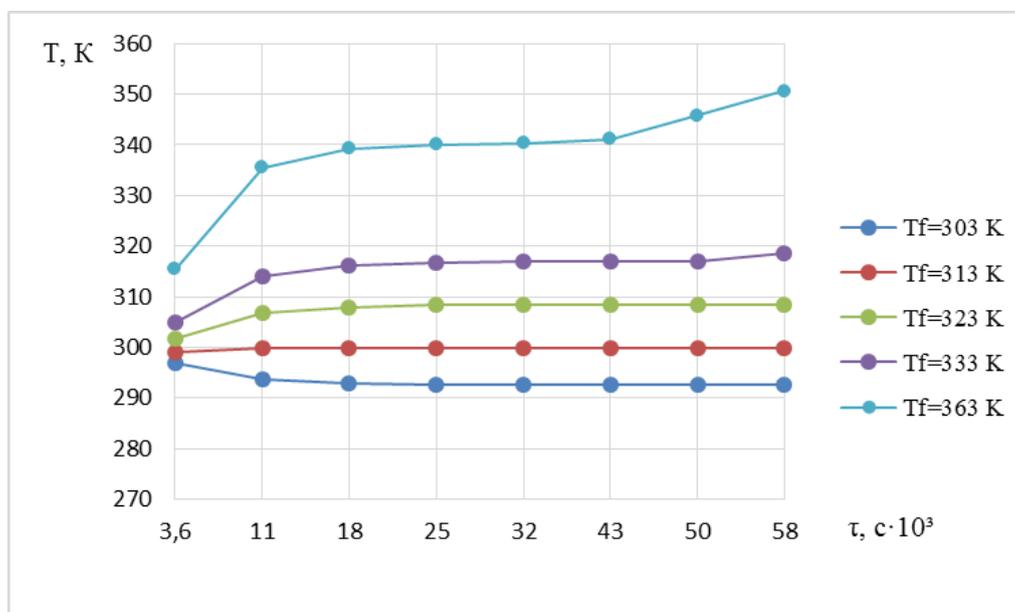


Рисунок 4 – Зависимость температуры капиллярно-пористого тела  $T$ , К в точке В от времени  $\tau$ , с при различных температурах сушильного агента  $T_f$ , К

При низкой температуре сушильного агента ( $T_f = 303 \text{ K}$ ) заметно незначительное снижение температуры тела. При температурах воздуха, равных 313, 323, 333 К заметно небольшое повышение температуры в начальный период

сушки капиллярно-пористого тела, затем температура практически не меняется. При  $T_f = 363$  К значительно возрастает температура внутри тела в начальный и конечный периоды сушки.

С помощью математической модели кинетики тепловлажностного состояния капиллярно-пористого тела в процессе сушки и программно-ориентированного комплекса было проведено исследование влияния температуры сушильного агента на его тепловлажностное состояние. Программа позволила выполнить оптимизационные расчеты процессов конвективной сушки капиллярно-пористого тела.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ по проекту НШ-28.2022.4.

#### Список литературы

1. Kovalnogov, V.N. Model of heat transfer of moisture and gases in capillary-porous space in annexes for developing biofuel cells / V.N. Kovalnogov, T.V. Karpukhina, M.S. Boyarkin // AIP Conference Proceedings 2293, 420023 (2020).
2. Карпухина, Т.В. Исследование процесса тепломассообмена в капиллярно-пористых телах в приложении к разработке перспективных биотоплив / Т.В. Карпухина, В.Н. Ковальногов, М.С. Бояркин, Р.В. Федоров // Тезисы докладов XXIII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством акад. РАН А.И. Леонтьева «Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках» (24-28 мая 2021 г., г. Екатеринбург). – М.: Издательский дом МЭИ, 2021. – С. 202-203.
3. Karpukhina, T.V. Semi-empirical computational method for studying the diffusion of moisture and generator gases in the capillary-porous space of representative biofuels / T.V. Karpukhina, V.N. Kovalnogov, M.S. Boyarkin // Journal of Numerical Analysis, Industrial and Applied Mathematics, 14 (1-2). – С. 1-6.

УДК 533.6.011.6

**Карпухина Т.В., Ометова А.А., Карпухина М.В.**

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,  
г. Ульяновск

#### **ЯВЛЕНИЕ ДИФФУЗИИ В ПРОЦЕССАХ ТЕПЛОМАССООБМЕНА**

**Аннотация.** Проведен обзор об исследовании диффузии в тепломассообменных процессах.

**Ключевые слова:** диффузия, теплообмен, массообмен.

Развитие экономики любой страны в огромной степени зависит от наличия энергии. Избыток энергии обеспечивает промышленный рост, а с ростом производства и повышением жизненного уровня увеличивается потребление энергии [1].

Ресурсы возобновляемых источников энергии (гидроэнергетики, морских приливов и отливов, энергии морских волн, солнечной, ветровой, геотермаль-

ной энергетики) недостаточны для покрытия стремительно растущих потребностей человечества, так как характеризуются чрезвычайно низкой интенсивностью поступающей энергии и в большинстве районов Земли в настоящее время экономически нерентабельны. Поэтому высокое значение приобретает эффективное сжигание топлива.

Поскольку углеводородное топливо непосредственно производит тепло в горелочном устройстве, общая эффективность источников тепла на основе горения может быть в два и более раз выше эффективности электрических источников тепла. Кроме того, горелочные устройства не создают электромагнитных помех и в случае использования инфракрасного излучения, генерируемого горелочным устройством, можно избежать прямого контакта нагреваемого тела с продуктами горения.

Одним из путей решения этой задачи может быть создание радиационных горелок на основе фильтрационного горения газов. Горение газов в пористой среде имеет ряд преимуществ в сравнении с открытым сжиганием газов, так как позволяет использовать за пределами бедные смеси и получать сверхдиабатические температуры продуктов горения [2-4]. Эти эффекты возникают в результате переноса тепла от продуктов горения к свежей смеси за счет теплопроводности твердого каркаса. Большой радиационный тепловой поток – еще одна важная особенность горения газов в пористой среде. Последнее обстоятельство позволяет использовать этот процесс для создания эффективных источников теплового излучения.

В настоящее время предложена одномерная математическая модель для описания фильтрационного горения предварительно перемешанной смеси газов в цилиндрической пористой горелке с учетом радиационного теплопереноса.

Также была разработана модель микроканальной горелки, состоящей из одинаковых расширяющихся микроканалов, внутри которых происходит горение газа, выполнено численное исследование характеристик теплового излучения от нагретых стенок расширяющегося теплоизолированного микроканала, в котором происходит горение предварительно перемешанной смеси газов [5, 6].

Классическое описание процессов диффузии базируется на законах Фика. Следствием из второго закона является классическое дифференциальное уравнение диффузии.

В последние годы сформировался повышенный интерес к исследованию диффузионных процессов, не подчиняющихся законам Фика и не описываемых классическим уравнением. Явления переноса, не укладывающиеся в классические представления, наблюдаются, например, в турбулентных потоках, в аморфных полупроводниках, высокоэнергетической плазме, пористых средах. Эти явления получили название аномальная диффузия.

Таким образом, анализ диффузии в сложной среде показывает, что обычное уравнение диффузии, основанное на законе Фика, не может моделировать аномальный характер диффузионного массопереноса, наблюдаемый в полевых и лабораторных экспериментах.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ по проекту НШ-28.2022.4.

## Список литературы

1. Аномальная диффузия радионуклидов в сильнонеоднородных геологических формациях / В.М. Головизнин, П.С. Кондратенко, Л.В. Матвеев и др. ; под ред. чл. кор. РАН Л. А. Большова ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М. : Наука, 2010. – 342 с.
2. Лаевский Ю.М., Бабкин В. С. Фильтрационное горение газа // Распространение тепловых волн в гетерогенных средах / под ред. Ю. Ш. Матроса. – Новосибирск: Наука, 1988.
3. Howell J. R., Hall M. J., Ellzey J. L. Combustion of hydrocarbon fuels within porous inert media // Prog. Energy Combust. Sci. – 1996. – V. 22. – P. 122-145.
4. Kennedy L. A., Saveliev A. V. Superadiabatic combustion in porous media: Wave propagation, instabilities, new type of chemical reactor // Intern. J. Fluid Mech. Res. – 1995. – V. 22, iss. 2. – P. 1-26.
5. Палесский Ф. С., Фурсенко Р. В., Минаев С. С. Моделирование фильтрационного горения газов в цилиндрической пористой горелке с учетом радиационного теплообмена // Физика горения и взрыва. – 2014. – т. 50, № 6. – С. 3-10.
6. Палесский Ф. С., Минаев С. С., Фурсенко Р. В., Баев В. К., Кирдяшкин А. И., Орловский В. М. Моделирование горения предварительно перемешанных смесей газов в расширяющемся канале с учетом радиационных теплопотерь // Физика горения и взрыва. – 2012. – Т. 48. – № 1. – С. 21-27.

УДК 631.371; 621.3-529

*Кондратьева Н.П., Больцин Р.Г., Краснрлуцкая М.Г., Корепанов И.Я.*

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»  
г. Ижевск

## РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК С ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

**Аннотация.** Актуальность этой темы обусловлена влиянием цифровой экономики на подготовку востребованных специалистов в АПК, которые могут использовать сквозные цифровые технологии на производстве. В статье рассмотрен пример разработки и использования сквозных цифровых технологий в АПК с применением искусственного интеллекта для управления электротехнологическим оборудованием на примере регулирования уровня освещенности (облученности) в теплице.

**Ключевые слова:** сквозные цифровые технологий в АПК, программируемые логические контроллеры, искусственный интеллект.

Актуальность этой темы обусловлена влиянием цифровой экономики на подготовку востребованных специалистов в современном мире, которые могут использовать сквозные цифровые технологий в АПК.

Разработка и применение сквозных цифровых технологий в АПК базируется на ряде нормативных документов, например, [1, 2].

Под цифровой экономикой понимается хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов этих данных и использование результатов анализа

этих данных для повышения эффективности технологий АПК при производстве, хранении, продажи, доставки товаров и услуг. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» включает:

1. Нормативное регулирование цифровой среды;
2. Кадры для цифровой экономики;
3. Информационную инфраструктуру;
4. Информационную безопасность;
5. Цифровые технологии;
6. Цифровое государственное управление;
7. Искусственный интеллект.

Цифровые технологии называются сквозными, так как они проходят через все связанные между собой технологические цепочки, то есть имеет место блокчейн: выстроенная по определенным правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих информацию. В той статье мы будем работать с элементами нейротехнологии и с искусственного интеллекта и разрабатывать энергосберегающую технологию [3, 4].

В сквозных цифровых технологиях выделяют три составляющих:

1. Сбор данных;
2. Передача и хранение этих данных;
3. Анализ полученных данных и принятие решения.

Сбор данных в цифровых технологиях осуществляется с помощью интернета вещей (IoT), а для большого объема данных используют Big Data. **Передача и хранение** этих данных осуществляется с помощью 5G технологий, Квантовых технологий, технологии Облака и Блокчейн. **Анализ** полученных данных и принятие решения осуществляется за счет использований нейросетей и в конечном итоге за счет искусственного интеллекта.

Перейдем к конкретной технологии в АПК: регулирование одного из параметров микроклимата в каком-то помещении [5, 6, 7]. Например, в теплице до 95% урожая формируется за счет энергии оптического излучения [8, 9, 10]. Поэтому разработаем сквозные цифровые технологии для регулирования освещенности в теплице с учетом естественной освещенности. На рисунке 1 приведена функциональная схема автоматизированной цифровой системы управления, на которой видно взаимодействие взаимосвязанных в этой технологии цепочек – блокчейн.

Регулируемой величиной  $y(t)$  является освещенность (клк). Автоматизация технологического процесса заключается в автоматическом регулировании уровня освещенности в теплице, в зависимости от смены дня и ночи, и яркости солнечного излучения в течение суток.

Объектом регулирования (*ОР*) (рисунок 1) является теплица, в которой регулируется уровень облученности (освещенности) с помощью устройства измерения (*ВИ*), содержащего фотореле F&F AZH-S, с выносным герметичным фотодатчиком EA01.001.007 стоимостью 1330 руб. Этот датчик собирает данные о наружной освещенности. В соответствии со сквозными цифровыми технологиями – это этап **сбора данных** с датчиков с помощью **интернет вещей (IoT)**. Полученная информация **хранится** и **сравнивается** с заданными уров-

нями облученности (освещенности) для выращиваемой культуры в элементе сравнения.

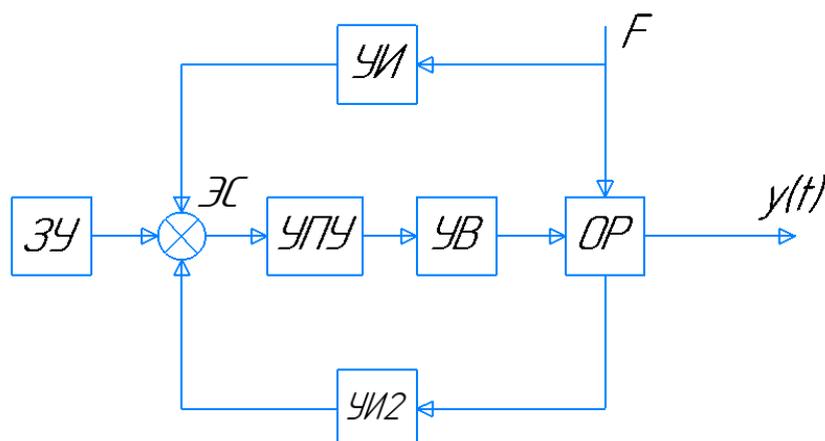


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматизированной цифровой системы управления светотехническим оборудованием в теплице: ЗУ – задающее устройство; УС – устройство сравнения; УИ – устройства измерения (датчик измерения внешнего воздействия); УПУ – усилительно-преобразующее устройство; УВ – устройство воздействия для регулирования, например, яркости; УИ2 – устройство измерения (датчик измерения внутри помещения); ОР – объект регулирования (помещение); F – внешнее воздействие (световой поток солнечного излучения);  $y(t)$  – регулируемая величина (освещенность, Е; клк)

Далее процесс вступает в третью фазу: анализ полученных данных и принятия решений. Эти функции выполняет устройство воздействия (УВ) или программируемый логический контроллер (ПЛК) марки RGB 04-22 для светодиодной ленты, модуля, линейки или LED лампы Areupon 04-22 стоимостью 771 руб., содержащий выключатель с регулятором яркости для светодиодных ламп.

Этот контроллер выполняет функцию искусственного интеллекта. Он может изменять яркость ламп и, как следствие, освещенность (облученность) теплицы, регулировать цветовые оттенки, включать или выключать светодиодную ленту, выбирать различные динамические режимы свечения светодиодной ленты, регулировать яркость, а также подбирать комфортную скорость смены цветов в динамических режимах.

С помощью нейросетей искусственный интеллект или ПЛК анализирует уровень освещенности на улице, сравнивает уровень освещения в помещении, с помощью обратной связи сравнивает этот конкретный уровень с заданным значением и принимает решение о включении или отключении источников излучения, формируя сигнал управления. Для этого предусмотрены: задающее устройство (ЗУ), устройство сравнения (УС), усилительно-преобразующее устройство (УПУ). Задающее устройство ЗУ формирует сигнал, соответствующий требуемому значению освещенности. Устройство измерения (УИ), содержащее фотореле, формирует сигнал, соответствующий реальной освещенности. Разность этих сигналов (ошибка регулирования), получаемая с помощью устройства сравнения (УС), поступает на вход усилительно-преобразующего устройства (УПУ), формирующего необходимый пропорционально-интегральный закон регулирования, пропорциональная составляющая обеспе-

чивает достаточное быстродействие регулятора, а интегральная составляющая ликвидирует статическую ошибку регулирования. Выходной сигнал УПУ служит для управления ПЛК.

*Совершенствование цифровой системы  
управления уровнем освещенности.*

Неточность работы функциональной схемы системы автоматического регулирования может быть связана с ошибками в работе фотореле в вечерний и ночной период времени из-за большого количества источников искусственного освещения. Поэтому для устранения этого можно использовать дополнительно розетку-таймер ROBITON EL-03 стоимостью 1146 руб., которую необходимо добавить в УВ в схему САУ, что позволит автоматически выключать и включать схему в определенное время, например, до восхода солнца 06:30 и после заката 18:30.

Если использовать принцип управления по возмущению, то можно уменьшить отклонение управляемой величины, то есть улучшить качество стабилизации освещенности в помещении. Для этого второе устройство измерения освещенности УИ2 будет контролировать освещенность внутри помещения, а сигналы, пропорциональные его изменению, будут передаваться на вход УС.

Таким образом, мы рассмотрели пример разработки и использования сквозных цифровых технологий в АПК с применением искусственного интеллекта для управления электротехнологическим оборудованием на примере регулирования уровня освещенности (облученности) в теплице для экономии электроэнергии.

**Список литературы**

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»).
2. Паспорт федерального проекта «Кадры для цифровой экономики», утвержденный протоколом от 28.05.2019 № 9 президиума Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.
3. Кондратьева, Н.П. Цифровые технологии для мониторинга параметров микроклимата / Н.П. Кондратьева, В.К. Ваштиев, А.В. Радикова, А.А. Шишов // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. Ижевск, 2021. – С. 106-109.
4. Кондратьева, Н.П. Энергосберегающие технологии видеоцифрового управления поведением птицы для повышения эффективности производства в птицеводстве / Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая, А.С. Кузьмин // Актуальные вопросы энергетики в АПК. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Благовещенск, 2021. – С. 121-127.
5. Kondrateva, N. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая, A. Shishov, D. Filatov, S. Ovchukova, G. Mikheev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". – 2021. – С. 012004.
6. Kondrateva, N. Effect of irradiation on the growth and rooting of a climbing rose in vitro / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая, A. Baturin, K. Baturina, N. Dukhtanova, N. Kirillin,

- S. Ovchucova, P. Zaitsev, E. Somova, M. Markova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". – 2021. – С. 012007.
7. Rudenok, V.A The effect of synergism in seed treatment with electron-donor solution and uv irradiation / V.A Rudenok, N.P. Kondratieva, N.I. Mazunina, O.S. Tikhonova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad (DAICRA 2021). – 2022. – С. 012110.
8. Ovchukova, S.A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S.A. Ovchukova, N.P. Kondratieva, O.Y. Kovalenko // Light & Engineering. – 2021. Т. 29, № 2. – С. 21-25.
9. Кондратьева, Н.П. Цифровые световые технологии для управления поведением *Galleria Mellonella* / Н.П. Кондратьева, Д.В. Бузмаков, И.Р. Ильясов, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т.15, № 1. – С. 78-83.
10. Кондратьева, Н.П. Анализ эффективного цифрового управления электротехнологическими установками для экономии электроэнергии / Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая, А.И. Батулин, А.А. Шишов, К.А. Батурина, А.В. Радикова, В.К. Ваштиев // Евразийское Научное Объединение. – 2021. № 12-1 (82). – С. 82-85.

УДК 631.371:621.3-529

<sup>1</sup>Кондратьева Н.П., <sup>2</sup>Большин Р.Г., <sup>1</sup>Краснолуцкая М.Г., <sup>1</sup>Корепанов И.Я.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

## **РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** Актуальность этой работы обосновывается тем, что большую часть года света для растений очень мало. Те, кто выращивают растения круглогодично в закрытых или защищенных помещениях, а не посезонно на улице, сталкиваются с этой большой проблемой. Поэтому необходимо использовать искусственные источники света для облучения растений. В виду того, что стоимость электроэнергии постоянно растет актуальной является задача рационально использовать ее и поэтому необходимо разрабатывать цифровые автоматизированные системы управления на базе программируемых логических контроллеров для реализации энергосберегающих технологий.

**Ключевые слова:** энергосбережение, программируемые логические контроллеры, цифровые автоматизированные системы управления, защищенный грунт.

Растения обладают разным количеством периодов вегетации, различными требованиями к уровню, качеству, длительности светового дня на разных стадиях вегетации [1-3]. Поэтому при создании энергоэффективной системы облучения необходимо учесть следующее [4-6]:

1. Фитооблучатель должен быть универсальным, то есть его можно будет применять для облучения различных видов растений.

2. Фитооблучатель должен обладать адаптивностью по отношению к виду растения и к месту расположения растений.

3. Стоимость фитооблучателя должна быть недорогая.

В последние годы стремительно развивается светотехника. При этом световая отдача фитооблучателей растет, стоимость падает, а области применения и рынок потребления расширяются [7-9].

Рынок осветительной и облучательной техники формируется на основе многих факторов: тенденций развития освещения, государственной политики стимулирования энергосберегающих технологий, динамики и направлений изменения потребительских предпочтений, конкурентной среды, нормативной базы и пр.

Поглощаемая растениями энергия света расходуется на фотосинтез, фотоморфогенез, синтез хлорофилла, а часть энергии идет на нагрев и переизлучение. Активность этих процессов зависит от длины волны [10-12]. Синий спектр предпочтительней использовать для выращивания рассады и микрозелени. Он активизирует прорастание семян, стимулирует рост корневой системы. Красный спектр применяют в период цветения и формирования завязей. Для органичного роста рассады рекомендуется чередование синего и красного оттенков. Голубой и зеленый спектры способствуют накоплению хлорофилла в листьях растений. Желтый и оранжевый стимулируют процессы фотосинтеза, выработку бета-каротина. Ультрафиолет стимулирует рост зеленой массы, укреплению корневой системы.

Изменяя соотношения излучения синей, зеленой и красной части спектра, можно влиять на прорастание, рост или торможение разных биологических процессов и стадий фотосинтеза [13-15].

Нами разработана программа для реализации автоматизированной системы управления технологическим процессом на базе для микропроцессора [16, 17].

Для составления программы воспользуемся программным обеспечением Zelio Soft 2 для интеллектуальных реле Zelio Logic, предназначенное для управления простыми системами автоматизации, так как оно предоставляет следующие возможности: программировать в режиме реального времени с использованием языка FBD (функциональных блок-схем) или контактного языка (LADDER); обнаруживать любые ошибки программирования с помощью функции проверки соответствия; реализовать режимы моделирования и контроля, то есть проверить программу в режиме реального времени с использованием интеллектуального реле, подключенного к ПК, или без него и т.д.

Выбор модуля сделан на основе количества необходимых дискретных вводов и выводов, которые будут использованы в последующем при составлении программы. Программу создана на языке FBD для программируемого логического контроллера (рисунок 1).

При выращивании различных культур удельная мощность также изменяется. В таблице 1 приведены рекомендуемые удельные мощности для разных культур.

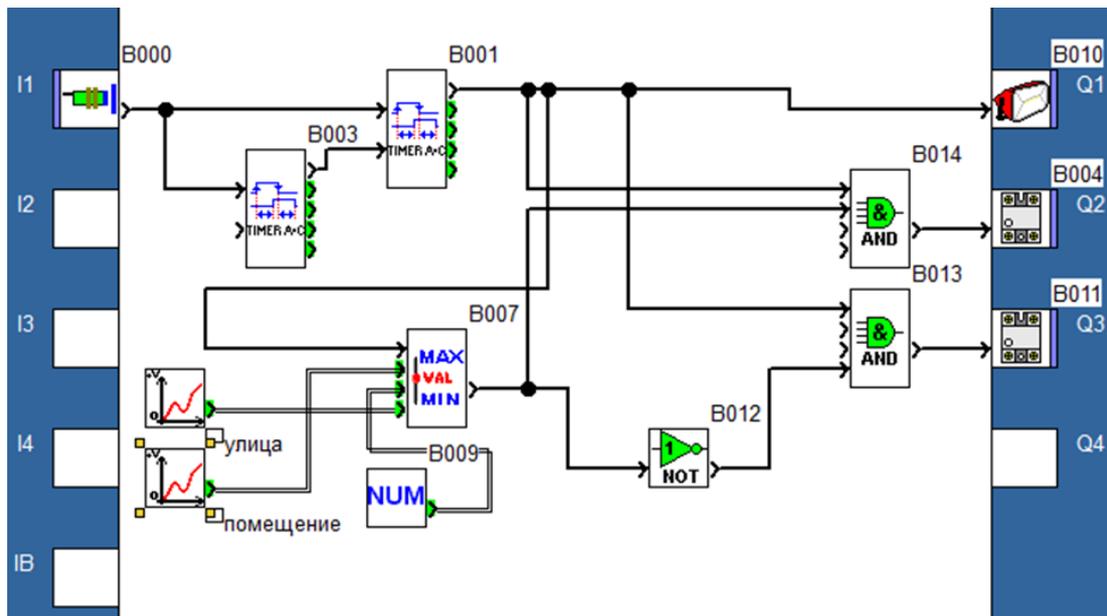


Рисунок 1 – Программа для микропроцессора для реализации цифровой автоматизированной системы управления для реализации энергосберегающих технологий

Таблица 1 – Рекомендуемые удельная мощность для различных культур

Культура	Мощность на 1 м <sup>2</sup>
Овощная рассада, зелень	50...80 Вт
Корнеплоды	50...100 Вт
Декоративные растения	50...100 Вт
Овощи в период созревания	100...170 Вт
Ягоды	150...200 Вт

Приведем пример расчета мощности фитооблучательной установки для многоярусной теплицы. Для расчета выбираем светодиоды полного спектра марки 2835 380NM-840NM 3,0-3,2 с номинальным током 150 mA и мощностью одного диода 0,45 Вт.

В фитооблучателе используются три ленты светодиодов по 12 шт. в каждой. Сажены располагаются в три этажа на специальных стеллажах размером 2000×1000×500 мм. Площадь посадок на один этаж стеллажа составляет 0,5 м<sup>2</sup>. Для зелени рекомендуемую мощность принимаем равной 65 Вт, тогда требуемая мощность будет равна 8,125 Вт. На один стеллаж требуется 3 фитолампы.

В таблице 2 приведена примерная стоимость оборудования.

Таблица 2 – Примерная стоимость электротехнического оборудования

Наименование	Количество	Цена, руб.	
		за единицу	общая
1	2	3	4
Автоматический выключатель ВА47-29	1	150	150
Фотореле F&F AZH-S, с выносным герметичным фотодатчиком EA01.001.007	1	1910	1910
Фотореле F&F AZH, герметичный со встроенным фотодатчиком EA01.001.001	1	1548	1548

1	2	3	4
SR3B101BD   Интеллектуальное реле Zelio logic, Schneider Electric	1	18564	18564
Сенсорный контроллер для RGB лент Eleganz	1	1670	1670
Лампа светодиодная IEK LLE-T8-18-230-40-G13	36	360	12960
Стеллаж металлический 2000×1000×500	12	6290	75480
Кабель ПВС 2×0,75			1900
Итого		30 492	114 182

**Выводы.** Разработанная цифровая автоматизированная система управления позволяет реализовать энергосберегающие технологии в сельскохозяйственной светотехнике и обеспечить рациональное использование электрической энергии и энергии оптического излучения выращиваемыми растениями.

#### Список литературы

1. Kondrateva, N. Determination of the effective operating hours of the intermittent lighting system for growing vegetables / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая, A. Shishov, D. Filatov, S. Ovchukova, G. Mikheev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". – 2021. – С. 012004.
2. Kondrateva, N. Effect of irradiation on the growth and rooting of a climbing rose in vitro / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsкая, A. Baturin, K. Baturina, N. Dukhtanova, N. Kirillin, S. Ovchukova, P. Zaitsev, E. Somova, M. Markova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". – 2021. – С. 012007.
3. Rudenok, V.A The effect of synergism in seed treatment with electron-donor solution and uv irradiation / V.A Rudenok, N.P. Kondratieva, N.I. Mazunina, O.S. Tikhonova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad (DAICRA 2021). – 2022. – С. 012110.
4. Ovchukova, S.A. Energy saving in lighting technologies of agricultural production / S.A. Ovchukova, N.P. Kondratieva, O.Y. Kovalenko // Light & Engineering. – 2021. – Т.29, № 2. – С. 21-25.
5. Кондратьева, Н.П. Цифровые световые технологии для управления поведением *Galleria Mellonella* / Н.П. Кондратьева, Д.В. Бузмаков, И.Р. Ильясов, Р.Г. Большин, М.Г. Краснолуцкая // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т.15, № 1. – С. 78-83.
6. Филатов, Д.А., Способ снижения энергоемкости светодиодной системы облучения (освещения) растений / Д.А Филатов, Н.П Кондратьева Р.Г, Большин, А.И Батулин и др. // Патент на изобретение 2725486 С1, 02.07.2020. Заявка № 2019117195 от 03.06.2019.
7. Rudenok, V.A., Treatment of animals without antibiotics / V.A Rudenok, N.P Kondrateva, M.G Krasnolutsкая, S.A Ovchukova, R.S .Zeynalov // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 77-1. – С. 25-28.
8. Shishov, A.A., Digital technologies for monitoring and implementation of smart diagnostics of the isolation of power supply systems with isolated neutral in the operating mode / A.A Shishov, N.P Kondrateva, R.G Bolshin, M.G Krasnolutsкая // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 75-2. – С. 109-112.
9. Кондратьева, Н.П., Концепт автоматизированной системы управления для повышения энергоэффективности электрооборудования на предприятиях АПК / Н.П. Кондратьева, В.К. Ваштиев, А.В. Радикова // Доклады ТСХА. – 2021. – С. 20-22.
10. Большин, Р.Г., Интеллектуальное техническое зрение, телемеханика, робототехника на предприятиях АПК / Р.Г Большин, Н.П Кондратьева. М.Г. Краснолуцкая и др. // «Энер-

- госбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК». Материалы Международной научно-технической конференции. – 2021. – С. 272-273.
11. Большин, Р.Г. Энергосберегающие технологии видеодигитального управления поведением птицы для повышения эффективности производства в птицеводстве / Р.Г. Большин, Н.П. Кондратьева, М.Г. Краснолуцкая, А.С. Кузьмин // «Актуальные вопросы энергетики в АПК». Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Благовещенск, 2021. – С. 121-127.
  12. Кондратьева, Н.П. Проектирование систем автоматизации / Н.П. Кондратьева, С.И. Юран, И.Р. Владыкин, И.А. Баранова, А.И. Батулин // Учебное пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Проектирование систем автоматизации» для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» профиль «Автоматизация технологических процессов» (квалификация бакалавр) / Ижевск, 2021.
  13. Шогенов, Ю.Х. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими облучательными установками / Ю.Х. Шогенов, Н.П. Кондратьева, Б.Г. Зиганшин, Р.З. Ахатов // Техника и оборудование для села. – 2022. – №4 (298) - С. 40-43.
  14. Кондратьева, Н.П. Электромеханические системы / Н.П. Кондратьева // Учебное пособие по дисциплине «Электромеханические системы» для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника» (квалификация магистр) / Ижевск, 2021.
  15. Баранова, И.А. Технические средства и системы управления технологическими процессами / И.А. Баранова, Н.П. Кондратьева // учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» / Ижевск, 2021.
  16. Баранова, И.А. Автоматизация технологических процессов и установок / И.А. Баранова, Н.П. Кондратьева // учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» / Ижевск, 2021.
  17. Краснолуцкая, М.Г. Цифровые инновационные энергосберегающие технологии в АПК / М.Г. Краснолуцкая, Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, В.К. Ваштиев, Р.З. Ахатов, А.В. Ваштиева, А.И. Шишов // «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК». Материалы Международной научно-технической конференции. – 2021. – С. 206-208.

УДК 004.946

*Корнилов А.Ю., Трушкин В.А., Шлюпиков С.В.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

**Аннотация.** В статье рассматривается необходимость применения виртуальной реальности в образовательном процессе для изучения электротехнических дисциплин. Подробно рассмотрены этапы образовательного процесса. Описываются перспективы использования виртуальной реальности как в образовательных учреждениях, так и на предприятиях электроэнергетики в целях тренировки и отработки навыков.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, VR-шлем, VR-очки, программное обеспечение, компьютер, виртуальная подстанция.

В настоящее время образовательный процесс состоит из нескольких этапов (рисунок 1):



Рисунок 1 – Этапы образовательного процесса

Первый этап заключается в изучении теоретической части. Здесь обучающиеся изучают законы, явления, определения, различные процессы и т.п. Полученные знания являются «фундаментом» для понимания всех аспектов будущей специальности и напрямую влияют на формирующийся профессионализм.

Второй этап позволяет применить полученные теоретические знания на практике. Практика представляет собой использование различных лабораторных стендов, решение ситуационных задачи, выполнение курсовых проектов, проведение исследований и т.д. Данный этап позволяет закрепить знания теории и выработать навыки самостоятельного поиска решений и инженерной смекалки.

Третий этап представляет собой полноценную практику в условиях производства. Конечно, обучающемуся не доверят работу со сложным, ответственным и опасным оборудованием без полноценного образования и группы допуска. Могут лишь доверить выполнение простых задач: замена лампочек, проведение мелкого ТО отключенного оборудования, работа на складе, сборка элементов и прочее. Данный этап позволит ощутить на себе все тонкости работы по специальности.

Финальный, четвертый этап – профессиональная работа. Если обучающийся достиг этого этапа, то это подразумевает то, что он прошел предыдущие и стал полноценным специалистом. Здесь он применяет все ранее полученные навыки.

Далеко не всегда теоретический материал идет параллельно с практическим. Многие понятные в теории вещи становятся непонятными на практике, и наоборот. Из-за этого страдает качество знаний будущего специалиста.

Для решения данной проблемы предлагается использование в учебном процессе виртуальной реальности. Практикой замечено, что использование наглядных примеров и пособий позволяет ускорить познавательный процесс. В настоящее время эту задачу во всех технических учебных заведениях выполняют лабораторные стенды, на которых возможно моделировать различные электрические и технические процессы. Для лучшего усвоения доступны конструкции электродвигателей, элементы трансформатора и т.п.

Однако, не все можно изучить и исследовать в стенах учебного заведения, так, например, при изучении определенных режимов работы трансформатора, возникают дополнительные вопросы и нет четкого понимания процесса. Кроме

того, в стенах учебного заведения бывает крайне сложно разместить специализированное и громоздкое оборудование. С этой целью организуются поездки на реальные объекты. Такая организация требует дополнительных ресурсов, бюрократических мероприятий и времени. В связи с этим подобного рода мероприятия проводятся крайне редко. Демонстрация работающему оборудованию будет поверхностной, и никто не допустит детального изучения из-за соображений безопасности.

В процессе познания человек использует различные типы памяти, в основном это зрительная память, слуховая и моторная. И у каждого человека по-разному развит каждый тип памяти, кому-то проще один раз увидеть, кому-то достаточно один раз услышать. Комбинирование разных типов памяти позволяет значительно ускорить познавательный процесс и длительно хранить его.

Для одновременного комбинирования различных типов памяти хорошо подходит использование виртуальной реальности (VR/AR) (рисунок 2). При этом обучающийся сможет на наглядном примере мысленно воспроизводить теоретический материал и частично получать практические навыки.



Рисунок 2 – Пример виртуальной подстанции с использованием VR-технологий

Учебный план образовательных учреждений подразумевает, что в процессе изучения электротехнических дисциплин, обучающийся в полной мере освоит изучаемый материал и будет способен применить его на практике. Для изучения недоступного электрооборудования используются методические указания, включающие в себя иллюстрации, схемы и плакаты в аудиториях. Как правило, этого материала достаточно для базового понимания рассматриваемого оборудования.

При более глубоком изучении различных узлов и элементов электрооборудования, обучающемуся в основном доступен материал в текстовом формате с расчетами и графиками. Из-за индивидуальных особенностей людей, некоторым этого может быть недостаточно для четкого понимания изучаемого объекта или явления, могут возникать сомнения и неуверенность в истинности представления принципов работы и особенностей узлов и элементов. Многие дисциплины рассматривают большой спектр трудно визуализируемых явлений и объектов, например, особенности работы узкоспециализированного оборудования, зависимости отдельных взятых элементов, различные режимы работы и т.д.

Предлагается перенести различные виды электрооборудования, определенные узлы, элементы и полноценную подстанцию в виртуальную реальность. Это позволит без рисков для жизни изучать особенности работы, позволит мо-

делировать уникальные ситуации работы и тем самым повысит эффективность усваивания учебного материала, закрепив теорию и практику при параллельном изучении.

Для взаимодействия с виртуальной средой необходимо наличие специального оборудования, в качестве примера на рисунке 3 показан шлем виртуальной реальности Oculus Rift S.



Рисунок 3 – VR-шлема Oculus Rift S

В него встроены камеры отслеживания по перемещению, подключается он к ПК и может использоваться в любых VR-проектах с отличным качеством картинки. Контроллеры маленькие и удобные, могут долго работать без замены батареек. Шлем легкий и удобный в эксплуатации. К плюсам можно отнести встроенную систему датчиков, из-за чего отпадает нужда в базовой станции. К минусам можно отнести высокую стоимость порядка 100 тысяч руб.

При использовании в образовательной среде достаточно иметь центральный компьютер, который будет обрабатывать всю информацию, и далее транслировать на VR-шлемы изображение. Здесь также возможны несколько вариантов: использование большой группой обучающихся или единоличное использование.



Рисунок 4 – Пример VR-класса

В результате будут получаться так называемые VR-классы, которые позволят лучше усваивать учебный материал, посредством совмещения теоретического изучения и практического, что приведет к улучшению качества знаний и повысит скорость усвоения материала.

Современные подстанции автоматизированы и могут управляться дистанционно. Тем не менее, есть ситуации, когда определенные переключения на подстанции персонал должен сделать вручную. К сожалению, в ряде случаев неправильные действия персонала приводят к смертельному исходу. Это происходит не только с молодыми работниками (по неопытности), но и с более опытными (из-за излишней уверенности в своих действиях). Поэтому, помимо образовательного процесса, виртуальные технологии могут эффективно применяться и в производстве.

#### Список литературы

1. Скворцов, К.А. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения / К.А. Скворцов // Моя профессиональная карьера. – 2019. – Т. 3, № 5. – С. 183–187.
2. Ленсу, Я.Ю. На пути к виртуальной реальности (из истории зарождения представления о виртуальной реальности) / Я.Ю. Ленсу // Инновационные образовательные технологии. – 2014. – № 1 (37). – С. 71-76.
3. Zhang, Y. Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities / Y. Zhang, H. Liu, Kang Sh.-Ch., M. Al-Hussein // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 118. – P. 213-239.
4. Карелов, С.В. Виртуальная реальность станет доступна каждому / С.В. Карелов // Компьютер-Пресс. – 2000. – № 8. – С. 16-20.

УДК 53.06

*Кочелаевская К.В., Рыжова Е.В., Полетаев С.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### СТИМУЛЯЦИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

**Аннотация.** В статье представлены результаты обработки семян с/х растений гамма-излучением разных величин, рассмотрена корреляция между количеством, мощностью облучения и поведением семян, показаны методы облучения.

**Ключевые слова:** радиобиология, облучение семян, биофизика.

Использование ионизирующей радиации в сельском хозяйстве с целью повышения эффективности роста семян различных растений уже давно рассматривается и изучается исследователями. Облучение семян растений небольшими дозами гамма-лучей от радиоактивных препаратов приводит к заметному увеличению урожайности. В основе метода лежит явление радиационного гормезиса, то есть «благоприятный эффект, который выражается в стимулирующем действии на организм малых доз радиации» [1].

Под малыми дозами понимаются дозы порядка 10 сГр. Большие дозы (порядка 5-50 Гр) радиации вызывают мутации у растений и микроорганизмов, что в отдельных случаях приводит к появлению мутантов с новыми ценными свойствами (*радиоселекция*). Так были выведены ценные сорта пшеницы, фасоли и других культур, а также получены высоко продуктивные микроорганизмы, применяемые в производстве антибиотиков.

Основными механизмами взаимодействия гамма-фотонов с веществом являются:

- Фотоэффект (гамма-квант взаимодействуя с орбитальным электроном внутренней оболочки атома полностью передает ему свою энергию, выбивая электрон с электронной орбиты);
- Эффект Комптона (гамма-квант передает орбитальному электрону только часть своей энергии, превращается в квант с меньшей энергией и отклоняется от своего первоначального пути).

В процессе облучения и на начальном этапе прорастания семян идет повреждение внутренних структур, оболочек, начинается мобилизация питательных веществ семени и тем самым ускоряется развитие проростков [2].

Дальнейшее последствие облучения проявляется в ускорении физиологического старения организма. Цикл развития и старения происходит быстрее и, как итог, наблюдается раннее цветение и созревание культур.

В Советском Союзе исследования в данной отрасли были направлены на выявление причин нестабильности ожидаемых эффектов. Было показано, что стимуляция семян гамма-лучами это тонкий биологический эффект, определяемый не только дозой облучения, но и множеством сопутствующих факторов: почвенные, погодные условия, уровень агротехники, фитопатогенная и энтомологическая обстановка во время вегетации и т.д.

Одним из методов облучения являлось использование гамма-поля, представлявшее собой опытный участок земли, с установленным источником облучения в центре, в рабочем состоянии поднимавшийся над полем, а во время работ опускавшийся под землю, и гарантировал безопасность сельскохозяйственных работ. В 1956 г. при ВНИИ в Барыбино гамма-поле было разбито на 4 зоны с разными дозами мощности, которое позволяло изучать действие различных доз облучения в разные промежутки времени.

Согласно исследованиям Л.П. Бреславец, Н.М. Березиной, при подходящей дозе облучения возникает эффект стимуляции, выражающийся в увеличении урожайности и улучшении качества растений. Так, согласно данным, гречиха зацвела на три дня раньше, дав прибавку количества зеленой массы до 42%, количество рутин повысилось до 18% по сравнению с контролем. Также кукуруза раньше зацветала и созревала, увеличивалось количество дополнительных початков, урожай по сравнению с контролем повышался на 23%. Помимо этого, урожай ягод земляники повышался на 40%, а созревание начиналось на 4 дня раньше [3].

Е.И. Преображенская составила сводку работ по радиочувствительности некоторых семян, и разбила их на три группы – радиочувствительные, среднечувствительные, радиоустойчивые. Наиболее сильно эффект стимуляции про-

является у группы радиоустойчивых растений. Эти исследования демонстрируют зависимость между радиочувствительностью растений и стимулирующей дозой, и на их основе можно составить диапазон стимулирующих излучений для изучаемых культур [4].

В противовес положительным результатам облучения семян, есть и доказательства того, что оно носит кратковременный эффект, проявляющийся лишь на начальных этапах развития. В ряде экспериментов, уже на фазе цветения не наблюдается различие в росте, массе и скорости развития контрольных растений и облученных семян.

Таким образом, подытожив все сказанное, в современном мире такой агроприем как облучение сельскохозяйственных семян гамма-излучением, дал бы новый толчок в агрономии. И его, естественно, нельзя рассматривать как единственный верный и надежный метод увеличения и ускорения процессов роста в культурах.

#### Список литературы

1. Иваницкий, Ю.А. Радиационный гормезис. Благоприятны ли малые дозы ионизирующей радиации? / Ю.А. Иваницкий // Вестник ДВо РАН. – 2006. – №6. – С.86-91.
2. Кузин, А.М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке / А.М. Кузин // М.: Наука, 1995. – 158 с.
3. Березина, Н.М. Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных растений / Н.М. Березина, Д.А. Каушанский // Атомиздат, АН СССР, 1975 г.
4. Действие ионизирующих излучений на рост и развитие некоторых сельскохозяйственных растений. «Биофизика», 1956 г., т 1.

УДК 658.26:620.92.001.57

*Кульбякина А.В., Озеров Н.А., Савельева А.И., Муниин А.П.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена структура энергопотребления предприятий переработки углеводородного сырья. С помощью предложенных зависимостей построены графики абсолютного и удельного потребления электрической энергии. Сформулированы направления снижения электропотребления, также предложен источник собственной генерации энергетических ресурсов, в том числе электрической энергии.

**Ключевые слова:** углеводородное сырье, энергоэффективность, энергетические ресурсы, электрическая энергия, удельное и абсолютное потребление.

Эффективное использование энергетических ресурсов (ЭР) в условиях современной действительности является обязательным условием для обеспечения стабильности и устойчивого развития всех ведущих отраслей промышленности [1].

Одной из наиболее энергоемких отраслей отечественной промышленности является нефтегазовый комплекс. Кроме того, для предприятий переработки углеводородного сырья (УВС) характерен опережающий рост энергопотребления по отношению к объемам роста товарной продукции [2]. Это обусловлено как объективными причинами (введение вторичных энергоемких процессов, увеличение производительности по исходному сырью, повышение качества товарных продуктов), так и негативными факторами (устаревшая материально-техническая база, неоптимальная режимы работы и частичная загрузка технологического оборудования). Предприятия переработки УВС (ПП УВС) потребляют все виды первичных ЭР: углеводородное топливо, тепловую энергию, электрическую энергию. Усредненная структура энергопотребления предприятий переработки нефти (НПЗ), газа и газового конденсата (ГПП) приведена на рисунке 1 [2, 3].

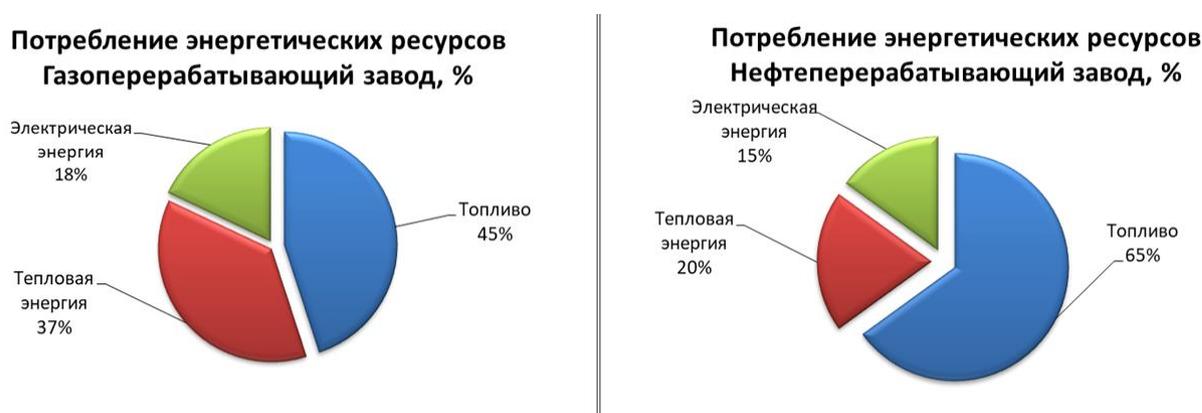


Рисунок 1 – Структура энергопотребления ПП УВС

Как видно из графиков, приведенных на рисунке 1, на долю электропотребления приходится до 18 % общего энергопотребления. По данным доступным в открытой печати за последние несколько лет установлена тенденция увеличение абсолютного и удельного электропотребления ПП УВС. В условиях современной действительности конкурентоспособность отечественной товарной продукции зависит, как от ее качества, так и от себестоимости, в которой большой процент приходится именно на энергетическую составляющую, в том числе электрическую.

На объемы потребления электроэнергии оказывает влияние ряд переменных во времени факторов: производительность, характер технологических процессов, линейка выпускаемой продукции; эколого-климатические факторы. Производительность является одним из наиболее значимых факторов, влияющих на электропотребление ПП УВС, в то же время характер изменения электрической нагрузки потребителей зависит от технологических режимов работы установок.

Абсолютное потребление электрической энергии  $E_{П}^{Эл}$ , тыс. кВт·час для ПП УВС состоящего из большого количество производств определим как:

$$E_{\Pi}^{\text{эл}} = \sum_{j=1}^n E_j = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (E_i)_j \quad (1)$$

где  $E_j$  – потребление электрической энергии в производстве  $j$  (всего  $n$  производств) и установке  $i$  (всего  $m$  установок) кВт час на тонну перерабатываемого сырья.

Удельное электропотребление ПП УВС  $e_j^{\text{эл}}$  определяется как отношение абсолютного электропотребления к производительности объекта:

$$e_j^{\text{эл}} = \frac{E_{\Pi}^{\text{эл}}}{G} = \frac{\sum_{j=1}^n E_j = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (E_i)_j}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (G_i)_j}, \quad (2)$$

где  $G$  – суммарная производительность предприятия, представляющая собой производительность в производстве  $j$  (всего  $n$  производств) и установке  $i$  (всего  $m$  установок) в тоннах перерабатываемого УВС.

С использованием формулы (1) построен годовой график электропотребления, действующего ПП УВС приведенный на рисунке 2 [4, 5].

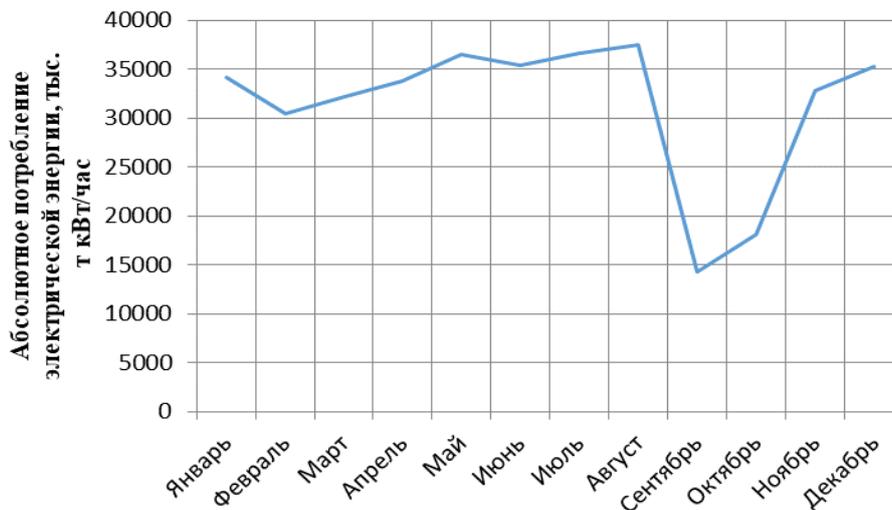


Рисунок 2 – Годовой график изменения потребления абсолютной электрической энергии

На рисунке 3 приведен график изменение производительности предприятия по исходному сырью.

Совместный анализ данных графиков, приведенных на рисунках 2 и 3 отражает прямую зависимость абсолютного электропотребления от производительности установок.

В то же время расчет удельных показателей электропотребления по формуле (2) позволил построить годовой график удельного электропотребления, приведенный на рисунке 4.

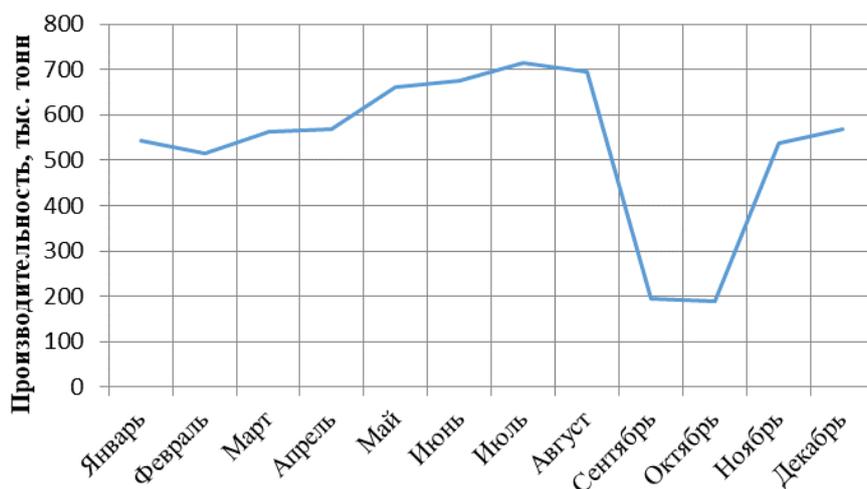


Рисунок 3 – График изменения производительности ПП УВС по исходному сырью

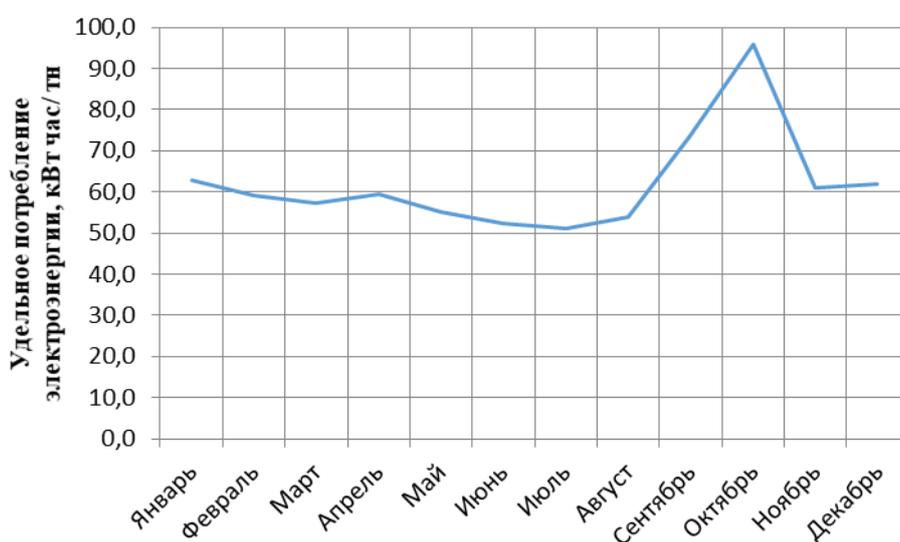


Рисунок 4 – Годовой график удельного электропотребления, кВт час на тонну сырья

График удельного электропотребления напротив характеризуется пиком, приходящимся на период значительно снижения производительности. Данный период обусловлен капитальным ремонтом, проводимым на предприятии, а следовательно, увеличением времени простоя оборудования и удельного электропотребления. Установлено, что оптимальные режимы потребления электрической энергии и минимальные показатели удельного электропотребления соответствуют максимальной производительности технологических установок.

К наиболее распространенным рекомендациям для снижения электропотребления на объектах отрасли относятся [6, 7]: использование энергосберегающих осветительных приборов; использование частотно-регулируемых приводов насосов, вентиляторов, компрессоров; применение литиевых батарей; снижение бытового потребления; оптимальная загрузка технологического оборудования.

Кроме этого большое значение имеет тот факт, что электрическая энергия в отличие от других первичных ЭР (тепловая энергия и углеводородное топли-

во) является для подавляющего большинства предприятий отрасли сторонним ЭР. В тоже время в последние десятилетия наблюдается тенденция превышения объема электропотребления над объёмами производства, в некоторых регионах страны существует дефицит электроэнергии, что провоцирует различные экономические и технологические издержки.

С этой точки зрения перспективным направлением развития действующих ПП УВС является создание собственных источников энергообеспечения, за счет использования производственных вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Так, интеграция в энергетический комплекс ПП УВС собственного источника энергообеспечения с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии [8] позволит за счет собственной генерации сократить процент потребления электроэнергии от сторонних источников. Принципиальная схема собственного источника энергообеспечения приведена на рисунке 5.

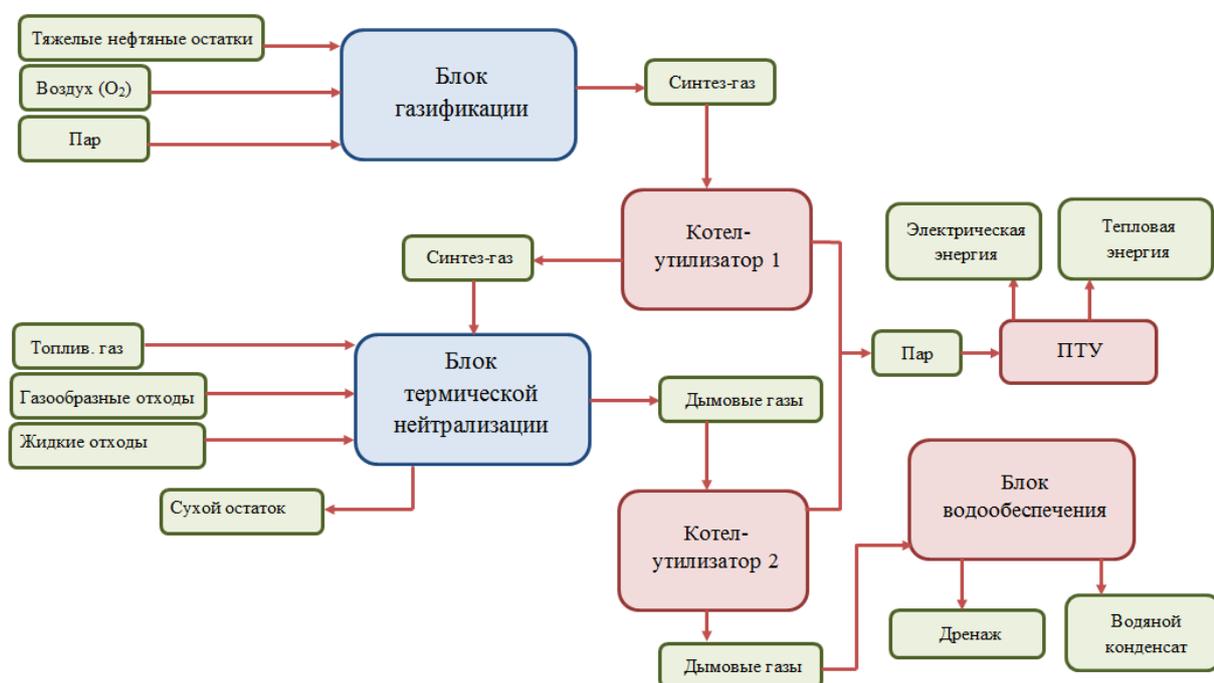


Рисунок 5 – Принципиальная схема установки энергообеспечения с комплексной утилизацией отходов предприятий нефтегазовой отрасли

Предложенная схема обладает блочным принципом и может быть масштабирована и адаптирована в зависимости от конкретной технологической топологии объекта и нужд энергообеспечения. Так для источника электрической мощностью 2,75 МВт, тепловой мощностью 9 МВт по предварительной технико-экономической оценке получены следующие основные результаты: интегральный эффект составит 1243 млн. руб., а срок окупаемости не превысит 4,5 лет.

Приведенные данные свидетельствуют об экономической целесообразности интеграции подобных схем с энергетическим комплексом ПП УВС. Собственная генерация ЭР позволит снизить потребление от сторонних источников, повысить надежность энергообеспечения технологических процессов ПП УВС.

### *Выводы:*

1. Современные ПП УВС являются крупными потребителями ЭР на собственные нужды, значительное количество потребления приходится, в том числе, на электрическую энергию, которая является полностью сторонним ЭР. В последние десятилетия наметилась устойчивая тенденция увеличения абсолютного и удельного электропотребления предприятиями, одновременно с этим эффективное использование ЭР является обязательным условием конкурентоспособности товарной продукции ПП УВС на мировом рынке.

2. Построены и проанализированы годовые графики абсолютного и удельного потребления электрической энергии ПП УВС, определены факторы влияющие на характер изменения графиков. Определены основные направления снижения потребления электрической энергии и обеспечения условий надежного энергоснабжения технологических производств ПП УВС.

3. Предложена схема собственного источника энергообеспечения с выработкой ЭР. По предварительной технико-экономической оценке при электрической мощности 2,75 МВт, тепловой мощности 9 МВт интегральный эффект составит 1243 млн. руб., а срок окупаемости не превысит 4,5 лет. Внедрение подобных источников генерации за счет ВЭР позволит снизить потребление ЭР от сторонних источников.

### *Источник финансирования. Благодарности.*

Исследование выполнено за счет средств стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам.

### **Список литературы**

1. Федеральный закон от 23.11. 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Архипенко, А.Д. Современное состояние и проблемы развития нефтеперерабатывающего комплекса в России / А.Д. Архипенко // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2016. – № 25. – С. 126-130.
3. Levinbuk, M.I. Strategic priorities of the Russian oil and gas complex / M.I. Levinbuk, S.D. Netesanov, A.A. Lebedev, A.V. Borodacheva, E.V. Sizova // Petroleum Chemistry. – 2007. Т. 47, № 4. – С. 230-244.
4. Официальный сайт «Роснефть». Годовой отчет - 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/document\\_file/a\\_report\\_2019.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/a_report_2019.pdf) (дата обращения: 05.12.2020)/
5. Официальный сайт «Газпром нефть» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ir.gazprom-neft.ru/novosti-i-otchety/godovye-otchety/> (дата обращения: 05.12.2020);
6. Миркин, А.З. Энергосбережение на НПЗ / А.З. Миркин, Г.С. Яицких, А.В. Краснов, В.Г. Яицких // Oil&Gas Journal Russia, № 11 (77). – 2013. – С. 72-75.
7. Кожевникова, Е.С. Повышение надежности систем схемы электроснабжения нефтеперерабатывающего предприятия / Е.С. Кожевникова, Ю.П. Кубарьков, С.Н. Синельникова, В.В. Челпанов // Труды Кольского научного центра РАН. – 2011. – №5. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-shemy-elektrosnabzheniya-neftepererabatyvayushchego-predpriyatiya> (дата обращения: 05.12.2021).
8. Патент на изобретение 2713936 от 11.02.2020. Установка энергообеспечения с комплексной утилизацией отходов предприятий нефтегазового сектора. Авторы: Кульбякина А.В., Озеров Н.А.

*Кумейко А.А., Цокур Е.С., Федак С.М.*

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕДВИЖНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ В АПК**

**Аннотация.** На сегодняшний день усовершенствование источников электроснабжения – актуальная задача в АПК. Применение асинхронного генератора позволяет разрабатывать автономные источники для дождевальных машин.

**Ключевые слова:** дождевальные машины, асинхронный генератор, источник энергии, электродвигатели, автономный источник, конденсаторы.

В дождевальных машинах в качестве источника энергии системы энергоснабжения используют гидрогенератор [1]. Тогда первоисточником будет также насос водоподачи. Кинетическая энергия потока поливной воды в гидрогенераторе преобразуется во вращательное движение через насос, установленный перед водораспределительным трубопроводом дождевальной машины. Такие генераторы применяют в условиях сложности подведения кабельной линии. Зоны оптимального применения различных систем энергоснабжения зависят от площади поливного участка и требуемого давления на входе дождевальной машины, исходя из чего применение автономного электроснабжения рекомендовано на поливных площадях до 10 га [2; 3; 4].

Мощность дождевальных машин относительно невелика и не превышает 15 кВА, но срыв электроснабжения может привести к существенному ущербу. Для автономного электроснабжения дождевальных машин используются бензиновые с 2- или 4-тактным двигателем и дизельные с 4-тактным – генераторные установки с частотой вращения 3000 об/мин (генераторы, работающие на такой частоте, дешевле и меньше, но гораздо более шумные) и 1500 об/мин (более тихие, с меньшим расходом и более высоким ресурсом) приводящиеся во вращение, наработка на отказ от 4000 до 20000 часов. В последнее время появляются автономные генераторы, которые приводятся в действие природными источниками энергии – ветровые генераторы, солнечные батареи и гидравлические системы. Пока эти системы обладают высокой стоимостью, низкой надежностью электроснабжения и подходят к электроустановкам небольшой мощности [5].

По виду генератора переменного тока выполняют синхронные и асинхронные однофазного и трехфазного исполнения. Обладая более сложной конструкцией синхронные генераторы лучше адаптированы к питанию активной и двигательной нагрузки. Серийные автономные источники с асинхронными генераторами выпускаются с инверторным преобразователем для формирования стабилизированного выходного напряжения устойчивой частоты. Хотя конструктивно асинхронные генераторы проще и дешевле сложность в стабили-

зации параметров напряжения и частоты является существенным ограничением их использования. Кроме того, для компенсации размагничивающего тока нагрузки асинхронным генераторам необходим источник реактивной энергии, которым является блок конденсаторов.

В автономных асинхронных генераторах источником реактивной мощности являются конденсаторы, т.е. дополнительная установка блока конденсаторов является технологической необходимостью. Задача компенсации реактивной мощности для дождевальных машин может решаться разделением конденсаторных установок на основную и дополнительную, основная служит для создания необходимого тока возбуждения в генераторе, а дополнительная – для компенсации, реактивной составляющей тока электродвигателей. Причем дополнительный блок устанавливается непосредственно в конце линии для разгрузки линии, а основной блок конденсаторов возле асинхронного генератора, так как подключение основного блока конденсаторов приведет к перекомпенсации, и требуемый эффект разгрузки линии не будет достигнут.

Снижение тока в линии особо актуальна для дождевальных машин, так как питающая линия электродвигателей приводных тележек и бустерного насоса может достигать 1000 м, что может приводить к завышению сечения питающего кабеля. Расчет потери напряжения в питающей линии ведется согласно действующему ГОСТу 50571.5.52-2011/МЭК 60364-5-52:2009 1 (рисунок 1).

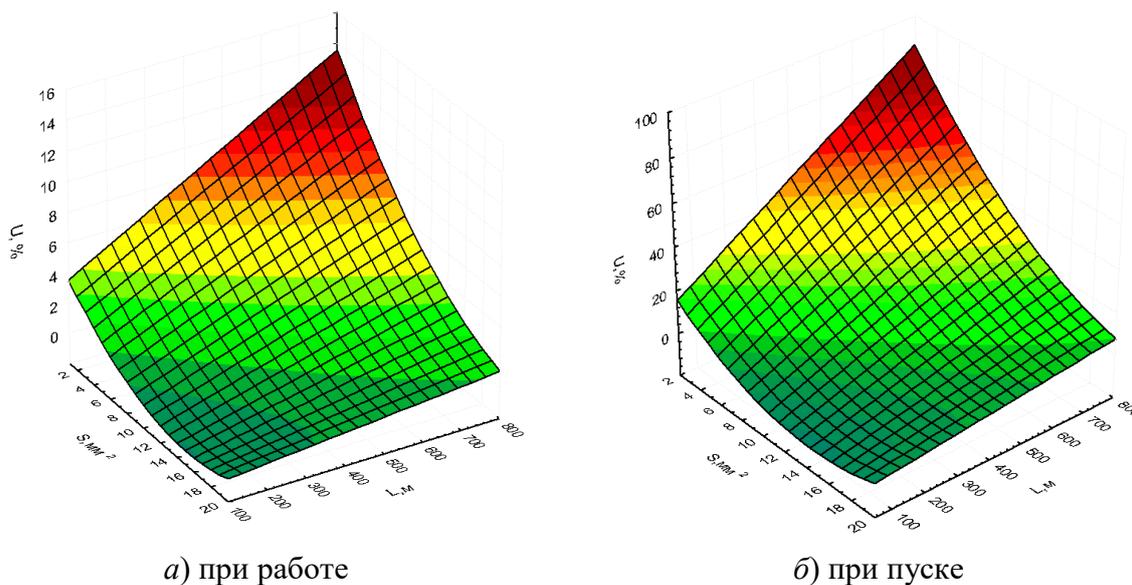


Рисунок 1 – Падение напряжения в зависимости от длины и сечения питающей линии бустерного насоса мощностью 3 кВт

Согласно расчетам с увеличением длины линии до 700 м (рисунок) сечение питающей линии необходимо увеличить в несколько раз. Причем, согласно рисунку 1, реактивная составляющая тока существенно изменяется в течении пуска электродвигателя, поэтому для точной компенсации реактивной составляющей тока необходимо разделить дополнительный блок конденсаторов на пусковую и рабочую емкость [6].

Устройства управления такой емкостью конденсаторов широко рассмотрены в разных источниках. В общем принцип действия основан на времени

включения конденсатора определенной емкости с последующим переключением на конденсаторы меньшей емкости или плавного снижения емкости конденсатора за счет отслеживания реактивной составляющей тока. Последний способ является более дорогим, так как приводит к проектированию более сложного блока управления.

#### Список литературы

1. Кумейко, А.А. Автономные источники электроэнергии как ускоритель процесса внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий выращивания сельскохозяйственных культур / Кумейко А.А. // «Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса». Междунар. Научн.-практич. конф. – 2019. – С. 551–555.
2. ГОСТ Р 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 01.01.2013. – М.: Технический комитет по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств». – 2010 – 15 с.
3. Kumeiko, A.A. Asynchronous Generator Automated Control System for Supplying Electricity to Sprinkling Machine / S.V. Oskin, N.S. Barakin, A.A. Kumeiko // 2021 Proceedings – 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021, pp. 892-896.
4. Kumeiko, A.A. Asynchronous generator with a switchable stator winding for powering the electrical equipment of sprinkling machines: Research results / S.V. Oskin, N.S. Barakin, A.A. Kumeiko // 2021 Proceedings – 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2021, pp. 90-95.
5. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
6. Кумейко, А.А. Асинхронный генератор – как возможный сегмент фактора улучшения экологической обстановки и снижения пожароопасности в лесах / А.А. Кумейко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Всеросс. (нац.) конф. – 2019. – С. 311-312.

УДК 62-111.2

**Кумейко А.А., Оськин С.В., Баракин Н.С.**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар

### **РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ В АПК**

**Аннотация.** На сегодняшний день повышение плодородия почв является очень актуальной задачей в АПК. Существует ряд специализированных машин для орошения полей. Применение асинхронного генератора позволяет разрабатывать автономные дождевальные машины.

**Ключевые слова:** дождевальные машины, асинхронный генератор, нагрузочная диаграмма, электродвигатели.

В настоящий момент для орошения пахотных земель самыми распространенными системами являются дождевальные машины. Различают дождевальные машины кругового и фронтального действия (рисунок 1).



а) кругового действия



б) фронтального действия

Рисунок 1 – Внешний вид оборудования дождевальных машин

С позиции мелиорации дождевальные машины фронтального действия имеют ряд достоинств: равномерное орошение земель, большой охват площади орошения и т.п., однако сложность в организации движения ограничивает возможность их применения. Это связано с многими факторами, например, необходимо иметь доступ к забору воды в каждой плоскости движения машины или быть подключенным к общему гибкому водопроводу; иметь соответствующий запас энергетических ресурсов (электроэнергия, газосмазочные материалы и т.п.); иметь возможность выполнения технических функций с учетом различных условий, препятствий и ограничений, возникающих при движении [1, 2].

С технической точки зрения движение дождевальной машины кругового действия организовать проще, к оси вращения подводится водопровод от центральной системы водоснабжения, либо же проектируется насосная станция с забором воды из водоема. Таким образом, забор воды осуществляется с одного неподвижного места с помощью насоса, мощность которого определяется по характеристикам трубопровода машины. Круговое движение электрифицированной дождевальной машины выполняется дискретно по секциям, согласно заданному алгоритму. В соответствии с геометрией перемещения дождевальной машиной как единого целого режим работы предусматривает поочередное включение электродвигателей секций, который практически исключает одновременный пуск (рисунок 2).

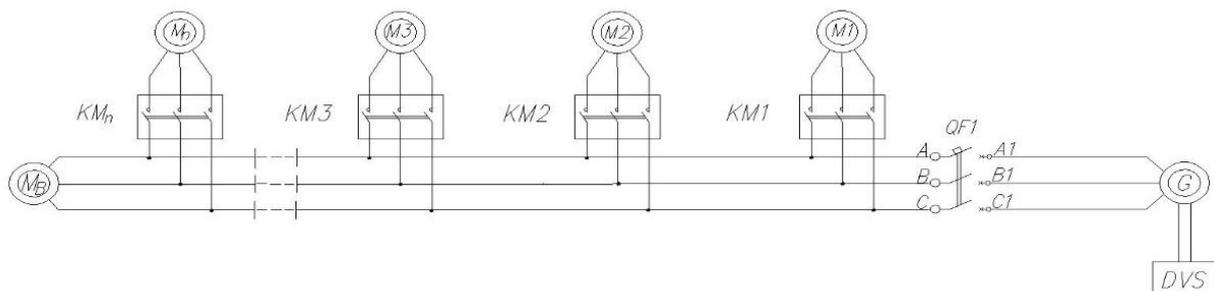


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема электроснабжения электрооборудования дождевальной машины от автономного генератора:  $M_1 \dots M_n$  – электродвигатели тележек для перемещения,  $M_B$  – электродвигатель бустерного процесса,  $G$  – автономный генератор,  $KM_1 \dots KM_n$  – контактор

Каждая опорная тележка – секция проходит различный путь, пропорционально которому требуется обеспечить различную продолжительность работы электропривода с асинхронными электродвигателями одинаковой мощности и частотой оборотов [3]. В связи с этим нагрузочная диаграмма установки имеет неравномерный вид. На рисунке 3 изображен график потребляемого тока дождевальной машины кругового действия Centerstar 168 EL в течении времени работы.

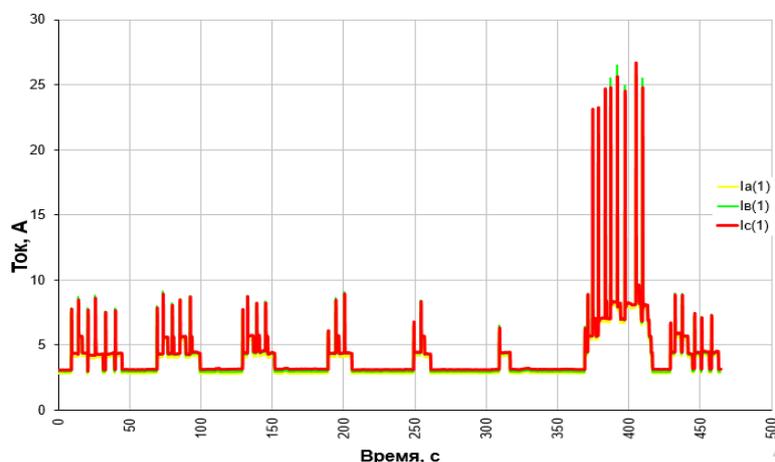


Рисунок 3 – График потребляемого тока дождевальной машины кругового действия в течении времени работы

На отечественных дождевальных машинах «Кубань» и ряда других зарубежных аналогов может реализовываться другой алгоритм работы секций. Так как движение дождевальной машины организуется по кругу, то секции проходят разное расстояние, поэтому крайняя тележка является опорной, при ее включении остальные включаются дискретно и подстраиваются таким образом, что при отклонении последующей секции на определенный угол автоматически включается электропривод предыдущей тележки, при этом возможно одновременное включение электродвигателей тележек, что приводит к выбору источника энергии большей мощности, чтобы удовлетворять величине нагрузки в каждый момент времени ее действия, т.е. с запасом. При монтаже изначально все секции дождевальной машины выстраиваются в прямую линию с допуском искривления относительно оси не более 2% под контролем датчиков GPS. При практическом применении работа тележек может отличаться от идеальной из-за механических потерь при пробуксовке колес или сложных рельефных параметров поверхности поля. Настройка автоматизирования работы системы только на основании временных параметров не допускается [4].

Наличие частых пусков электродвигателей с короткозамкнутым ротором определяет необходимость использования дополнительных способов для снижения пусковых токов. Высокие пусковые токи приводят не только к завышенным энергетическим потерям, но и к существенным потерям напряжения в питающей линии. В большей степени это относится к электродвигателям бустерных насосов мощностью от 3 до 7,5 кВт, которые обеспечивают требуемый напор на последней тележке дождевальной машины и обеспечивают полив дополнительных площадей, вследствие чего они располагаются в самой удален-

ной точке подключения, так как движение опорных тележек осуществляются через редуктор электродвигателями меньшей мощностью от 0,55 до 1 кВт вследствие чего из-за высоких пусковых токов бустерных насосов завышается сечение питающей линии [1].

#### Список литературы

1. Кумейко, А.А. Исследование асинхронного генератора с автотрансформаторной обмоткой статора для питания двигательной нагрузки / Оськин С.В., Баракин Н.С., Кумейко А.А. // Сельский механизатор. – 2018. – № 10. – С. 44-45.
2. ГОСТ 17513-72. Электропривод колесных машин тяговый. Термины и определения. – М. : Межгосударственный стандарт, 1972. – 2 с.
3. Бакиров, С.М. Перспективы развития дождевальной техники / С.М. Бакиров // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 1. – С. 50-55.
4. Бородин, И.Ф. Практикум по основам автоматики и автоматизации производственных процессов / И.Ф. Бородин, Н.И. Кирилин. – М. : Колос, 1974. – 255 с.

УДК 621.321

*Лаврентьев Д.А.*

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ С ВНЕДРЕНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА**

**Аннотация.** В работе рассмотрен подход повышения энергетической эффективности систем освещения путем применения светодиодных источников света.

**Ключевые слова:** светодиодные источники света, освещение, энергоэффективность.

В современной электроэнергетике остро стоит проблема повышения энергоэффективности. Применительно к системам освещения, снижение базового удельного расхода электроэнергии – эта задача, выходящая на первый план, после обеспечения нормируемых показателей освещения. Повышение энергоэффективности положительно скажется как на энергосистеме в целом (уменьшение нагрузки на сети, особенно в часы пиковой нагрузки), так и на отдельных потребителях.

Одним из методов повышения энергетической эффективности и снижения расхода потребления электроэнергии в системах освещения является переход на светодиодные источники света. По сравнению с другими источниками света, светодиоды потребляют меньшее количество электроэнергии (в сравнении с лампами накаливания потребление электроэнергии при определенном световом потоке может уменьшится до 8 раз) [1], что позволяет говорить об экономической обоснованности их использования. При применении светодиодных источников света снижаются эксплуатационные расходы, что обусловлено большим ресурсом по сравнению с люминесцентными и лампами накаливания

[1], их техническое обслуживание и замена в связи с отказом производится гораздо реже. Светодиодные лампы пригодны для использования в различных отраслях и условиях, благодаря сохранению работоспособности в широком диапазоне температур от -40 до +40 °С, устойчивости к сетевым колебаниям напряжения. При отказе диодные лампы не требуют дополнительных мероприятий по утилизации, так как не содержат вредных и опасных материалов и веществ (ртуть, ядовитые газы, свинец и другие).

Переход на использование светодиодных светильников благоприятно скажется на энергосистему в целом. Согласно техническим характеристикам, в рабочем режиме ток для светодиодных источников света (в зависимости от мощности) будет в пределах 0,35-0,5 А, пусковой ток светодиодных ламп колеблется от 0,6 до 0,9 А, тогда как обычные лампы накаливания потребляют 2-2,5 А, а пусковой ток может достигать до 4,5 А [1]. При массовом переходе на использование диодных светильников нагрузка освещения на энергосистему в часы пиковых нагрузок может уменьшиться на 70-80% [4].

Однако, светодиодное освещение можно внедрять не на всех объектах. Специалистами доказано, что длительное воздействие диодного света на человека может стать причиной нарушения биоценоза [2]. Поэтому светодиодные лампы не рекомендуют устанавливать в общеобразовательных помещениях и жилых домах. Тогда как кратковременное воздействие диодного света не несет вреда человеку.

Еще одной причиной, тормозящей повсеместное внедрение диодных ламп, является их высокая стоимость. Цена светодиодных источников света в сравнении с люминесцентными лампами будет выше. Однако не стоит забывать, что кроме экономии электроэнергии светодиодное освещение имеет больший срок службы (по сравнению с люминесцентными и лампами накаливания), что позволяет окупить вложения в процессе эксплуатации [1]. С развитием массового производства диодных ламп возможно снижение цены производства.

В последние годы светодиодному освещению удается все успешнее зарекомендовать себя на рынке. С 2020 года объем продаж диодных ламп занимает лидирующие позиции и более того уже более 50% проданных за этот период ламп являются светодиодными [3]. На государственном уровне принята законодательная основа для поддержки и поощрения производителей и крупных предприятий потребителей, для скорейшего перехода на эффективные энерго-сберегающие технологии.

#### Список литературы

1. Статья «Сравнение ламп накаливания и светодиодных по мощности – какая лучше» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web-electric.ru/sravniyaem-lampy-nakalivaniya-i-svetodiodnye-kakie-luchshe> (дата обращения 20.04.2022).
2. Статья «Опасность освещения светодиодами» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=312](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=312) (дата обращения 20.04.2022).
3. Статья «Мировой рынок освещения. Аналитика и перспективы», Свищёв А.В., Хоркина А.А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=47415715> (дата обращения 20.04.2022).

4. Статья «Повышение энергоэффективности энергосберегающего светодиодного освещения», Шамшиддинов М.К. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45729261> (дата обращения 20.04.2022).

УДК 339.13.012

*Латышов В.А., Буторин В.А.*

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»  
г. Челябинск

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗЕРНОХРАНИЛИЩА**

**Аннотация.** Проведен анализ осветительных установок, используемых в помещениях зернохранилища. Обоснованы принципы выбора с учетом требований СНиП II-A-9-71, срока службы, энергозатратности, эффективности светоотдачи и рациональности применения. Был сделан вывод, что в зернохранилище наиболее значимыми показателями качества обладают осветительные установки с полупроводниковыми элементами.

**Ключевые слова:** осветительные установки, освещение, источники, зернохранилище, светоотдача, энергозатратность.

Осветительные установки (ОУ) – электроустановки, которые предназначены для искусственного освещения объектов. Они состоят из источников света, пускорегулирующей аппаратуры и устройств электроснабжения [1].

В свою очередь, ОУ подразделяются на несколько типов:

1. ОУ с лампами накаливания, которые известны своей низкой ценой и коротким сроком службы;

2. ОУ с газоразрядными источниками света, подразделяющиеся на лампы высокого и низкого давления, которые значительно превышают срок службы ламп накаливания. Характеризуются высокой светоотдачей, однако использование данных источников света связано с большими затратами на их утилизацию [2];

3. ОУ со светодиодными источниками освещения на основе полупроводниковых элементов. Они обладают низким потреблением электроэнергии, высокой светоотдачей, отсутствием вреда для окружающей среды и высоким сроком службы [4].

В сельскохозяйственном производстве в соответствии со СНиП II-A-9-71 для общего освещения необходимо применять газоразрядные лампы и в некоторых случаях лампы накаливания. Для зернохранилища, учитывая достоинства осветительных приборов на полупроводниковых элементах, целесообразно применение светодиодных осветительных установок [3].

Направление разработок ОУ для помещений зернохранилища включает светотехническую и электротехническую части. В светотехнической части про-

изводят выбор систем, видов и типов источников освещения. В электрической части выбираются источники питания, способы управления освещением, типы магистральных и групповых щитов.

При выборе осветительной установки необходимо учитывать характер окружающей среды, требования к светораспределению, высоте помещения, способу установки. На основании выполненной работы осуществляется техническое заключение о эффективности, рациональности и надежности осветительной установки [4].

Надежность осветительных установок зависит от их качества. Критериями качества являются:

- срок службы светильника;
- энергозатратность;
- эффективность светоотдачи;
- падение световой отдачи (ниже 70%).

Данные критерии включаем в анализ качества осветительных установок в зернохранилище (см. рисунки 1-4).

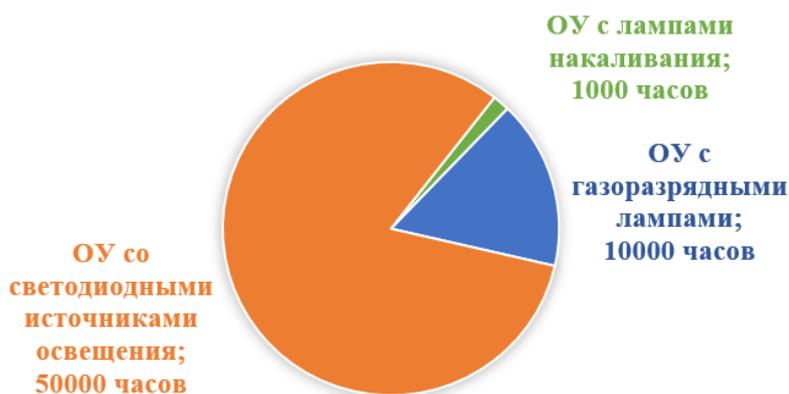


Рисунок 1 – Срок службы ОУ с лампами накаливания, газоразрядными лампами и светодиодными источниками излучения

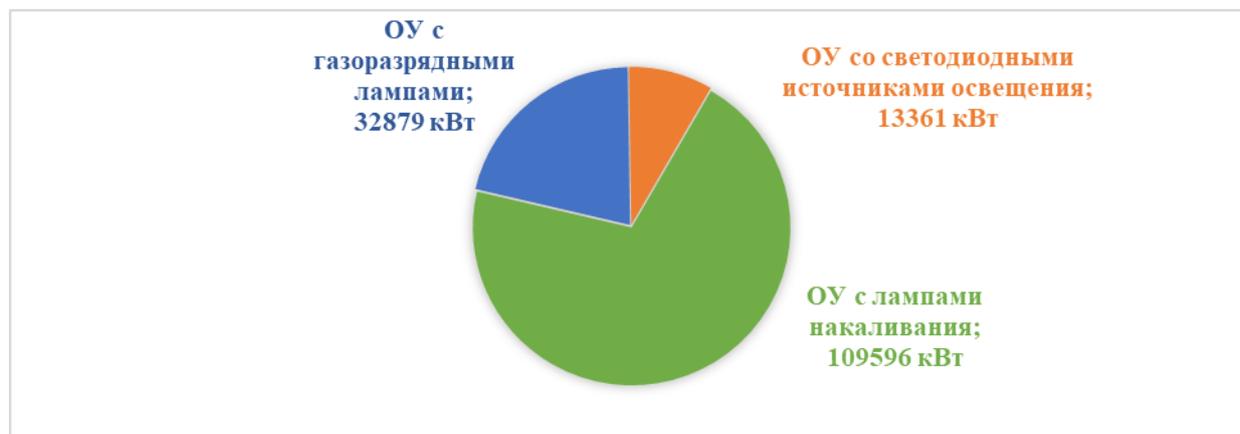


Рисунок 2 – Энергозатратность за год ОУ с лампами накаливания, газоразрядными лампами и светодиодными источниками излучения в помещении зернохранилища  $S = 1814 \text{ м}^2$

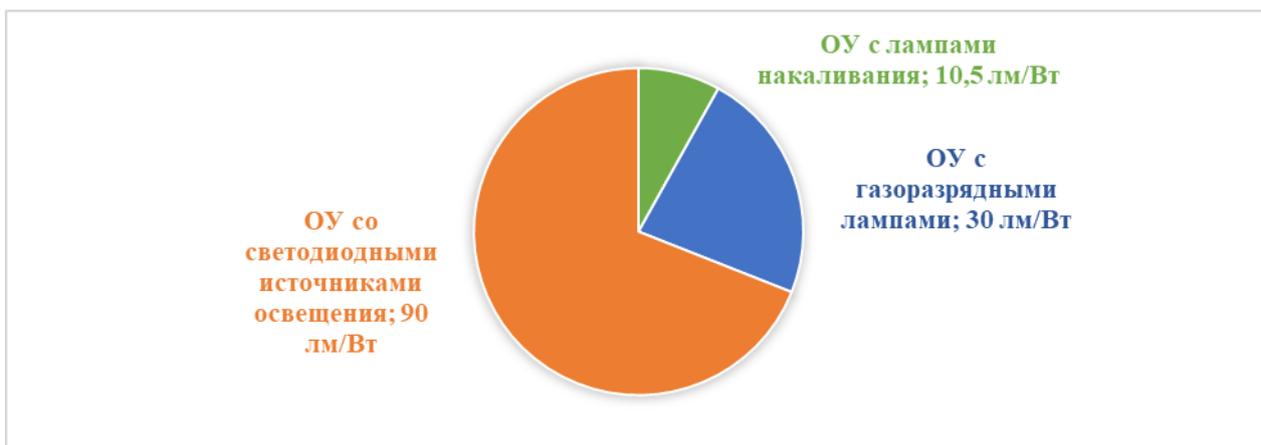


Рисунок 3 – Эффективность светотдачи для ОУ с лампами накаливания, газоразрядными лампами и светодиодными источниками излучения

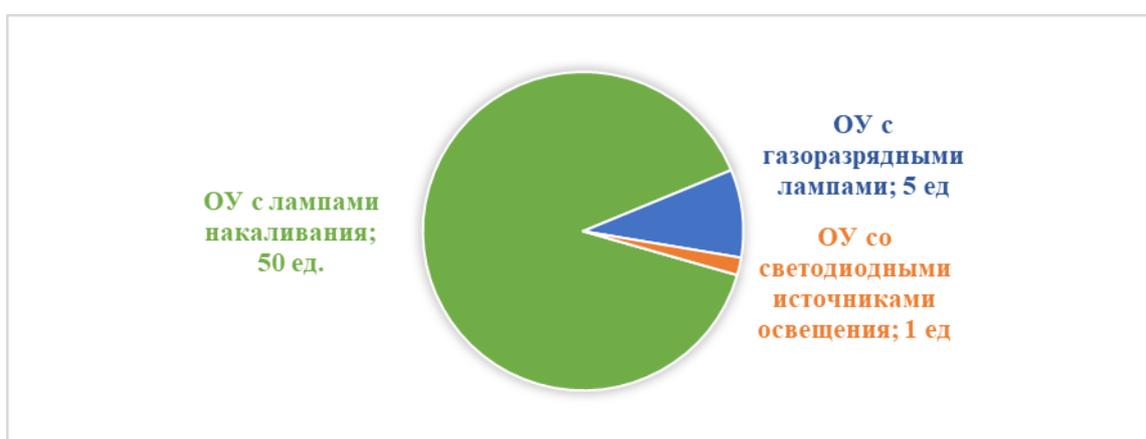


Рисунок 4 – Количество осветительных приборов на 50 000 часов работы ОУ с лампами накаливания, газоразрядными лампами и светодиодными источниками излучения

Проведенный анализ показывает, что ОУ со светодиодными источниками освещения в зернохранилище обладают наиболее высоким качеством по всем показателям: у них большой срок службы (до 50 000 часов), что позволяет использовать за это время одну осветительную установку, в отличие от той же самой ОУ с лампами накаливания, где за это время потребуется порядка 50 штук; они менее энергозатратны (до 15 000 кВт за год) и обладают наибольшей светотдачей (до 90 лм/Вт).

#### Список литературы

1. Бутаков, С.В. Осветительные установки: учебное пособие / С.В. Бутаков // Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2018.
2. Дайнеко, В.А. Эксплуатация электрооборудования и устройств автоматики : учеб. пособие / В.А. Дайнеко, Е.П. Забелло, Е.М. Прищепова // – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015.
3. СНиП II-A-9–71. Искусственное освещение. Нормы проектирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293816/4293816258.pdf> (дата обращения: 16.03.2022).
4. Шеховцов, В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов: учебное пособие / В.П. Шеховцов // – М. : ФОРУМ, 2009. – 160 с.

*Левин М.А., Глушак Л.Д.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова» г. Саратов

## АЛГОРИТМ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО РАЗДАТЧИКА КОРМОВ

**Аннотация.** В статье рассмотрен алгоритм работы роботизированного раздатчика кормов. Приведены основные технологические операции, элементная база, датчики и сканеры позиционирования в пространстве. Определены функциональные требования к роботизированным раздатчикам кормов и необходимая инфраструктура. Выполнена компоновка исполнительных устройств.

**Ключевые слова:** алгоритм, роботизация, раздатчик, эффективность.

Роботизированное устройство для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах будет содержать корпус, внутри которого установится блок управления, приводные мотор-колеса, опорное колесо, аккумулятор.

На корпусе будут размещены пульт управления, содержащий дисплей, и тензодатчики, на которые установятся накопительные бункеры, которые содержат засыпные горловины, шнеки дозаторы, шаговый электропривод, вал. В передней части устройства будет размещен вал, на торце которого закреплен лопастной смеситель. Вал будет вращаться посредством электропривода и ременной передачи. На вал закрепим солнечные шестерни и планетарный редуктор, а на коронную шестерню планетарного редуктора установим винтовой толкатель.

В передней части корпуса закрепим защитный кожух и датчик сканер [3].

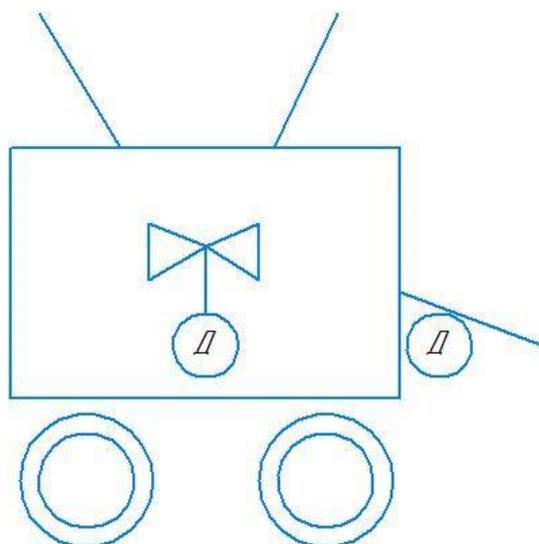


Рисунок 1 – Схема компоновки роботизированного раздатчика кормов

*Загрузка* – как правило, осуществляется в торце коровника с помощью системы загрузочных транспортеров или погрузчика. Компоненты смеси поступают в миксер из специальных бункеров, которые наполняются силосом, се-

нажом, сеном или концентратами при помощи трактора или самосвала один или два раза в сутки.

*Измельчение.* В емкость миксера смесителя загружается корм – современные модели оборудованы удобными автоматическими дозаторами, есть возможность четкого отслеживания нормирования составляющих смеси и премикса; измельчитель загружается с помощью конвейера или ковшового погрузчика. После наполнения приемного бункера включают измельчающий молотковый барабан и открывают шибер. Поступающее зерно под воздействием вращающихся молотков барабана измельчается и через сита поступает в выгрузной конвейер, который подает его в насыпь или в полимерный рукав. При устойчивом режиме работы измельчителя положением шибера регулируют подачу зерна в зависимости от его влажности и требуемой производительности.

*Разгрузка.* Миксер-раздатчик насыпает кормовую смесь на кормовой стол животноводческого комплекса. Выгрузной транспортер позволяет при движении достаточно равномерно распределять кормовую смесь на кормовой стол (иногда – в кормушки).

Точность дозирования у вертикального миксера несколько ниже, чем у горизонтального. Загружается транспортер кормом из бункера или мобильного раздатчика, приводной механизм запускается, и транспортер перемещает и распределяет корм по всей длине помещения. Вагон, управляемый программным продуктом (системой управления стадом), движется по коровнику и раздает корма в соответствии с заданием, т.е. действует аналогично миксеру-кормораздатчику, но без участия человека.

*Контроль остатков корма.* С помощью датчика по окончании кормления или перед началом следующей раздачи кормов очищается кормовой желоб путем реверсирования рабочего органа. Остатки корма сбрасываются через открывающуюся заднюю стенку загрузочного бункера натяжной станции в приемок.

*Контроль маршрута кормления.* Запрограммировать кормовагон можно на любой удобный маршрут и дозировку, при этом он способен раздавать корма, как на группу, так и индивидуально на каждую корову. Кормомашины могут использоваться при беспривязном содержании, а также на привязи: здесь система идентификации коров будет построена на маршрутном листе согласно отметкам на дороге, которая соответствуют индивидуальному стойломесту животного в коровнике. То есть программа кормления задается с учетом местоположения животного в коровнике, поэтому, если коров решили поменять места, необходимо внести в программу соответствующие корректировки [4].

*Элементная база.* ОВЕН ПЛК160 [M02] – линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными и аналоговыми входами/выходами на борту для автоматизации средних систем.

Оптимальны для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления.

*Рекомендации к применению.* Для построения распределенных систем управления и диспетчеризации с использованием как проводных, так и беспроводных технологий [6].

*Эффективность.* Внедрение автоматических систем кормления крупного рогатого скота является перспективным направлением развития отрасли животноводства. При этом производством данных систем занимаются компании преимущественно из европейских стран, для которых характерно наличие ферм с небольшой численностью стада. Российские же фермы отличаются высокой концентрацией животных, а общая численность стада на них часто превышает значение в 800 голов. Поэтому зарубежные автоматические системы кормления практически не внедряются на отечественных фермах, что во многом обусловлено и их высокой стоимостью [1].

Для решения данной проблемы нами предложен состав автоматической системы кормления, включающей мобильный смеситель-раздатчик кормов, роботизированный кормораздатчик, бункер-накопитель и, при необходимости, дополнительные транспортеры. Данная система отличается высоким уровнем производительности и позволяет эффективно применять роботизированные кормораздатчики, которые обеспечивают ряд преимуществ по сравнению с наиболее распространенной на сегодня технологией использования мобильных ИСРК.

Разработка наиболее эффективна в крупных хозяйствах с комбинированным содержанием животных, в коровниках и на открытых площадках, поскольку при увеличении численности поголовья обслуживаемых животных удельные затраты на оборудование в расчете на одну голову существенно снижаются [2]. Объем бункера зависит от поголовья стада. Движение осуществляется по предустановленным ригелям. Возможна дифференциация кормления по видам и типам содержания.

#### Список литературы

1. Внуков, Е.В. Цифровые технологии в агроинженерии / Е.В. Внуков, М.А. Левин // Сборник: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 44-47.
2. Левин, М.А. Предпосылки создания цифровых подстанций напряжением 6 и 10 кВ / М.А. Левин, Н.Н. Травов // Сборник: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2019. – С. 135-137.
3. Кормораздатчики для ферм КРС: виды, описание, характеристики, достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://profermerov.ru/kormorazdatchiki-dlya-ferm-krs-vidy-opisanie-harakteristiki-dostoinstva-i-nedostatki/> (дата обращения: 27.04.2022).
4. Миксер-кормораздатчик [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://smsz.ru/products/g\\_mixer\\_izmelchitel/vesovaya%20sistema%20dlya%20mikserov-kormorazdatchikov%20KUB-1120/](https://smsz.ru/products/g_mixer_izmelchitel/vesovaya%20sistema%20dlya%20mikserov-kormorazdatchikov%20KUB-1120/) (дата обращения: 27.04.2022).
5. Назначение, устройство, процесс работы кормораздатчиков и техническая характеристика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/9102897/page:41/> (дата обращения: 27.04.2022).
6. ОВЕН. Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://owen.ru/> (дата обращения: 27.04.2022).

*Левин М.А., Третьякова Т.И.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ВОДЫ**

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос автоматизации контроля и управления температурой воды на сельскохозяйственных объектах. Также представлен пример системы автоматического управления и мониторинга.

**Ключевые слова:** автоматизация, модуль дискретного и аналогового ввода, термопреобразователь, облачный сервис.

Технологический процесс в АПК использует тепловую энергию для отопления и горячего водоснабжения зданий, помывки скотины и новорожденных телят и других бытовых нужд.

Оборудование для получения тепловой энергии обычно автоматизируется, и обеспечивает высокое качество технологических процессов. Оборудование отличается простотой устройства, технического обслуживания и ремонта, небольшими габаритами и малой металлоемкостью, предъявляет невысокие требования к строительным конструкциям. С точки зрения предельной мощности и рабочей температуры оно является универсальным.

Электрические водонагреватели и парогенераторы применяют в системах горячего водоснабжения, отопления и вентиляции, в технологических процессах животноводства, растениеводства, в ремонтном производстве.

Развитие и совершенствование промышленного производства требует непрерывного увеличения производительности машин и агрегатов, повышения качества продукции, снижения себестоимости, повышения безопасности.

Реализация поставленных целей невозможна без внедрения современных систем управления, включая как автоматизированные (с участием человека-оператора), так и автоматические (без участия человека-оператора) системы управления (СУ).

Существует множество вариантов автоматического контроля температуры воды на предприятиях, они отличаются между собой производителем, сложностью реализации, себестоимости и надежностью.

Основой любой системы управления является программируемый логический контроллер или программируемое реле, наиболее известные иностранные производители это – Omron, Schneider Electric, Siemens. Также существуют Российские производители ПЛК: Контар, Овен, Текон. В независимости от страны производителя ПЛК система будет иметь базовый вид из стандартного набора оборудования и отличаться только в специфических моментах необходимых для конкретного производства.

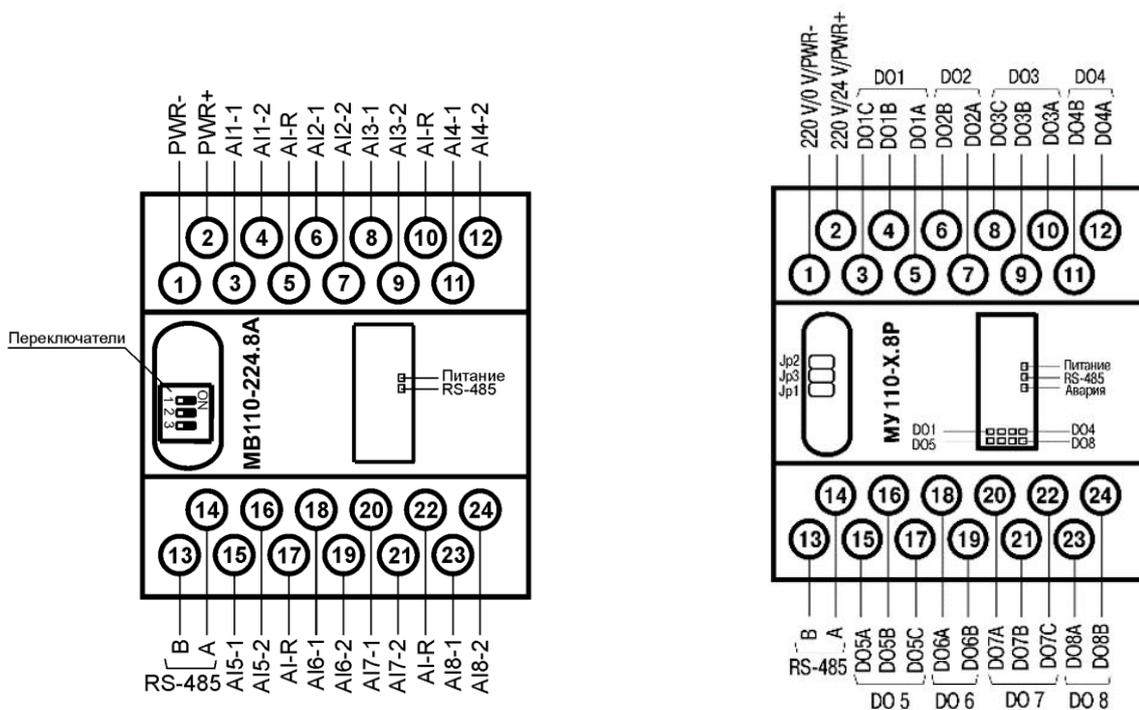


Рисунок 1 – Общие чертежи модулей MB 110-224.8A и МУ 110-224.8P

Рассмотрим пример автоматического и дистанционного контроля за температурой воды на сельскохозяйственных объектах:

1. Модуль аналоговых входов ОВЕН MB 110-224.8A;
2. Модуль дискретного вывода ОВЕН МУ110-224.8P;
3. Шлюз сетевой ОВЕН ПЕ210;
4. Термопреобразователь сопротивления ОВЕН ДТС.

Главными устройствами являются модули MB 110-224-8A и МУ 110-224.8P. Модуль аналоговых входов ОВЕН MB получает сигналы от термопреобразователя сопротивления ОВЕН ДТС и в соответствии с заложенной в него программой передает команду на модуль дискретных выходов ОВЕН МУ по протоколу RS-485, который в свою очередь управляет включением либо отключением нагревательного элемента.

Также все действия, происходящие в системе, передаются сетевому шлюзу ПЕ210 по протоколу RS-485, который по сети Internet, передаёт данные в облачный сервис OwenCloud, который применяется для удалённого мониторинга, управления и хранения архивов данных, используемых в системах автоматизации.

Доступ к сервису осуществляется с помощью web-браузера или мобильного приложения. Также оператор может через облачный сервис подавать команды на модули аналоговых входов и дискретных выходов для ручного управления системой.

Наличие сетевого шлюза, web-части и облачного хранения позволяют дистанционно контролировать технологический процесс и вносить необходимые коррективы удаленно от объекта.

Кроме того, один оператор может контролировать не один, а множество объектов, что снизит затраты на операторов и диспетчерскую службу.

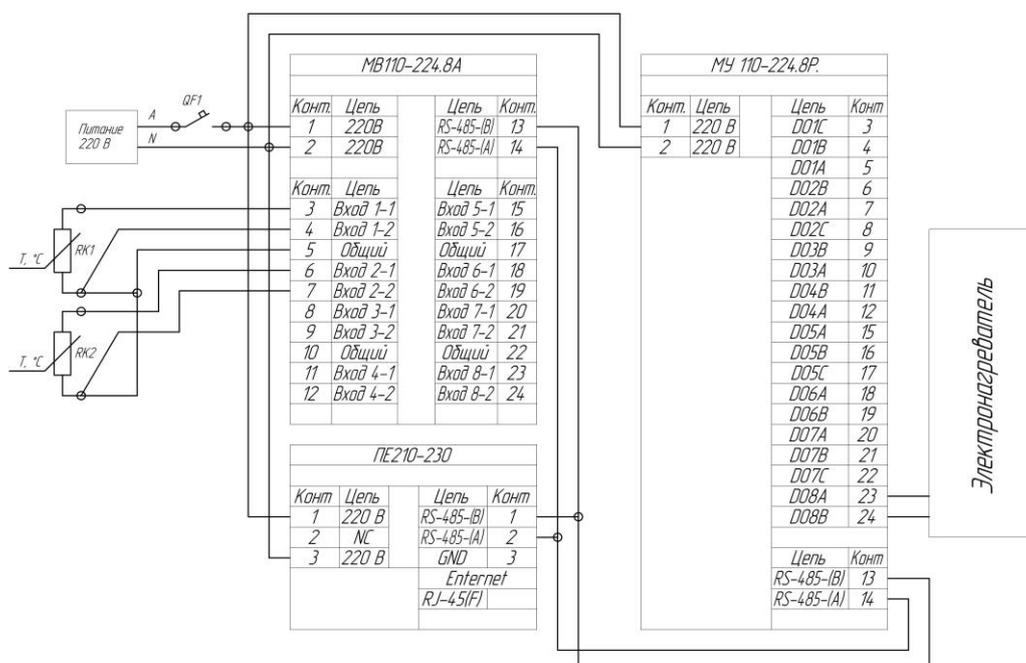


Рисунок 2 – Схема подключения  
 QF1 – автоматический выключатель;  
 RK1, RK2 – терморезисторы сопротивления

Автоматизация процессов – основа развития современного сельского хозяйства. Цель автоматизации заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов производства и повышения безопасности технологических процессов.

### Список литературы

1. Внуков, Е.В. Цифровые технологии в агроинженерии / Е.В. Внуков, М.А. Левин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 44-47.
2. Заболотько, И.В. Оборудование подогрева воды в коровнике для поения животных / И.В. Заболотько, М.А. Левин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы IX международной научно-практической конференции. Саратов, 2018. – С. 40-41.
3. Котков, Р.О. Применение возобновляемых источников питания электротехнологических процессов в АПК малой мощности / Р.О. Котков, М.А. Левин // В книге: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 110-112.
4. Травов, Н.Н. Предпосылки создания цифровых подстанций напряжений 6 и 10 кВ / Н.Н. Травов, М.А. Левин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2019. – С. 135-137.
5. Милешин, М.С. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики», 2020. – С. 135-138.
6. Значение температуры воздуха для сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studref.com/655367/agropromyshlennost/znachenie\\_temperatury\\_vozduha\\_selskohozyaystvennogo\\_proizvodstva](https://studref.com/655367/agropromyshlennost/znachenie_temperatury_vozduha_selskohozyaystvennogo_proizvodstva) (дата обращения: 05.05.2022).
7. Официальный сайт компании ОВЕН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/> (дата обращения: 05.05.2022).

*Левин М.А., Глушак Л.Д.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Аннотация.** В статье рассмотрен метод подачи корма, с помощью роботизированной техники. Дан анализ технологических процессов в АПК, где применяются роботизированные средства, динамика внедрения подобных средств. Приведена классификация роботизированных средств по критерию мобильности и самостоятельности принятия решений.

**Ключевые слова:** агробот, роботизация, продукция, эффективность.

Сельскохозяйственный робот (Агроробот) – это автоматическое устройство, предназначенное для выполнения различных механических сельскохозяйственных операций, действующее по заранее заложенной программе. На фоне интенсификации производства сельскохозяйственной продукции наблюдается увеличение числа роботов различных типов и специализации. Роботизация сельского хозяйства позволяет снизить трудозатраты, повысить производительность, а также снизить риски производства, связанные с человеческим фактором.

В связи с этим наиболее актуальными являются роботы способные выполнять наиболее трудоемкие операции при производстве сельскохозяйственной продукции, но, по дальнейшим прогнозам, технологические операции циклов производства сельскохозяйственных роботов, ежегодно производимых для аграрного сектора, на сегодняшний день составляет порядка 73 тыс. единиц, но по прогнозу на 2024 год данный показатель возрастет в 8 раз и составит более 595 тыс. единиц [4].

Наряду с увеличением сельскохозяйственных объемом производства возрастет емкость рынка роботов. Прогнозируется, что она достигнет 4,9 триллионов рублей (рисунок 1).

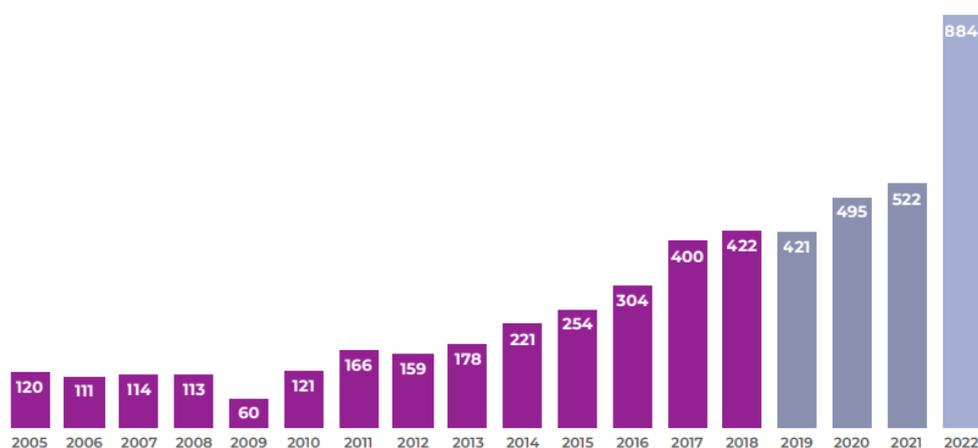


Рисунок 1 – Динамика внедрения промышленных роботов в мире, тыс. шт.

Наибольшее количество роботов, на сегодняшний день, обслуживает фермы КРС по производству молока, на втором месте находятся работы для

животноводства, далее роботы по уходу за посевами, роботы для обработки почвы и роботы для уборки урожая. Очевидно, что рынок роботов и роботизированных комплексов для сельского хозяйства ежегодно будет только расти, исходя из этого сформулирована цель поисковых исследований проанализировать и описать существующих роботов и роботизированные комплексы и на основе анализа определить наиболее перспективные направления дальнейшей разработки роботов в сельском хозяйстве [3].

Для определения перспективных направлений в сельскохозяйственной робототехнике был применен метод предусматривающий анализ существующих роботов и роботизированных комплексов для сельского хозяйства, их классификацию и разработку предложений для ведения дальнейших разработок в сфере сельскохозяйственной робототехники [1].

Количество сельскохозяйственных роботов ежегодно увеличивается на фоне интенсификации производства сельскохозяйственной продукции. Развитие сельскохозяйственной робототехники обеспечивает снижение трудозатрат, а, следовательно, и риски производства, связанные с человеческим фактором. На сегодняшний день наиболее актуальны роботы способные выполнять трудоемкие операции при производстве сельскохозяйственной продукции, но, по дальнейшим прогнозам, планируется проектирование и строительство сельскохозяйственных предприятий, полностью роботизированных без присутствия человека.

Данный показатель в 2017 году составил 73 тысячи единиц с прогнозируемым на 2024 год ростом в восемь раз и численным показателем 595 тысяч единиц, соответственно. Наибольшее количество роботов задействовано при производстве молока крупного рогатого скота 55%, на втором месте находятся роботы для других животноводческих ферм 22%, далее следуют роботы по уходу за посевами 11%, доля роботов для почвообработки составляет 7% и 5% приходится на роботов, задействованных при уборке урожая. На основе анализа существующих сельскохозяйственных роботов проведена их классификация, учитывающая отрасль работы робота, характер его перемещения, тип управления и специализацию агробота. Проведенные исследования позволили определить перспективные направления в сфере сельскохозяйственной робототехники, а именно: выкармливание поросят сосунов, создание интеллектуальных систем изменения и управления производственной площадью станков свиноводческих предприятий, разработки роботизированных систем корректировки рациона животных и птиц в зависимости от их физиологического состояния, а также создание роботизированных технологических модулей для мелкотоварных сельхозпроизводителей, позволяющих производить конкурентоспособную и экологически безопасную продукцию [2].

Применение сельскохозяйственных роботов, или агроботов можно разделить по видам производства в АПК:

– к животноводческим роботам относятся: доильные роботы, роботы для уборки навоза, роботы для подравнивания кормов, роботы кормораздатчики, роботы для стрижки животных, роботы для мойки станков, роботы для определения охоты у животных;

– к растениеводческим роботам относятся: роботы для посева культур, роботы для опрыскивания растений, роботы для уничтожения сорняков, роботы по контролю всхожести, роботы для кошения, роботы для сбора, роботы по уходу за виноградниками и деревьями, роботы транспортировщики рассады, роботы для полива, беспилотные трактора для механизированной обработки почвы;

– к птицеводческим роботам относятся: роботы для сортировки яиц, роботы для загрузки яиц, роботы для упаковки яиц;

– к вспомогательным роботам относятся: роботы для мониторинга угодий, роботы-сортировщики готовой продукции, роботы по упаковке готовой продукции.

В зависимости от вида выполняемых операций в роботах либо отсутствуют, либо присутствуют устройства для перемещения:

– стационарные роботы, т.е. без устройств для перемещения;

– мобильные роботы: колесные роботы, перемещения по воде, роботы для перемещения по воздуху (беспилотные летательные аппараты).

Также в зависимости от типа управления роботы подразделяются:

– управляемы оператором, то есть без возможности самостоятельного принятия решений;

– полуавтономные, с комбинированным ручным и автоматическим управлением;

– автономные, самостоятельно перемещающиеся роботы.

Все агророботы подразделяются на:

– роботов, выполняющих одну операцию;

– роботов, выполняющих операции одного вида;

– роботов, выполняющих ряд различных основных и вспомогательных операций.

Данная классификация агророботов позволяет определить области сельского хозяйства, в которых применение роботов имеет наибольшую актуальность, а также выявить направления где на сегодняшний день роботизация представлена в недостаточном объеме или вообще отсутствует и дать рекомендации по дальнейшей разработке агророботов.

На крупных свинофермах и комплексах актуальной является проблема дезинфекции производственных помещений. Для решения данной проблемы разработаны моечные роботы исключаящие использование ручного труда, а, следовательно, риски, связанные с попаданием грибковой микрофлоры в дыхательные пути обслуживающего персонала [5].

Необходимо отметить, что роботизирование технологических операций в сельском хозяйстве, растет и прогрессирует, тем самым занимая рабочие места работников и облегчая их труд. Роботизирование положительно влияет на экономику сельского хозяйства, сокращается затраты на персонал непосредственно контактирующий с выпускающей продукцией. Вместе с тем, возрастают требования к персоналу обслуживающие и контролирующие работу робототехнических средств.

### Список литературы

1. Внуков, Е.В. Цифровые технологии в агроинженерии / Е.В. Внуков, М.А. Левин // Сборник: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 44-47.
2. Левин, М.А. Предпосылки создания цифровых подстанций напряжением 6 и 10 кВ / М.А. Левин, Н.Н. Травов // Сборник: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2019. – С. 135-137.
3. Прогнозы, статистика в области промышленных роботов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://robotrends.ru/robopedia/novosti-prognozy-statistika-v-oblasti-promyshlennyh-robotov> (дата обращения: 27.04.2022).
4. Анализ применения автоматизированных и роботизированных комплексов в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-avtomatizirovannyh-i-robotizirovannyh-kompleksov-v-selskom-hozyaystve> (дата обращения: 27.04.2022).
5. Использование робототехнических средств в АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://research-journal.org/technical/ispolzovanie-robototexnicheskix-sredstv-v-apk/> (дата обращения: 27.04.2022).

УДК 631.365.3/4:633.88

*Лягина Л.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» г. Саратов

### АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Аннотация.** В настоящей статье рассматривается способ минимизации затрат при измельчении и сушке.

**Ключевые слова:** измельчение, сушка растительного сырья, стебли травы, программируемый логический контроллер.

Процесс полной переработки шалфея включает следующие основные стадии: сбор сырья, измельчение, сушку. Сушка измельченного сырья проводится с целью замедлить физико-химические, биохимические и другие процессы, вызывающие порчу продуктов или снижающие их качество. Особенно важно сократить время термической обработки, так как с увеличением продолжительности сушки материал теряет большинство своих полезных биологически ценных компонентов. Свежие травы имеют влажность от 65 до 85%. Влажность сухого готового продукта не должна превышать 13-14%. Температура в зоне сушки должна соответствовать 60-90 °С [1, 2].

Стебли травы шалфея имеют форму трубки (цилиндра) диаметром до 2-7 мм. Площадь поверхности цилиндра рассчитывается по формуле

$$S_{\text{цил}} = 2\pi R(R + h)$$

где  $R$  – радиус основания цилиндра, мм;  $h$  – высота цилиндра, мм.

Измельченные стебли имеют большую поверхность испарения влаги, скорость сушки возрастает, приближаясь к скорости сушки листьев. Причем измельчение трав одновременно снижает неравномерность сушки стеблей и листьев.

Основными требованиями к сушилке являются: совмещение процессов сушки и измельчения в одном объеме, сокращение длительности процесса и повышение его экономичности. Устройство предназначено для глубокой сушки материалов при сопутствующем измельчении и интенсивном перемешивании в непрерывном режиме при контактно-конвективном подводе сушильного агента.

Для сушильной установки разработана функциональная схема системы автоматического управления технологическим процессом измельчителя растительного сырья (рисунок 1).

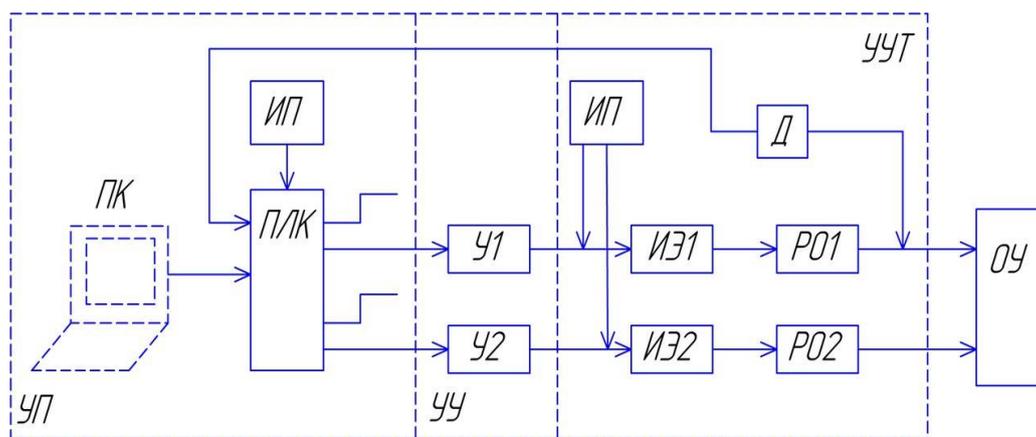


Рисунок 1 – Функциональная схема системы автоматического управления технологическим процессом измельчителя растительного сырья:

*УП* – устройство программирования; *ПК* – персональный компьютер; *ИП* – источник питания; *ПЛК* – программируемый логический контроллер; *УУ* – устройство усиления; *ИЭ1*, *ИЭ2* – исполнительный элемент; *РО1*, *РО2* – рабочий орган; *Д* – датчик; *УУТ* – устройство управления температурой

*ПЛК* (программируемый логический контроллер) подключается к источнику питания (*ИП*) и образует устройство программирования (*УП*). Здесь *РО1* и *РО2* – двухпозиционные рабочие органы, соответственно вентилятор с электроподогревателем потока воздуха, вибратор [2].

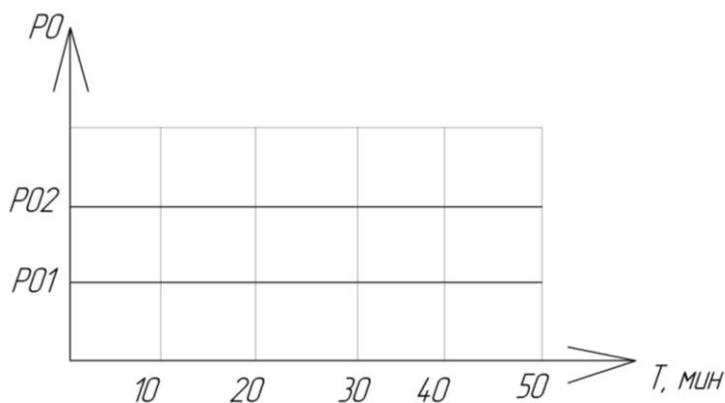


Рисунок 2 – График технологического процесса измельчителя растительного сырья

Устройство управления температурным режимом (УУТ) в барабане (корпусе) работает по принципу двухпозиционного функционирования. В качестве исполнительных элементов *ИЭ1* и *ИЭ2* выступают магнитные пускатели, осуществляющие непосредственное управление рабочими органами *PO1*, *PO2* [2, 3].

#### Список литературы

1. Шуляк, В.А. Интенсификация процессов сушки и измельчения материалов растительного происхождения / В.А. Шуляк, Д.В. Довидович // Вестник Могилевского государственного технического университета, 2006. – № 1 (10).
2. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, 2017. – №7.
3. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев // Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.

УДК 551.521.32

*Микушова А.В.*

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола

### ПРИХОД СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАКЛОННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

**Аннотация.** В работе рассмотрена методика оценки прихода солнечной радиации на наклонную приемную поверхность.

**Ключевые слова:** приход солнечной радиации, наклонная приемная поверхность, солнечная радиация, солнечное излучение.

С стремительным развитием науки, техники, истощением полезных ископаемых, использование солнечной энергии для электроснабжения потребителей становится все более актуальным. Количество генерируемой фотоэлектрическим модулем электрической энергии зависит от угла наклона его приемной поверхности. Угол наклона фотоэлектрических модулей определяется широтой. Для создания условий очистки от пыли и грязи рекомендуется наклон установки фотоэлектрических модулей по отношению к горизонтали не менее  $10^\circ$ . С целью наибольшего количества генерируемой электроэнергии целесообразно оценить приход солнечной радиации с учетом наклона приемной поверхности.

Приходящая солнечная радиация на наклонную поверхность характеризуется суммарной солнечной радиацией. В свою очередь суммарная солнечная радиация складывается из трех составляющих: прямая солнечная радиация, рассеянная (диффузная) солнечная радиация, отраженная солнечная радиация [1].

Прямая солнечная радиация – это солнечное излучение, поступающее непосредственно от солнечного диска без изменения направления.

Из рисунка 1 видно, что на наклонную поверхность меньшей площади, расположенной перпендикулярно к направлению излучения, и на горизонтальную поверхность падает равное количество солнечного излучения.

Замеры приходящей радиации на горизонтальные поверхности проводятся при помощи актинометрических станций [2].

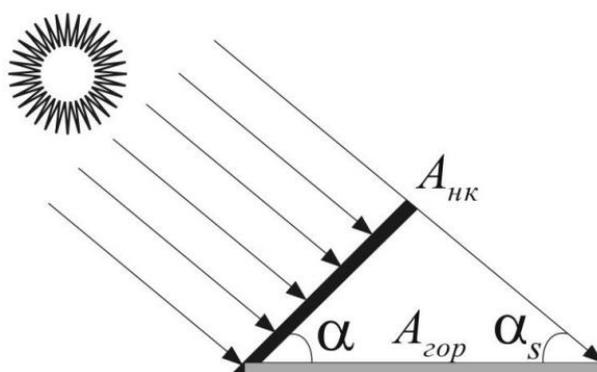


Рисунок 1 – Солнечное излучение на наклонную и горизонтальную поверхность

Прямую солнечную радиацию для наклонной поверхности выражают с помощью тригонометрических выражений, учитывающих угол наклона и угол высоты солнцестояния, угол падения солнечной радиации, угол зенита [1].

Рассеянная солнечная радиация – это солнечное излучение после изменения его первоначального направления вследствие отражения и рассеивания.

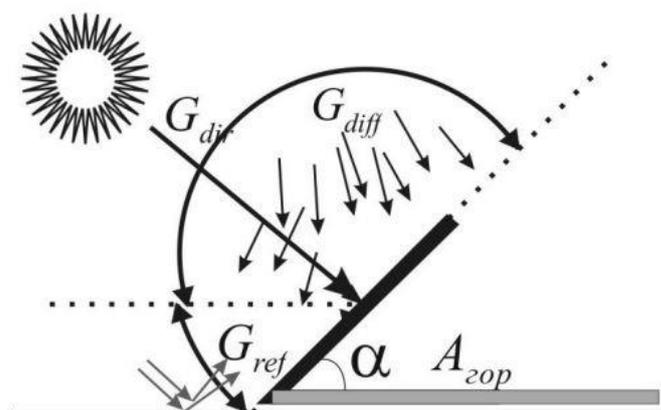


Рисунок 2 – Прямая, рассеянная и отраженная солнечная радиация на наклонную поверхность

Теоретически оценить рассеянную солнечную радиацию очень сложно. Но для этих целей существуют модели по расчету солнечной диффузной радиации, такие как: изотропная модель и модель Хейвуда-Девиса.

Отраженная солнечная радиация – это солнечная радиация, отраженная от Земли.

Для расчета отраженной солнечной радиации на наклонную поверхность используют коэффициент альbedo (коэффициент отражения поверхностей). Для различных поверхностей этот коэффициент имеет разные значения. Например, для чистого снега 0,8...0,9; для Земли 0,17.

#### *Расчет прихода солнечной радиации на наклонную поверхность*

Для расчета прихода солнечного излучения на наклонную поверхность необходимы исходные данные [3]:

- координаты расчетной точки;

- широта;
- долгота;
- среднегодовое значения солнечного излучения на горизонтальную поверхность;
- среднеемесячное дневное поступление солнечного излучения на горизонтальную площадку за пределами земной атмосферы;
- длительность каждого месяца года в сутках;
- номера характерных суток каждого месяца года;
- коэффициент отражения поверхностей (альбедо) [4].

Порядок расчета прихода солнечной радиации на наклонную поверхность, следующий:

Склонение Солнечного диска рассчитывается по формуле Купера [3]:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left( \frac{360 \cdot (284 + n)}{365} \right),$$

где  $n$  – номер дня года, который необходимо отсчитывать с 1 января.

Часовой угол захода Солнца на горизонтальной площадке определяется по выражению [3]:

$$\omega_3^\Gamma = \arccos(\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta).$$

Часовой угол захода Солнца на наклонную площадку определяется по формуле [3]:

$$\omega_3^\beta = \{ \omega_3^\Gamma, \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi - \beta)) \operatorname{tg}\delta \}.$$

После этого рассчитывается поступление суммарной энергии солнечного излучения на наклонную поверхность [3]:

$$\mathcal{E}_\Sigma^\beta = \mathcal{E}_\Sigma^\Gamma \cdot K_\Sigma^\beta,$$

где  $K_\Sigma^\beta$  – эмпирический коэффициент Клейна, который зависит от множества факторов, таких как:

$$K_\Sigma^\beta = K_\Sigma^\beta (\text{месяц года}, \varphi, \beta, \rho, \delta, \omega) = \frac{\mathcal{E}_\Sigma^\beta(\Delta t)}{\mathcal{E}_\Sigma^\Gamma(\Delta t)}.$$

В свою очередь коэффициент Клейна рассчитывается по нижеприведенной формуле [3]:

$$K_\Sigma = \left[ \left( 1 - \frac{\mathcal{E}_D^\Gamma}{\mathcal{E}_\Sigma^\Gamma} \right) \cdot K_{\text{пр}} \right] + \left[ \frac{\mathcal{E}_D^\Gamma}{\mathcal{E}_\Sigma^\Gamma} \cdot \frac{(1 + \cos \beta)}{2} \right] + \left[ \rho \cdot \frac{(1 - \cos \beta)}{2} \right],$$

где  $K_D^\Gamma$  – коэффициент отношения суммарной диффузной солнечной радиации и суммарной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, рассчитываемой по формуле:

$$K_D^\Gamma = \frac{\mathcal{E}_\Sigma^\beta(\Delta t)}{\mathcal{E}_\Sigma^\Gamma(\Delta t)}.$$

Коэффициент прямой  $K_{пр}$  определяется по следующей формуле Клейна [3]:

$$K_{пр} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3^\beta + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3^\beta \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_3^\Gamma + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3^\Gamma \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta},$$

где  $\beta$  – угол наклона приемной площадки солнечного излучения.

Для получения большего количества солнечной радиации в современных фотоэлектрических устройствах регулируется угол наклона приемной площадки. Он считается оптимальным, если поступление солнечной радиации при этом угле является максимальным.

#### Список литературы

1. Обозов, А.Дж. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие для вузов / А.Дж. Обозов, Р.М. Ботпаев // Бишкек, 2010.
2. Актинометрия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/008/258.htm> (дата обращения: 24.04.2022).
3. Малинин, Н. К. Расчет ресурсов солнечной энергетики / под ред. В. И. Виссарионова. / Н.К. Малинин, В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, С.В. Кривенко // М. : Издательский дом МЭИ, 1998.
4. Малинин, Н.К. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов / под ред. В. И. Виссарионова. / Н.К. Малинин, В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова // М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

УДК 628.931

**Никитин Д.А., Чурляева О.Н.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОГО СВЕТОВОГО ПОТОКА В ТЕПЛИЦЕ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке устройства, позволяющего плавно изменять световой поток ламп досветки в теплице. Разработана структурная электрическая схема и предложено техническое решение реализации устройства для поддержания стабильного светового потока в теплице.

**Ключевые слова:** стабильный световой поток, фотоэлемент, светодиодные фитолампы, ШИМ контролер.

Под воздействием солнечного света в листьях растений происходят уникальные фотохимические процессы, благодаря которым они живут, растут, цветут и образуют плоды.

Световой режим растений складывается из трех составляющих: уровня освещенности; продолжительности светового дня; спектрального состава света.

Ученые провели ряд экспериментов и выяснили, что свет для растений выступает не только как источник энергии, но и как регулятор роста и развития.

Наиболее оптимальным для растений является синий спектр с длиной волны – 440-450 нм, и красный с длиной волны – 650-660 нм [1]. Так, красный спектр отвечает за вытягивание стебля, его вертикальный рост. А синий спектр, наоборот, тормозит рост стебля в длину, но способствует его утолщению, наращиванию зеленых листьев.

Следовательно, для гармоничного развития растений, им нужно организовать оптимальное дополнительное освещение.

Из проведенного анализа источников искусственного света был сделан вывод, что светодиодные фитолампы обладают наиболее сбалансированным свечением лучей красного и синего спектра. Они не выделяют тепло и не повреждают листья, имеют высокий КПД [2].

Регулировать световой поток светодиодных фитоламп представленных на рынке невозможно. Это связано с тем, что внутри таких ламп установлен токовый драйвер, который не позволит корректно производить регулирование. Поэтому в качестве источников света предлагается использовать светодиодную фитоленту. Так как светодиодные ленты питаются от постоянного напряжения 5 В, 12 В, 24 В, то их световой поток целесообразно регулировать методом ШИМ.

На рисунке 1 представлена структурная схема регулятора светового потока.

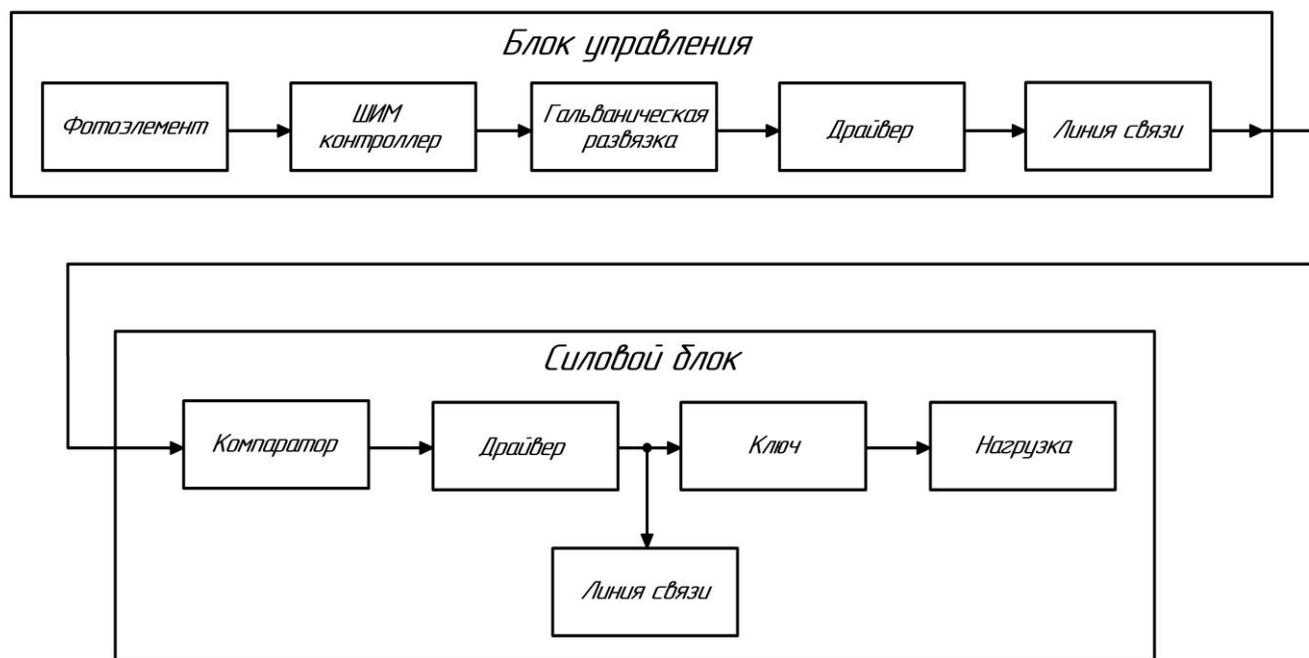


Рисунок 1 – Структурная схема регулятора светового потока

Регулятор состоит из двух блоков: блока управления; силового блока.

Световой поток воздействуя на фотозлемент изменяет значение сигнала, который поступает на ШИМ контролер. ШИМ контролер преобразует аналоговый сигнал с фотозлемента в ШИМ сигнал, скважность которого будет зависеть от сигнала с фотозлемента [3]. Через гальваническую развязку, необходимую для передачи сигнала между электрическими цепями, не имеющими непосредственного электрического контакта между собой, ШИМ сигнал поступает на

драйвер, который усиливает сигнал после гальванической развязки по току и напряжению [4].

Через линию связи, обеспечивающую защиту ШИМ сигнала от электромагнитных помех, ШИМ сигнал поступает на компаратор. Компаратор является дополнительным средством защиты от электромагнитных помех, а также выполняет функцию  $I - U$  преобразователя. С компаратора ШИМ сигнал поступает на токовый драйвер, который усиливает сигнал по току для передачи его по линии связи в следующий силовой блок, а также корректного управления ключом. Сигнал с ключа поступает на нагрузку, в роли которой выступает лампа или группа ламп [5, 6].

Использование данного устройства позволит повысить урожайность, снизить потребление электроэнергии, а при использовании системы автоматического включения и отключения в заданном интервале времени, автоматизировать процесс досветки.

#### Список литературы

1. Аутко, А.А. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений [Электронный ресурс] / А.А. Аутко [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2021. – 616 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/119264.html> (Дата обращения: 27.04.2022).
2. Вилисов, А.А. Светодиоды и светотехнические устройства / А.А. Вилисов, В.С. Солдаткин, В.И. Туев. – Томск, 2020. – 112 с.
3. Варламов, Д.О. Основы работы с аналогово-цифровым преобразователем микроконтроллеров AVR Atmega / Д.О. Варламов, С.М. Зуев, Ю.М. Шматков, А.А. Лавриков, А.А. Тимошенко. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 53 с.
4. Варламов, Д.О. Работа с основными периферийными модулями микроконтроллеров Atmega на примерах и заданиях / Д.О. Варламов, С.М. Зуев, А.А. Тимошенко. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 185 с.
5. Топильский, В.Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи / В.Б. Топильский. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 496 с.
6. Чурляева, О.Н. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учебное пособие к практическим и лабораторным занятиям / М.А. Левин, О.В. Логачёва, О.Н. Чурляева. – Саратов: Амирит, 2021. – 135 с.

УДК 621.365.55

*Николаев М.Д.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

### **СВЧ-УСТАНОВКА КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА ДЛЯ СУШКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** В статье дано описание конструкции установки СВЧ-установки для сушки сыпучих материалов и рассмотрен принцип работы источника питания магнетрона с промежуточным звеном повышенной частоты. Особенностью конструкции установки является

непрерывность работы при выходе из строя одного из магнетронов и возможность регулирования мощностью двумя способами.

**Ключевые слова:** СВЧ-установка конвейерного типа, СВЧ-сушка, магнетрон, источник питания магнетрона, регулирование мощности.

Обработка материалов с помощью СВЧ-энергии демонстрирует большое количество перспективных преимуществ по сравнению с традиционными технологиями нагрева, например, улучшенное качество изделия, сокращение временного интервала управления процессом, экономию энергии благодаря более высокому КПД, снижение уровня загрязнения окружающей среды, незначительные расходы по содержанию оборудования и более высокую гибкость установки [1]. В связи с этими преимуществами, число электротехнологических СВЧ-установок постоянно растет как в быту, так и в промышленности [2, 3]. Поэтому есть необходимость создавать эффективные, улучшенные электротехнологические установки СВЧ-нагрева, а также надежные источники электропитания питания указанных установок [4, 5].

Существуют различные конструкции электротехнологических СВЧ-установок. Для сушки сыпучих материалов определенные преимущества имеют СВЧ-установки конвейерного типа. Предлагаемый вариант конструкции такой установки представлен на рисунке 1.

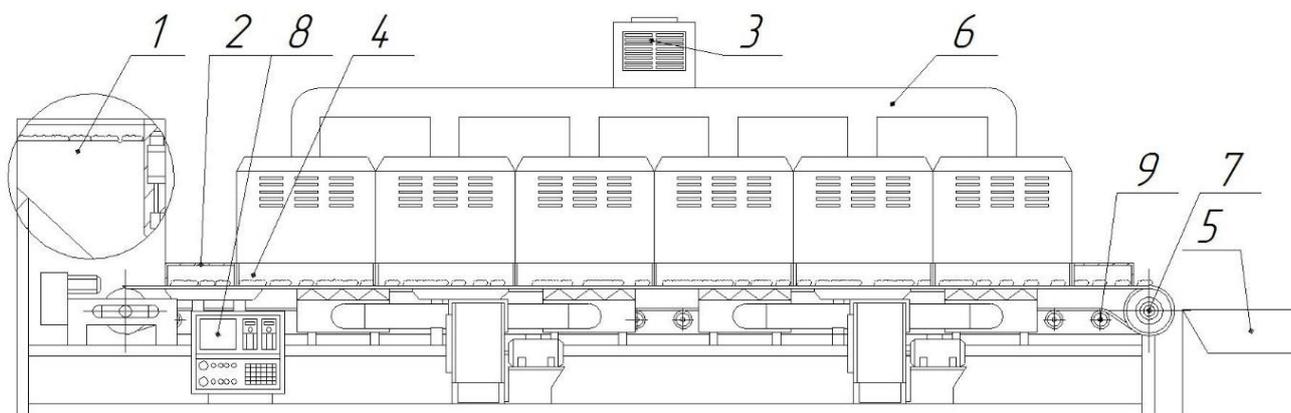


Рисунок 1 – Конструкция СВЧ-установки конвейерного типа:

- 1 – система доставки материала на конвейерную ленту; 2 – система защиты от СВЧ-излучения; 3 – вентиляционная система; 4 – обрабатываемый материал;
- 5 – система приема с конвейерной ленты; 6 – вентиляционные трубы;
- 7 – привод конвейерной ленты; 8 – система управления установкой;
- 9 – ролики-натяжители конвейерной ленты

Данная установка содержит шесть камер лучевого типа, оборудованные шестью магнетронами TOSHIBA E3328 с номинальной выходной мощностью 3 кВт. Такие магнетроны работают на частоте 2450 МГц, которая отлично подходит для обработки таких сыпучих материалов, как зерно, фрукты, овощи и травы.

Каждый СВЧ генератор имеет свой независимый от других источников питания. Такая организация электропитания, позволяет работать установке бесперебойно даже в случае выхода из строя одного или двух магнетронов.

Ленточный конвейер состоит из замкнутого тягового элемента (ленты), который одновременно является рабочим элементом, который движется по подвижным роликовым опорам и огибает направляющие. Верхняя ветвь ремня, на которой находится груз, перемещается по неподвижным рифленным роликовым опорам. Нижняя часть ремня (холостой ход) движется на прямолинейных роликовых подшипниках 9. Ремень приводится в движение приводным барабаном 7, соединенным с электродвигателем. Во время обработки модифицированный объект непрерывно перемещается по рабочей камере с помощью намоточного механизма.

Сырье 4 подается из емкости 1 на транспортировочную ленту, пропускающего микроволновое излучение, и поступает в установку, где происходит обработка. По мере прохождения через камеру обработанное вещество становится на 50-80% легче за счет удаления всей жидкости из обрабатываемого продукта. Влага, выпаренная из сырья, удаляется при помощи вытяжного вентилятора и вентиляционных труб 6. После прохождения цикла сушки через СВЧ камеры сырье поступает на систему приема с конвейерной ленты 5.

Для защиты, работающего с данной установкой персонала от СВЧ излучения, предусмотрены защитные экраны 2, которые устанавливаются на входах и выходах СВЧ камер. Защитные экраны представляют собой гибкие фольгированные листы, на которых нанесен поглощающий СВЧ-излучение материал. Это решение позволяет поглотить избыточную, отраженную от сырья СВЧ-энергию.

Процесс запуска установки происходит в следующем режиме: до включения магнетронов, запускается сама конвейерная лента и вспомогательные системы. Затем включаются вытяжные двигатели и источники питания магнетронов. Потом обрабатываемый материал начинает поступать на конвейерную ленту из системы доставки. К этому моменту магнетроны уже выходят на рабочий режим и происходит технологический процесс сушки объекта. Запускать установку можно как с пульта 8, который находится в непосредственной близости от установки, так и дистанционно.

Для управления мощностью установки в определенной точке конвейерной ленты изменяют мощность одного из шести магнетронов. Это возможно, благодаря комбинации источника электропитания с промежуточным звеном повышенной частоты и самого магнетрона в каждой камере. Если же мощности магнетронов не хватает, или несколько из них вышли из строя, возможна регулировка мощности другим способом. Датчики нагрева, установленные на выходе каждой камеры и дающие показания температуры на поверхности обрабатываемого материала, передают показания на пульт управления установкой. Далее оператор, вносит изменения в режим скорости вращения привода конвейерной ленты, таким образом регулируя время обработки сырья СВЧ энергией во время его прохождения через камеры.

Источник электропитания магнетронов в данной установке содержит промежуточное звено повышенной частоты, реализованное с помощью IGBT транзисторов. Такое решение позволяет избавиться от многочисленных недостатков, присущих системам с преобразованием напряжения на стандартной

частоте 50 Гц: большие габариты и вес, высокая стоимость, малый КПД и невысокая точность регулировки выходной мощности магнетрона.

Таким образом, предложенная конструкция СВЧ-установки конвейерного типа с источником электропитания магнетрона со звеном повышенной частоты позволяет осуществлять сушку сыпучих материалов с полной регулировкой выходной мощности магнетронов, а также снизить стоимость установки и улучшить массогабаритные показатели источников электропитания магнетронов.

#### Список литературы

1. Архангельский, Ю. С. Справочная книга по СВЧ электротермии: справочник: учебное пособие / Ю.С. Архангельский // Саратов: Научная книга, 2011. – 560 с.
2. Рогов, И.А. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов : учебное пособие / И.А. Рогов, С.В. Некрутман // М. : Агропромиздат, 1986. – 351с.
3. Промышленное применение СВЧ-нагрева / О. Морозов, А. Каргин, Г. Савенко и др. // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2010. – № 3. – С. 2-6.
4. Артюхов, И.И. Направления совершенствования мультигенераторных СВЧ электротехнологических установок / И.И. Артюхов, А.И. Земцов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 1, № 3 (54). – С. 149-154.
5. Zemtsov, A.I. Power Supply System for Industrial Packaged Magnetrons Group / A.I. Zemtsov, I.I. Artyukhov // 29th International Conference Radioelektronika (Pardubice, Czech Republic), 2019, DOI: 10.1109/RADIOELEK.2019.8733579.

УДК 620.97

*Осташенков А.П.*

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СЕТЕВЫМИ ИНВЕРТОРАМИ

**Аннотация.** Наибольшие значения интенсивности отказов среди элементов фотоэлектрических систем характерны для инверторов. В статье рассмотрен подход к повышению безотказности фотоэлектрических систем с сетевыми инверторами.

**Ключевые слова:** фотоэлектрическая система, безотказность.

В связи с принятием закона от 27.12.2019 №471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» [1] электрическая энергия, произведенная на объектах микрогенерации, в том числе фотоэлектрическими установками, и не потребленная их собственниками, может быть реализована. Объем реализованной электроэнергии определяется многими факторами, к которым относится длительность простоев фотоэлектрических систем, обусловленных отказами их элементов. В этой связи представляется актуальной задача рассмотрения аспектов повышения безотказности фотоэлектрических систем.

Безотказность фотоэлектрической системы определяется безотказностью ее элементов, а также структурой системы. С целью снижения капитальных и

эксплуатационных затрат может быть использована фотоэлектрическая система с сетевым инвертором без аккумуляторных батарей (рисунок 1).

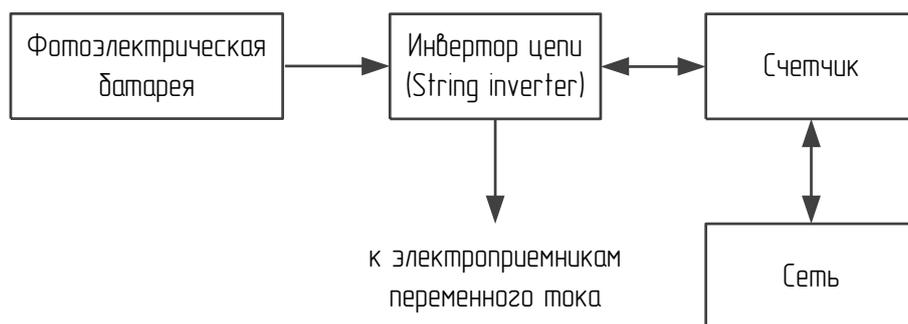


Рисунок 1 – Схема фотоэлектрической системы с инвертором цепи

Фотоэлектрическая система состоит из элементов, характеризующихся различными значениями интенсивности отказов. Для рассматриваемой системы (рисунок 1) наибольшее значение интенсивности отказов характерно для инвертора цепи (string inverter) [2]. Отказ инвертора цепи приводит к отключению фотоэлектрической батареи от сети.

В этой связи одним из вариантов повышения безотказности фотоэлектрической системы является применение микроинверторов вместо инвертора цепи (рисунок 2). При этом на каждый фотоэлектрический модуль устанавливается отдельный микроинвертор (есть микроинверторы для подключения двух или четырех фотоэлектрических модулей [3]). В этом случае отказ одного микроинвертора не приведет к отключению всех фотоэлектрических модулей от сети. Кроме того, гарантийный срок эксплуатации микроинверторов, как правило, больше, чем инверторов цепи.

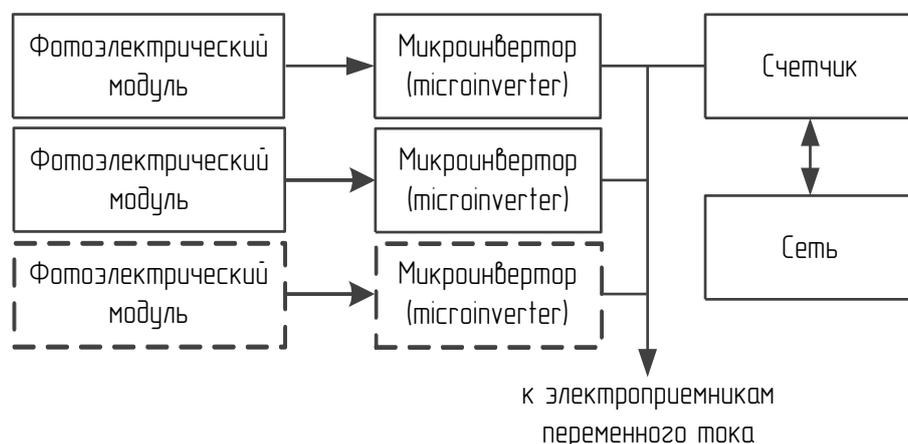


Рисунок 2 – Схема фотоэлектрической системы с микроинверторами

Применение микроинверторов может быть целесообразно с точки зрения повышения безотказности фотоэлектрических систем. Кроме того, обеспечивается проста расширения системы, поскольку при добавлении нескольких фотоэлектрических модулей, что характерно для потребителей небольшой мощности, достаточно установить соответствующее количество микроинверторов. Применение микроинверторов вместо инверторов цепи также позволяет увеличить количество произведенной фотоэлектрическими модулями электроэнергии при различной их производительности (по причине затенения, разных углов установки и т.д.).

### Список литературы

1. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» № 471-ФЗ от 27.12.2019. / КонсультантПлюс // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_341801/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341801/) (дата обращения: 25.04.2022).
2. Impact of Component Reliability on Large Scale Photovoltaic Systems' Performance / S. Baschel, E. Koubli, J. Roy, R. Gottschalg. – Текст: электронный // ResearchGate: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.researchgate.net/publication/325802929\\_Impact\\_of\\_Component\\_Reliability\\_on\\_Large\\_Scale\\_Photovoltaic\\_Systems%27\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/325802929_Impact_of_Component_Reliability_on_Large_Scale_Photovoltaic_Systems%27_Performance) (дата обращения: 25.04.2022).
3. Pros and cons of string inverters vs microinverters. – электронный // Solar reviews: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-string-inverter-vs-microinverter> (дата обращения: 25.04.2022).

УДК 62-26:621.318.3:001.895

*Пушко В.А., Рахимжанова И.А., Абдюкаева А.Ф., Герасименко И.В.*  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»,  
г. Оренбург

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО ВИБРАЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье представлена методология для прогнозирования надежности инновационного оборудования вибрационно-электромеханической системы смешивания и дозирования сыпучего материала в промышленном птицеводстве, предполагается получение динамических характеристик, которые передаются и обрабатываются в структуре управления перерабатывающего предприятия. Комплексный вибрационный мониторинг смесительных элементов с температурным нагревом, производится в установленных нормах вибрации для практической реализации с многокритериальной оценкой энергоемких технологических процессов перерабатывающего производства.

Таким образом, одним из критериев эффективности работы вибрационно-электромеханической системы является сокращение затрат на эксплуатацию в энергоемких отраслях в том числе перерабатывающая промышленность, следовательно, для обеспечения надежности эксплуатации оборудования необходимо нормировать параметры вибрации и проводить контроль технического состояния в соответствии с современными международными и национальными стандартами.

**Ключевые слова:** вибрационно-электромеханическая система, перерабатывающее предприятие, контрольно-измерительные приборы, вибрационный мониторинг, температурный нагрев, цифровая обработка вибрационного сигнала, идентификация.

В современных условиях АПК основной проблемой является повышение эффективности перерабатывающей промышленности в связи с возрастающими требованиями к конкурентоспособности готовой продукции. Однако конструктивные решения в условиях ограниченности материальных и финансовых ресурсов невозможно реализовать без неуклонного наращивания научно-

технического потенциала. Для этого необходимо создание и внедрение наукоемких вибрационных технологий как источника достижения стратегических целей, позволяющих добиться конкурентных преимуществ [1].

Для совершенствования способа преобразования цифровой информации в Оренбургском ГАУ внедряется методология процесса построения структурно-функциональных вибрационно-диагностических моделей, направленная на повышение надежности и адаптации технологических операций к отказам рабочих элементов и снижение трудоемкости производства. При этом согласованность значительной обработки и обмена диагностической информации, приведет к значительному сокращению интенсивности сбоев и отказов, соответственно к потерям полученного массива диагностической информации, что вызывает сбои в работе диспетчеризации автоматизированной системы управления и приводит к экономическим затратам.

Вибрационно-электромеханические системы используются в перерабатывающем производстве, отличаются большим разнообразием, вытекающим из назначения конкретных производств, видов и типов, условий протекания процессов. Фундаментальной причиной существующих на предприятиях проблем надежности оборудования является низкая степень объективности оценок состояния оборудования в реально протекающих процессах эксплуатации. Рассматриваемая проблема не позволяет персоналу проводить своевременные и целенаправленные мероприятия по поддержанию производства в высокой степени технической готовности [2].

В основе вибрационного процесса возможен целый комплекс физико-, химических, биохимических и микробиологических составляющих, основанных на тепловых явлениях, закономерностях преобразования мелкодисперсной сыпучей среды, который проводится в смесительном оборудовании, предназначенном для ведения механических и вибрационно-электромеханических систем, а также на оборудовании для ведения тепло-, массообменных и биотехнологических процессов [3].

Эксплуатационные потери можно сократить до минимума для практической реализации, проводя своевременное и целенаправленное техническое обслуживание на основе вибрационного мониторинга технического состояния смесительного оборудования в реальном времени, используя в полной мере заложенный в оборудовании ресурс и исключив его внеплановую (фактическую аварийную) остановку и замену. Для повышения рентабельности перерабатывающих предприятий с производственным циклом необходимо снижение эксплуатационных затрат и потерь от рисков аварий и простоев производства, связанных с внезапным выходом из строя технологического оборудования.

Таким образом, повышение конструктивной надежности на стадиях проектирования и эксплуатации достигается в определенных режимах функционирования, за счет внедрения предлагаемого динамического паспорта технологического оборудования, исходя из совокупности вибрационно-диагностических выходных параметров, как вибрация, температура, деформации и т.д., значительно влияющих на производительность и качество конечной продукции, с учетом нелинейной интерпретации вибрационных процессов.

### Список литературы

1. Современные инновационные подходы к приготовлению микродобавок на специализированной установке / В.А. Пушко, В.А. Шахов, С.В. и др. // Достижение науки и техники АПК. – 2018. – Т.32, № 4. – С. 65-68.
2. Костюков, В.Н. Ремонт оборудования по техническому состоянию на основе технологии АСУ БЭР™ КОМПАКС® / В.Н. Костюков, А.В. Костюков // Автоматизация в промышленности. – 2012. – С. 12-17.
3. Ушаков, Ю.А. Устройство объемного дозирования сыпучих компонентов для производства комбикормов / Ю.А. Ушаков, В.А. Пушко, А.Р. Ягудин, А.О. Тимофеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – №3 (83). – С. 226 – 229.

УДК 620.9

*Редкозубов В.И., Шлюпиков С.В., Иванкина Ю.В.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### **ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Ежегодно проблемы экологичности производства электрической энергии встают на первый план, так как традиционные методы получения электроэнергии сопровождаются утилизацией тепла и вредных выбросов в атмосферу. Данная статья посвящена описанию перспектив применения солнечной энергетики в Саратовской области.

**Ключевые слова:** электрооборудование, альтернативная энергетика, возобновляемая энергия, солнечная энергетика.

Возобновляемую энергию получают из более устойчивых источников, таких как солнечная энергия, энергия ветра, гидроэнергия, геотермальная энергия, энергия приливов и отливов и др. В отличие от ископаемых видов топлива, например, нефти, природного газа и угля эти источники энергии не истощаются, поэтому их называют возобновляемыми. Только за 2019 год по всему миру установлено объектов возобновляемых источников энергии общей мощностью 200 ГВт.

Территориальное расположение Саратовской области дает хорошую возможность одновременно использовать несколько видов возобновляемых источников энергии: солнце, ветер и вода. При этом их КПД будет на достаточно высоком уровне.

Крупным представителем возобновляемой энергетике в Саратовской области является Саратовская ГЭС. Гидроэлектростанция расположена на реке Волга в Саратовской области, в городе Балаково. Входит в Волжско-Камский каскад ГЭС, являясь седьмой ступенью каскада ГЭС на Волге. Мощность ее составляет 1415 МВт.

Рассматривать ветровую энергетику как отдельный источник энергии в данном регионе не целесообразно, потому как ветровые потоки здесь крайне нестабильны и не смогут покрывать ежедневно потребности.

Что касается солнечной энергетики, то с ней в регионе положение обстоит более результативнее. Специалисты отмечают: если ввести в строй солнечные батареи, которые будут занимать всего лишь 0,01% площади Саратовской области, они будут вырабатывать более 10% всей необходимой региону электроэнергии. При этом, по мнению экспертов, районы Левобережья для развития солнечной энергетики предпочтительнее правого берега.

В настоящее время на территории Саратовской области действуют четыре солнечные электростанции общей установленной мощностью 70 МВт. Первые объекты солнечной генерации: Пугачевская СЭС (15 МВт) и первая очередь Орловгайской СЭС (5 МВт) были введены в эксплуатацию в 2017 году, в 2018 году была построена вторая очередь Орловгайской СЭС (10 МВт) и Новоузенская СЭС (15 МВт).

Солнечные электростанции – самый экологичный, доступный и экономически выгодный источник электроснабжения любых объектов. Они преобразуют энергию солнца в электрическую, которую можно использовать для электроснабжения любого объекта: дачи, дома, коттеджа, предприятия, офиса, гостиницы и т.д. Уже сейчас стоимость киловатта солнечной энергии – самая дешевая из всех типов генерации. Стремительный рост их популярности приводит к тому, что все больше домов, компаний и даже целых городов полностью отказываются от традиционных (загрязняющих атмосферу) видов генерации в пользу солнечной энергетики. Например, в Австралии солнечная электростанция есть на каждом 4-м доме.

Профессионально спроектированная и построенная солнечная электростанция требует минимального обслуживания и обеспечит качественное энергоснабжение на десятилетия, многократно окупив первоначальные вложения.

Преимущество солнечных электростанции над ветровыми состоит в следующем:

1. Простота монтажа;
2. Минимальное обслуживание;
3. Низкая себестоимость сооружения.

Различают два основных вида солнечных панелей: поликристаллические и монокристаллические. Для монокристаллической панели выращивается специальный монокристалл кремния по способу Чохральского. Этот материал стоит дороже, чем поликристаллическая пластина, но из-за своего высокого качества монокристаллический модуль имеет больший КПД.

Считается, что для потребления энергии солнца оптимальным вариантом являются поликристаллические солнечные батареи. Они дешевле своего монокристаллического аналога, так как для производства используют обрезки, оставшиеся после монокристаллических элементов. Кремний при изготовлении рабочего элемента поликристаллической панели просто охлаждается из горячего расплава, что не требует высоких затрат и сложных технологий.

Различают три основных типа солнечных электростанций: сетевые, автономные и гибридные. Сетевые солнечные электростанции вырабатывают электроэнергию от солнца и сразу отдают ее в сеть, не накапливая, т.к. работают без аккумуляторов. Благодаря этому, их стоимость значительно ниже гибридных

электростанций с АКБ, что позволяет строить системы с высокой эффективностью и очень коротким сроком окупаемости (3-5 лет при сроке службы более 30 лет), особенно для организаций с дневным пиком потребления (производств, торговых центров, офисов и т.п.).

Суть работы системы проста – если вырабатываемого солнечными панелями электричества не хватает для питания потребителей, недостающая мощность добирается из сети, если есть избыток мощности – то можно либо ограничить выработку, либо отдать избыток в промышленную сеть (просто зарабатывая на этом, или используя ее как мега-аккумулятор). Это самый популярный в мире формат солнечных электростанций.



Рисунок 1 – Блок-схема сетевой электростанции

Автономная солнечная электростанция строится для электроснабжения там, где нет промышленной сети. Выработанную солнечную энергию она направляет на питание потребителей, а излишки запасает в аккумуляторных батареях. В темное время суток все электроснабжение осуществляется от аккумуляторов. Если к солнечной электростанции добавить ветрогенератор с контроллером, то при наличии ветра он сможет заряжать АКБ в любое время – такой тип электростанции будет называться автономная ветро-солнечная электростанция.



Рисунок 2 – Блок-схема автономной электростанции

Гибридная солнечная электростанция – это комбинированный тип сетевой и автономной солнечных электростанций. Днем солнечная энергия направляется во внутреннюю сеть, уменьшая потребление. Ночью система переходит на питание от промышленной сети или аккумуляторов. При отключении промышленной сети система работает как автономная солнечная электростанция – энергоснабжение объекта не прерывается и осуществляется от солнечной и запасенной в аккумуляторах энергии.



Рисунок 3 – Блок-схема гибридной электростанции

В г. Энгельс (Саратовская обл.) на крыше двухэтажного коммерческого здания в течение года работает сетевая солнечная электростанция (см. рисунок 3). Установка произведена в две очереди. Мощность 1 очереди 15 кВт – 45 панелей по 330 Вт каждая. Мощность 2 очереди 10 кВт – 30 панелей 330 Вт каждая. Установлено 2 инвертора марки Гудвин 15 и 10 кВт соответственно.



Рисунок 4 – Действующая сетевая солнечная электростанция (г. Энгельс, Саратовская область)

Инверторы для своей работы требуют обязательное подключение к сети интернет. Инверторы Гудвин, установленные на данном объекте, обладают собственным приложением для мониторинга работы в любое время и любом месте. Собирает и архивирует информацию о работе солнечной станции (рисунок 4).

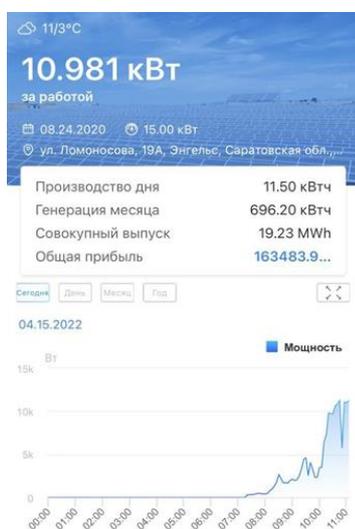


Рисунок 5 – График зависимости производительности солнечной энергии от времени действующей сетевой солнечной электростанции

В режиме реального времени отображает выработку солнечной станции, строит график зависимости производительности от времени.

#### Список литературы

1. Милешин, М.С. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. – 2020. – С. 135-138.
2. Трушкин, В.А. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах АПК / В.А. Трушкин, М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019, №45. – С.72-75.
3. Левин, М.А. Повышение эффективности использования роторных ветрогенераторов / М.А. Левин, Ю.В. Иванкина // Техника и оборудование для села. – 2017, №3. – С. 44-45.
4. Дозорова, И.Г. Автономная система электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии / И.Г. Дозорова, В.А. Максюта, Ю.В. Иванкина // Агрофорсайт. – 2017, № 6 (12). – С. 4-6.
5. Трушкин, В.А. Исследование потенциала энергии ветра в арочных проемах зданий и сооружений / В.А. Трушкин, М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, Р.С. Подшивалов // Аграрный научный журнал. – 2015, № 8. – С. 58-60.

УДК 631.223:628.93

***Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В., Логачёва О.В.***

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### **СИСТЕМА УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОСЕЛКА**

**Аннотация.** Статья посвящена разработке системы уличного освещения для малых населенных пунктов.

**Ключевые слова:** электрооборудование, система уличного освещения, надежность, контроллер, датчик, светильник.

Оборудование искусственным освещением автомобильных дорог имеет одну из главных ролей в безопасном дорожном движении, поскольку позволяет водителям правильно оценивать дорожную обстановку для принятия верных решений в управлении транспортным средством. Для безопасного дорожного движения в темное время суток и было придумано освещать дорожное полотно искусственным источником света. Первые уличные фонари появились еще в Амстердаме в 1668 году для того, чтобы горожане не падали в каналы ночью.

На сегодняшний день системы освещения автомобильных дорог, различных проезжих частей и улиц ушли далеко вперед и продолжают развиваться.

Именно от правильности выбора светильника и его размещения зависит качество уличного освещения. Подбор осветительной аппаратуры для дорог регламентирует ГОСТ. Для системы наружного освещения светильники должны отвечать ряду требований:

- иметь простое и неприхотливое обслуживание;

- обладать надежной защитой от разнообразных климатических условий (снег, дождь, град, сильные порывы ветра и т.д.);
- иметь высокий класс влагозащищенности (не менее IP55);
- обладать антивандальной защитой;
- потреблять минимум электроэнергии и при этом давать мощный световой поток;
- продолжительный срок службы, источников света;
- наличие оптической системы светового потока.

Наиболее часто осветительные приборы имеют подвесной способ крепления, что позволяет эффективно их закреплять на фасадах зданий или специальных опорах (светильники консольного типа).

Я проживаю в рабочем поселке Ровное Ровенского района Саратовской области. Население р. п. Ровное на 2020 год составило 4305 человек.

В поселок ведут две улицы: ул. Гагарина и ул. Больничная. На ул. Гагарина в 2019 году было установлено уличное освещение в виде светодиодных светильников консольного типа, расположенных на собственных опорах с левой стороны проезжей части при движении к поселку. На расстоянии 650 метров находится 19 опор со светильниками, установленными на однорожковых кронштейнах, со средним расстояние между опорами 36 метров.

Проведено исследование интенсивности движения и посчитано количество проходящих людей и проезжающих транспортных средств в обоих направлениях по ул. Гагарина в период времени с 21:00 по 04:00. В ходе наблюдения выявлено, что за один час в среднем по ул. Гагарина проходит 17 человек и проезжает 23 транспортных средства. Чаще всего люди двигаются группами по два, три и четыре человека. Учитывая тот факт, что большинство жителей являются людьми пенсионного, престарелого возраста, которые после захода солнца редко выходят на улицу и практически не перемещаются на автомобилях, мотоциклах, велосипедах. А в поселке и за его пределами отсутствуют производства, работающие в ночную смену, осветительная сеть работает не эффективно, так как большую половину времени работы, она работает в пустую.

Проанализировав результаты произведенного исследования я пришел к выводу, что для эффективного использования энергетических ресурсов и ресурса осветительной установки необходимо внедрить систему управления освещением инфракрасными датчиками (СУОИД).

СУОИД – представляет собой щит управления освещением двумя, тремя, или четырьмя системами из двух инфракрасных датчиков. Количество систем инфракрасных датчиков (СИД) зависит от расположения осветительной системы, ее длины, а также наличием перекрестков, которые пересекает линия уличного освещения. Основной задачей СУОИД, включение освещение при наличии людей или транспортных средств в зоне работы осветительной системы или по необходимости в случае аварийной ситуации.

Линия была разделена на два участка. Длина первого участка 350 метров, длина второго участка 300 метров.

Система инфракрасный датчиков (СИД) состоит из двух датчиков ИД-30. Расстояние между датчика варьируется от 80 до 120 см в зависимости от условий. Такой допуск в расстоянии между датчиками позволяет при проектировании и монтаже не прибегать к установке дополнительных опор для СИД, следовательно, снизит стоимость монтажа. Расстояние между датчиками в пределах 1 м  $\pm$ 20 см обеспечивает их корректную и точную работу в независимости от скорости объектов, передвигающихся по дороге.

Длина линии между СИДами, между СИД и концом линии может варьироваться от 200 до 400 метров и учитывается при программировании контроллера. СУОИК работает в обе стороны движения. Датчики ИК имеют минимальный порог срабатывания по весу объекта, что минимизирует количество ложных срабатываний на различных животных и птиц.

В систему управления уличным освещением с помощью ИК входит не только СИД, но щит управления освещением (ЩУО). В ЩУО установлены: фотореле, контроллер, понижающий трансформатор, автоматический выключатель для защиты оборудования и отходящих линий от КЗ. Схема приведена на рисунке 1.

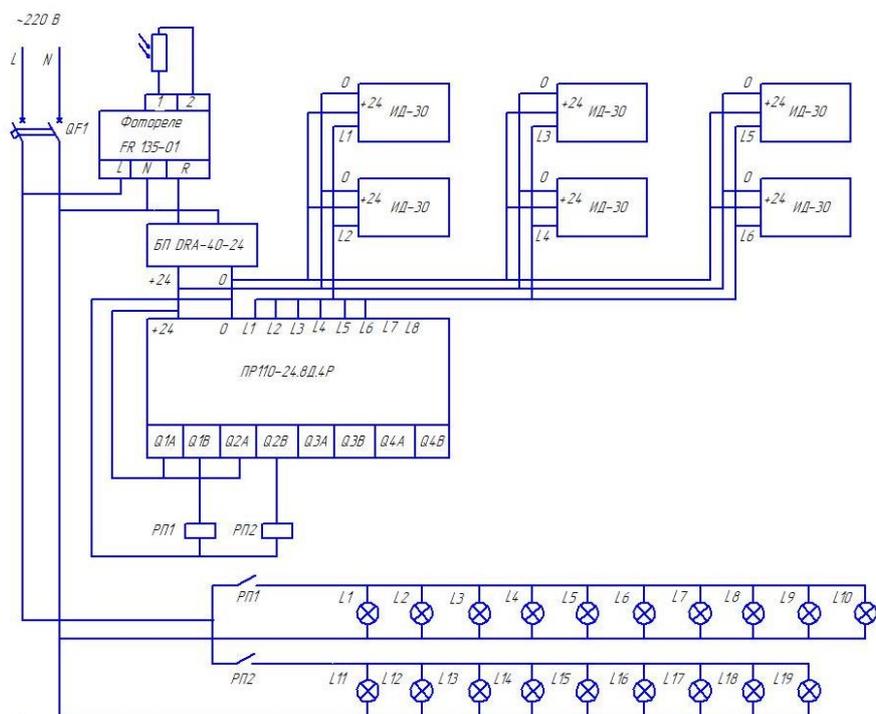


Рисунок 1 – Схема предлагаемой системы уличного освещения

В контроллер (Контроллер ПР110-24.8Д.4Р-Ч программируемое реле для дискретных локальных систем) стекаются данные с ближайших систем инфракрасных датчиков производится их обработка, а именно: при пересечении объектом (машиной, велосипедистом, пешеходом) зоны действия первого датчика, он подает сигнал на контроллер управления освещением (КУО). Контроллер регистрирует сигнал и начинает отсчет времени, когда объект пересекает зону действия второго датчика, датчик подает сигнал на КУО. Время прохождения объекта между датчиками СИД фиксируется. Зная расстояние между датчиками и время прохождения этого расстояния можно вычислить скорость объекта.

Зная скорость объекта, контролер включает освещение на тот период времени, которых необходим чтобы объект достиг системы инфракрасных датчиков, отвечающие за следующий участок, или конца линии. Время работы участка линии освещения, управляемого контроллером, рекомендуется брать с запасом в 10-20% в зависимости от протяженности участка и состояния дорожного полотна.

Данная система подойдет для населенных пунктов с население не более 5 тысяч человек. В этом случае ее работа будет эффективной, а экономический эффект максимален. В СУОИК используются простые и распространенные компоненты, обладающие высокой надежностью. Используется простой и надежный контроллер фирмы ОВЕН. Для установки и наладки системы не требуется высоко квалифицированный персонал, обладающий особыми знаниями. Данная система позволит экономить до 60% электроэнергии по сравнению с обычными системами уличного освещения.

#### Список литературы

1. Возмилов, А.Г. Система освещения сельских улиц, территорий парков и площадей / А.Г. Возмилов, И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.И. Стерхов // АПК России. – 2020. – Т.27, №3. – С. 453-458.
2. Иванкина, Ю.В. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надежности / Ю.В. Иванкина, М.С. Милешин // В сборнике: «Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики», 2020. – С. 135-138.
3. Трушкин, В.А. Применение ветроэнергетических установок в жилых комплексах АПК / В.А. Трушкин, М.А. Левин, Ю.В. Иванкина, В.В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019, №45. – С.72-75.

УДК 53.06

<sup>1</sup>*Рыжова Е.В.*, <sup>1</sup>*Кочелаевская К.В.*, <sup>2</sup>*Челпаченко В.В.*

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

<sup>2</sup> ЧОУ «Лицей-интернат естественных наук», г. Саратов

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСВЕЛЛА И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ

**Аннотация.** В работе рассматривается возможность применения распределения Максвелла для корреляционного анализа.

**Ключевые слова:** распределение Максвелла, корреляционный анализ.

Работа английского физика Максвелла «Пояснения к динамической теории газов» способствовала развитию молекулярно-кинетической теории газов. Теоретические предположения Максвелла были сделаны в 1860 г. и касались они наиболее вероятной скорости движения молекул газа. Молекулы газа дви-

жуются с разными скоростями (ранее скорости молекул считали одинаковыми). При столкновении молекул направления и модули скоростей молекул меняются, но распределение молекул по возможным скоростям остается неизменным.

На рисунке 1 распределение молекул по скоростям холодного (красная линия) и горячего (черная линия) газов. По оси абсцисс отложен модуль скорости, по оси ординат – доля молекул, движущихся с определенной скоростью. Максимумы графиков соответствуют наиболее вероятной скорости движения молекул газа.

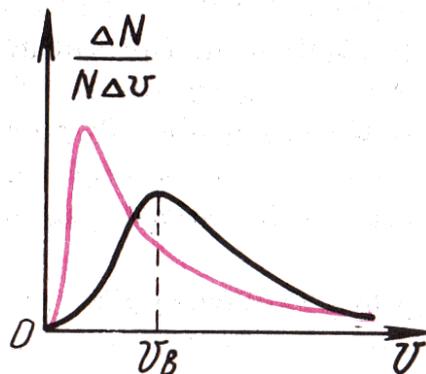


Рисунок 1 – Распределение молекул по скоростям газов холодного (холодного и горячего)

Прямые измерения скоростей теплового движения молекул были выполнены в 1920 году О. Штерном в опытах с молекулярными пучками.

Интересно найти доказательства теории Максвелла в повседневной жизни, а также возможности применения распределения Максвелла к прогнозированию в различных областях.

В поисках доказательств справедливости теории Максвелла были проведены некоторые эксперименты. Полиэтиленовые шарики выдуваются феном из резервуара и распределяются по отсекам коробки, при этом огибающая очень похожа на кривые Максвелла (рисунок 2).

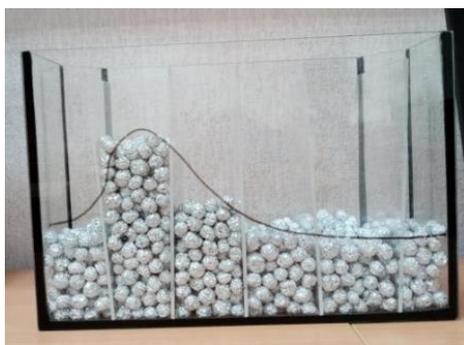


Рисунок 2 – Результаты эксперимента №1 в доказательство теории Максвелла

В ходе следующего эксперимента пробирки были поставлены в ряд, на дно каждой пробирки кладется немного красителя. Распыляется вода из шланга на расстоянии, равном длине ванны. По окончании опыта проводится уже знакомая нам огибающая наполнения пробирок водой. Результат эксперимента представлен на рисунке 3.

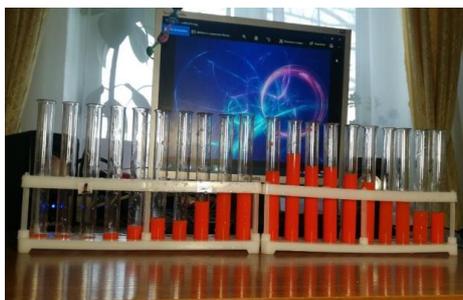


Рисунок 3 – Результаты эксперимента №2  
в доказательство теории Максвелла

Для подтверждения теории Максвелла провели эксперимент с броском двух игральных кубиков, фиксируя значения частоты выпадения той или иной суммы очков, кроме этого, была создана компьютерную модель этого эксперимента на языке программирования Python, используя генератор случайных чисел. В обоих случаях результат был неизменным.

Конечно, теория вероятностей может дать объяснение этим явлениям, но она не совсем подходит, теория Максвелла ближе к жизни. А вот то, что нужно, так это корреляционный анализ. Корреляция – это взаимосвязь двух случайных параметров, то есть, когда одна величина изменяется, изменяется и другая. Коэффициент корреляции – это число, которое находится в диапазоне от -1 до 1 и показывает силу и полюс взаимосвязи величин. Коэффициент корреляции высчитывается по сложной формуле, но можно легко выполнить все действия в Microsoft Excel при помощи встроенной функции «КОРРЕЛ».

Мы попробовали обработать имеющиеся статистические данные, проведя корреляцию по различным столбцам, и получил примеры корреляционной связи между различными событиями.

Для подтверждения практических выводов был проведен опрос среди учащихся 11 классов, в ходе которого были получены данные об их росте, успеваемости и времени выполнения домашнего задания по физике. Результаты опроса представлены на рисунках 4 и 5.

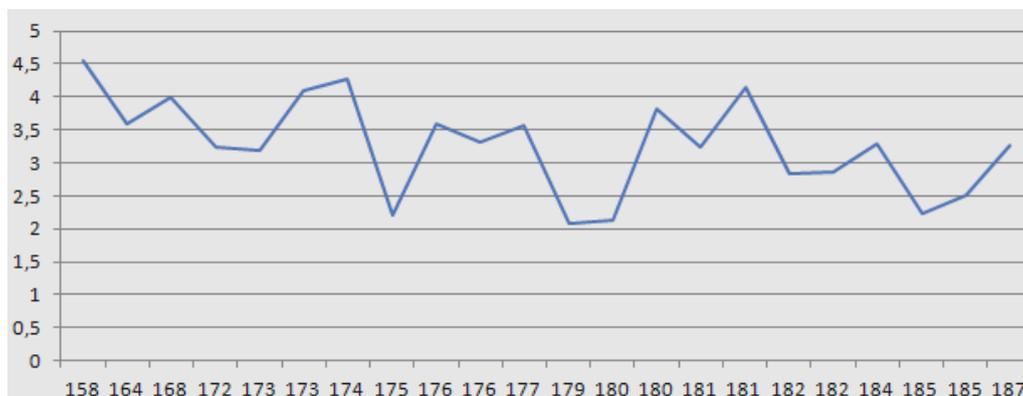


Рисунок 4 – Зависимость среднего балла ученика от его роста

Коэффициент корреляции роста и среднего балла = -0,534149207.

Выяснилось, что рост, как это ни странно, имеет слабую обратную взаимосвязь с успеваемостью учащихся (среди опрошенных оказалось много умных и талантливых людей небольшого роста).



Рисунок 5 – Зависимость среднего балла ученика от времени, затраченного на выполнение домашнего задания

Коэффициент корреляции времени выполнения домашнего задания и среднего балла = 0,661738732.

Время, затраченное на выполнения домашней работы, напрямую связано с успеваемостью. Оно и понятно: чем усерднее и ответственнее ты относишься к домашнему заданию, тем лучше ты усваиваешь предмет, получая по нему хорошие оценки.

Возможность воплощения в жизнь экономического, социального или научного проекта должна нести в себе минимальные риски. Если процесс будет в той или иной мере предсказуем, он может быть менее затратным и более успешным. В этом может как раз помочь распределение Максвелла и корреляционный анализ. С их помощью становится возможным предсказание развития проекта, его успешность или неуспешность.

Вот пошаговая инструкция применения распределения Максвелла и корреляционного анализа для прогнозирования в различных областях:

1. Отобразить в Microsoft Office Excel статистику хорошо исследованного процесса.
2. При запуске «пилотной» версии любого проекта получить всевозможные статистические данные начального течения проекта.
3. Выявить корреляционную зависимость и проанализировать тесноту связи пункта 1 и 2.
4. Сделать прогноз о наиболее вероятном развитии запущенного проекта.

Распределения Максвелла наблюдается в различных явлениях, поэтому теорию Максвелла и корреляционный анализ можно применить к прогнозированию в различных областях. Этот способ поможет сократить затраты и риски при внедрении различных проектов, а также выведет их качество проекта на совершенно новый уровень.

#### Список литературы

1. Трофимова, Т.И. Курс физики. Учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова – Изд. 9-е, перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 550 с.

*Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Володина Ю.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## УЧИМ ФИЗИКУ, ПОЗНАВАЯ СЕБЯ

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию физических характеристик человека, основываясь на законах физики.

**Ключевые слова:** физика, физические характеристики человека, применение законов физики для изучения физических характеристик человека.

В сознании человека знания об окружающем мире во многом влияют на его нравственные качества, формируют его мировоззрение, а также способствуют рассмотрению проявления физических законов и использованию их в мире живой природы.

Физика как наука о природе не может не волновать человека, который является неотъемлемой частью природы. Познание мира невозможно без познания себя. Физика является наукой, при изучении которой можно обозначить жизненно необходимые человеку физические знания о себе. Тело человека и отдельные его органы часто используют для примеров в механике, гидродинамике, акустике, оптике, электричестве.

Предметом изучения физики также являются зрение и слух. Непростительно не знать о губительных воздействиях на человека шума, чрезмерной и недостаточной освещенности, радиационного излучения. В то же время проведение практических работ исследовательского характера по изучению физических характеристик человека позволяет расширить и углубить знания по темам программы по физике.

Если физики в человеческом организме достаточно, и она играет положительную роль для человека, то этот факт должен способствовать возникновению интереса к более глубокому ее изучению.

Рассмотрим несколько экспериментов по изучению физических свойств человека.

На основе законов движения тела, свободно падающего на землю, можно определить времени реакции наблюдателя на звуковые и световые сигналы. Скорость реакции – это промежуток времени между раздражителем (свет, звук, и т.п.) и реакцией организма.

Зафиксировав расстояние, на которое пролетала линейка, от момента подачи звукового или светового сигналов до того, как ее поймали, можно рассчитать время реакции по формуле

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

где  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Результаты измерений приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты эксперимента реакции испытуемого на звуковой сигнал

Вид сигнала	$h$ , м	$t_{ep}$ , с
Звуковой сигнал	0,45	0,30
Звуковой сигнал	0,24	0,22
Звуковой сигнал	0,14	0,17
<i>Среднее значение</i>		0,23

Таблица 2 – Результаты эксперимента реакции испытуемого на световой сигнал

Вид сигнала	$h$ , м	$t_{ep}$ , с
Световой сигнал	0,27	0,23
Световой сигнал	0,14	0,17
Световой сигнал	0,20	0,20
<i>Среднее значение</i>		0,20

По статистике среднее время реакции у человека на визуальный сигнал составляет: 0,1 с до 0,3 с. Можно сделать вывод, что время реакции, полученное в ходе эксперимента, соответствует норме.

Используя законы движения тела, брошенного горизонтально, можно определить скорость указательного пальца при горизонтальном щелчке. Для этого при помощи линейки определяли высоту стола  $H$ , с которого была брошена монетка и ее дальность полета  $L$ . Рассчитав время полета, определили скорость движения пальца  $v$ . Результаты измерений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты опыта определения скорости движения пальца

№ опыта	$H$ , м	$L$ , м	$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ , с	$v = \frac{L}{t}$ , м/с
1	0,75	0,94	0,39	2,41
2		0,88	0,39	2,25
3		0,54	0,39	1,38
<i>Среднее</i>				2,01

Средняя скорость пальца составляет 2,01 м/с.

Механические колебания представляет собой весьма распространенный и очень важный тип движения. Используя нитяной (математический) маятник, можно определить свой рост. Для этого к нитке привязали шарик и от центра шарика отмерили длину, равную росту человека. Отклонив маятник от положения равновесия на небольшое расстояние, измерили время 25 полных колебаний. Результаты измерений приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты опыта по определению роста испытуемого

№ опыта	$t$ , с	$N$	$L$ , м
1	64,76	25	
2	64,13		
3	64,81		
<i>Среднее значение</i>	64,56		1,657

Из формулы периода колебаний математического маятника  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , где

$g = 9,8\text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения,  $T = \frac{t}{N}$ , получаем формулу длины

$$l = \frac{t^2 g}{4\pi^2 N^2}, \quad l = \frac{64,56^2 \cdot 9,8}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 25^2} = 1,657 \text{ (м)}.$$

Сравним свой рост  $l_0 = 1,635$  м с рассчитанным значением получили, что погрешность измерения составила 1% (относительная погрешность:

$$\varepsilon = \frac{|l_0 - l|}{l_0} \cdot 100\%, \quad \varepsilon = \frac{|1,635 - 1,657|}{1,635} \cdot 100\% = 1\%.$$

Используя закон сохранения импульса, можно определить момент инерции человека при помощи скамьи Жуковского. Скамья Жуковского представляет собой горизонтальную платформу на опорном подшипнике, которая может свободно вращаться около вертикальной оси. Момент импульса замкнутой системы тел остается постоянным, поэтому

$$I_1 \cdot 2\pi n_1 = I_2 \cdot 2\pi n_2,$$

где  $n_1$  – частота вращения с руками, расположенными вдоль тела;  $n_2$  – частота вращения с руками, расставленными в стороны;  $I_1$  – момент инерции человека на диске, с руками, расположенными вдоль тела;  $I_2$  – момент инерции человека на диске с руками, расставленными в стороны,  $I_2 = I_1 + I_s$ ;

$I_s = 2(\frac{ml^2}{12} + md^2)$  – момент инерции рук, которые мы рассмотрели, как

стержни относительно оси вращения, используя теорему Штейнера,  $m = 5,85$  кг – на руки приходится 9% массы человека,  $l = 0,65$  м – длина руки,  $d = 0,475$  м – расстояние от оси вращения до середины руки;

$$I_s = 2(\frac{5,85 \cdot 0,65^2}{12} + 5,85 \cdot 0,475^2) = 3,05 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Частоту вращения определили, зная время  $t$ , за которое было совершено  $N$  оборотов ( $n = \frac{N}{t}$ ). Данные по частотам вращения приведены в таблице 5.

Таблица 5 – опыта по определению момента инерции испытуемого

№ опыта	$N$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$n_1, 1/\text{с}$	$n_2, 1/\text{с}$
1	3	8,22	15,13	0,421	0,214
2	3	7,25	12,98		
3	3	5,90	13,95		
Среднее значение		7,13	14,02		

Получили  $I_1 = \frac{I_s \cdot n_2}{n_1 - n_2}$ ,  $I_1 = \frac{3,05 \cdot 0,214}{0,421 - 0,214} = 3,29 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$

Чтобы определить момент инерции человека, рассчитали момент инерции диска относительно оси симметрии. Момент инерции диска

$$I_d = \frac{m_d R^2}{2},$$

где  $m_d = 6,5$  кг – масса диска,  $R = 19,5$  см – радиус диска,

$$I_d = \frac{6,5 \cdot 0,195^2}{2} = 0,123 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Искомый момент инерции человека

$$I = I_1 - I_d, \quad I = 3,29 - 0,123 = 3,167 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

*Вывод.* Используя законы механики, смогли определить времени реакции человека на звуковые и световые сигналы, скорость указательного пальца, рост человека, его момент инерции. Изучение самого себя помогает не только узнать свои возможности, но и закрепить знания по физике.

#### Список литературы

1. Трофимова, Т.И. Курс физики. Учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова – Изд. 9-е, перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 550 с.

УДК 621.311.24

**Садыкова Л.А.**

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет  
г. Уральск

### ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ЭТО ОСНОВА ПРОГРЕССА 21 ВЕКА

**Аннотация.** Гидроэнергия является крупнейшим источником чистой и зеленой энергии в мире. Для Казахстана развитие этой отрасли особенно важно для увеличения маневренной электрической мощности для регулирования суточных режимов выработки и потребления электроэнергии. В статье описано состояние гидроэнергетики Республики Казахстан (РК) в прошлом и настоящем, о перспективных проектах в области гидроэнергетики. О проблемах на пути использования возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** гидроэнергетика, гидроэлектростанция, электроэнергия, генерирование, развитие, энергетическая система, зеленая энергетика, возобновляемые источники энергии.

Гидроэнергия в Казахстане является вторым по удельному весу в топливном балансе электроэнергетики энергоресурсом, уступая лишь углю.

Долгое время гидроэнергетика Казахстана находилась в спящем состоянии, без должного внимания. Преимущественное расположение гидроэлектростанций в республике в двух областях: Восточно-Казахстанской и Алматинской. Наличие рек и горного рельефа создают условия для развития гидроэнергетики. Развитие малых ГЭС – будущее энергетики Казахстана.

Нехватка электроэнергии в течении многих лет покрывается за счет импорта из России. В 2020 году Республика купила у России 1,132 млрд кВт·ч при общем объеме потребления в 105,2 млрд кВт·ч.

Развитие энергетики за счет увеличения мощности ГЭС – наиболее привлекательный вариант. Это связано с тем, что ГЭС влияют на маневренную мощность, дефицит которой остро ощущается в республике. Именно нехватка установленных мощностей ГЭС в РК создает дисбаланс в энергетической системе, приводя к понижению частоты и ухудшению условий устойчивости.

Имеющийся потенциал ГЭС Казахстана не позволяет энергосистеме самостоятельно обеспечить даже нормальный режим в условиях энергонезависимого Казахстана. Даже без интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему, необходимо форсировать развитие ГЭС.

Вызывает удивление отношение государства к гидроэнергетике. ГЭС для энергосистемы – это курица, несущая золотые яйца. Гидроэнергетика органически, физиологически связана с энергетической системой. Только наличие гидроэнергетики позволяет энергетической системе нормально функционировать и обеспечивать управляемый режим работы энергетической системы.

В первые годы независимости республики, гидростанции – регуляторы энергосистемы, сердце энергетической системы Казахстана, крупнейшие ГЭС: Усть-Каменогорская и Шульбинская ГЭС были переданы в концессию американской компании AES. ГЭС находились в концессии в течение 20 лет (с 1997 по 2017 год).

Известно, что ГЭС в любой стране являются стратегически важным объектом и допуск иностранцев к ним должен быть запрещен.

На первом этапе самым актуальным представляется модернизация уже имеющихся станций, сегодня с помощью новых технологий, широко применяемых в Европе можно значительно улучшить КПД ГЭС и выработку энергии.

Наиболее заметные проекты последнего времени – строительство Мойнакской ГЭС и модернизация Шардаринской ГЭС. Новые ГЭС и модернизация старых – это мощный и ценный вклад в инфраструктуру, как сегодняшнего дня, так и для будущих поколений. Ведь гидроресурсы – возобновляемый и наиболее экологичный источник энергии, использование которого ведет к снижению выбросов в атмосферу тепловых электростанций и позволяет сохранять запасы углеводородного топлива для будущих поколений.

В обоих этих проектах принимает участие австрийская компания «Андритц Гидро». Она уже осуществила поставку турбины для малой ГЭС Иссык-2, турбину для Мойнакской ГЭС, в 2016 году модернизировала Шардаринскую ГЭС.

Необходимо изучить опыт других стран, например, Норвегии, которая обладает весьма крупными запасами природного газа, но использует в значительной мере свой гидропотенциал, в отличие от Казахстана, который не спешит перенимать опыт зарубежных стран.

Таблица 1 – Гидроэлектростанции Казахстана

Название	Собственник	Мощность (МВт)	Область	Река
1	2	3	4	5
Шульбинская ГЭС	Самрук-Энерго (92,14%)	702	Восточно-Казахстанская область	Иртыш
Бухтарминская ГЭС	Самрук-Энерго (90%)	675	Восточно-Казахстанская область	Иртыш
Капчагайская ГЭС (Капшагайская ГЭС)	Самрук-Энерго	364	Алматинская область	Или

1	2	3	4	5
Усть-Каменогорская ГЭС	Самрук-Энерго (89,9%)	331,2	Восточно-Казахстанская область	Иртыш
Мойнакская ГЭС	Самрук-Энерго (51%)	300	Алматинская область	Чарын
Шардаринская ГЭС	Самрук-Энерго (100%)	100	Южно-Казахстанская область	Сырдарья
Алматинский каскад	Самрук-Энерго	46,9	Алматинская область	Большая и Малая Алматинка
Каратальская ГЭС (ГЭС-1)	ТОО «Казцинк-ТЭК»	10,08	Алматинская область	Каратал

Расходы при строительстве ГЭС выше, но срок их использования дольше, отсутствуют затраты на горючее, нет проблем с утилизацией отходов, очень низкие расходы по эксплуатации и техническому обслуживанию. После трагедии на Фукусиме в мире произошла резкая переоценка использования атомной энергии. Швейцарии, Германии постепенно отходят от ее использования, в Европе активно звучат призывы не использовать атомную энергию. А Казахстан планирует строительство атомной электростанции в Балхаше. Но гидроэнергетика не может заменить все другие виды энергии, здесь должен быть здравый подход, но важно, что в мире начали осознавать, что одно из важнейших преимуществ ГЭС связаны с экологической безопасностью.

До конца 2025 года планируется ввести в эксплуатацию 13 объектов ГЭС с установленной суммарной мощностью около 177,67 МВт. Кроме того, в текущем году намечено проведение аукционных торгов на суммарную мощность по возобновляемым источникам энергии, включая маневровые ГЭС.

В целом, в 2025 году ожидается доведение доли валового производства электроэнергии ВИЭ до 6%.

Первые шаги к развитию гидроэнергетики Казахстан сделал, будем стремиться к шагам в направлении использования и развития новых возобновляемых источников энергии, так как «зеленая энергетика» – это основа прогресса в 21 веке.

#### Список литературы

1. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства РК от 28 июня 2014 года № 724.
2. «До конца 2025 года планируется ввести в эксплуатацию 13 ГЭС»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://primeminister.kz/ru/news/do-konca-2025-goda-planiruetsya-vvesti-v-ekspluaciyu-13-ges-215240> (дата обращения: 20.04.2022).

*Сибгатов А.Р., Ахмерова Г.М.*

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ТРУБОПРОВОДОВ

**Аннотация.** Принятая для расчёта эксплуатационных затрат разница температур в подающем и обратном трубопроводе первичного контура г. Казани – 80 °С нуждается в уточнении в соответствии используемым температурным графиком качественно-количественного регулирования отпуска тепла 135/65 °С со срезкой 115/65 °С. Сравниваются графики теплотерь трубопроводов тепловой сети с действующими срезками теплоносителя и теоретическими параметрами эксплуатации теплосети.

**Ключевые слова:** температурный график, система теплоснабжения, теплоноситель, теплотери, тепловая изоляция.

Одним из направлений повышения энергетической эффективности теплоснабжения, согласно требованиям ФЗ-190 «О теплоснабжении», является оптимизация температурных графиков городов. На сегодняшний день Казанские ТЭЦ используют температурный график качественно количественного регулирования отпуска тепла со срезкой. При стандартном графике, предполагается температура в прямом магистральном трубопроводе 150 °С и альтернативных вариантах: 140 °С, 130 °С, 120 °С, 115 °С, 110 °С [1, 2].

Рассмотрим расчёты теплотерь теплосети [3], предусматривающие сравнение теплотерь при различных параметрах теплоносителя. Теплотрасса представляет собой двухтрубную прокладку из стальных труб диаметром  $D_y = 100$  мм с изоляцией ТехноНИКОЛЬ из материала «ТЕХНО 80»,  $\delta_{из} = 60$  мм,  $\lambda_{из} = 0,0433$  Вт/(м·°С) [4], глубина заложения теплопровода  $H = 0,8$  м. Расстояние между осями труб тепловой сети по горизонтали  $K_{1,2} = 0,5$  м. Среднегодовая температура грунта на глубине заложения  $t_o = 6,2$  °С, теплопроводность грунта  $\lambda_{гр} = 0,96$  Вт/(м·°С),  $W_{гр} = 16\%$  – влажный грунт (естественная влажность) [5-8].

Таблица 1 – Теплотери теплосети при различных параметрах теплоносителя

Параметры теплоносителя	Термическое сопротивление грунта, $R_{гр}^b$	Термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, $R_0$	Термическое сопротивление изоляции, $R_{из}$	Тепловые потери, Вт/м по СП 61.13330.2012
1	2	3	4	5
150/70	0,437	0,258	$R_1^L = 2,75$ $R_2^L = 3,03$	$q_1^L = 52,67$ $q_2^L = 20,11$

1	2	3	4	5
140/70	0,437	0,258	$R_1^L = 2,78$ $R_2^L = 3,03$	$q_1^L = 48,43$ $q_2^L = 22,16$
135/65	0,437	0,258	$R_1^L = 2,80$ $R_2^L = 3,05$	$q_1^L = 46,71$ $q_2^L = 20,30$
130/65	0,437	0,258	$R_1^L = 2,81$ $R_2^L = 3,05$	$q_1^L = 44,41$ $q_2^L = 20,24$
120/65	0,437	0,258	$R_1^L = 2,85$ $R_2^L = 3,05$	$q_1^L = 40,19$ $q_2^L = 19,99$
115/65	0,437	0,258	$R_1^L = 2,87$ $R_2^L = 3,05$	$q_1^L = 38,12$ $q_2^L = 19,87$
110/65	0,437	0,258	$R_1^L = 2,88$ $R_2^L = 3,05$	$q_1^L = 36,19$ $q_2^L = 19,81$

Также подобный расчёт проводится для параметров теплоносителей, которые рекомендуются в схеме теплоснабжения муниципального образования города Казань по 2040 год, с принятой разницей между подающим и обратным теплопроводом  $80^\circ\text{C}$  [1].

Таблица 2 – Теплотери теплосети при различных параметрах теплоносителя с разницей температур в подающем и обратном трубопроводе первичного контура  $80^\circ\text{C}$

Параметры теплоносителя	Термическое сопротивление грунта, $R_{гр}^b$	Термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, $R_0$	Термическое сопротивление изоляции, $R_{из}$	Тепловые потери, Вт/м по СП 61.13330.2012
1	2	3	4	5
150/70	0,437	0,258	$R_1^L = 2,75$ $R_2^L = 3,03$	$q_1^L = 52,67$ $q_2^L = 20,11$
140/60	0,437	0,258	$R_1^L = 2,78$ $R_2^L = 3,07$	$q_1^L = 48,72$ $q_2^L = 16,49$
135/55	0,437	0,258	$R_1^L = 2,80$ $R_2^L = 3,09$	$q_1^L = 46,70$ $q_2^L = 14,68$
130/50	0,437	0,258	$R_1^L = 2,81$ $R_2^L = 3,11$	$q_1^L = 44,83$ $q_2^L = 12,93$
120/40	0,437	0,258	$R_1^L = 2,85$ $R_2^L = 3,11$	$q_1^L = 40,88$ $q_2^L = 9,37$

1	2	3	4	5
115/35	0,437	0,258	$R_1^L = 2,87$ $R_2^L = 3,11$	$q_1^L = 38,94$ $q_2^L = 7,62$
110/30	0,437	0,258	$R_1^L = 2,88$ $R_2^L = 3,11$	$q_1^L = 37,14$ $q_2^L = 5,91$

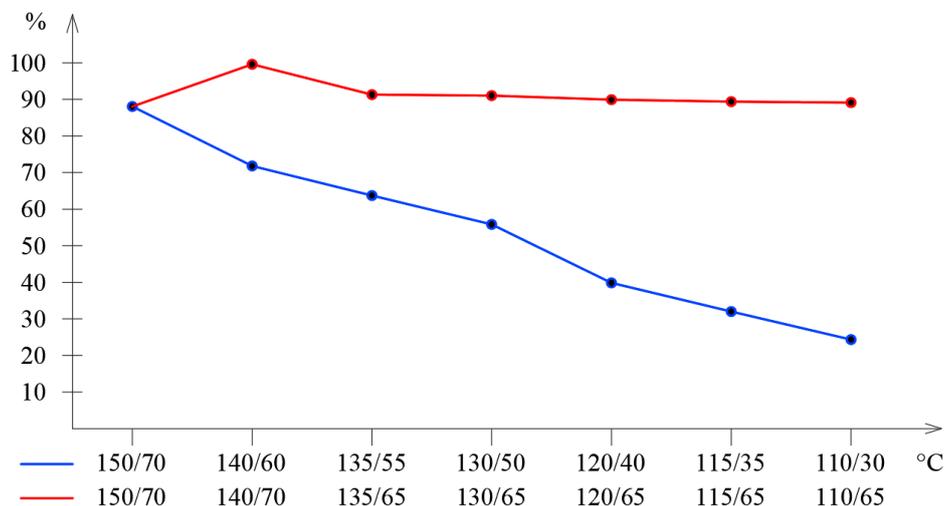


Рисунок 1 – Температурный график

На представленном температурном графике (рисунок 1) показана разница теплотеря между теоретическими параметрами теплоносителя [1, 2] и реальными значениями (красная линия).

**Выводы.** В условиях развития системы теплоснабжения вопрос выбора и пересмотра температурного графика является актуальным. Принятая для расчёта эксплуатационных затрат разница температур в подающем и обратном трубопроводе первичного контура г. Казани –  $80^{\circ}\text{C}$  [1, с.441] нуждается в уточнении, так как этот параметр влияет на технико-экономические показатели системы теплоснабжения.

#### Список литературы

1. Схема теплоснабжения муниципального образования города Казань по 2040 год [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kzn.ru/upload/uf/65d/Utverzhdemaya-chast.pdf> (дата обращения: 10.05.2022)
2. Каленова, Е.С. Анализ тенденций изменения температурных графиков для систем теплоснабжения / Е.С. Каленова, Е.В. Дресвянникова, Г.М. Ахмерова // «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021». Сборник докладов Второй Национальной научной конференции. М., 2022. – С. 1046-1051.
3. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» – М.: Минрегион России, 2012. – 56 с.
4. Корпорация ТЕХНОНИКОЛЬ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tn.ru/> (дата обращения: 10.05.2022).
5. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Хрусталёва Б.М. // М.: Изд-во АСБ, 2008. – 784с.
6. Ахмерова, Г.М. Влияние влажности грунта на тепловые потери теплопроводов в непроходных каналах / Г.М. Ахмерова, А.В. Фёдоров // Известия КГАСУ, 2016, № 2 (36). – С. 117-121.

7. Ахмерова, Г.М. Особенности определения температуры грунта в точке пересечения теплопроводов с газопроводом / Г.М. Ахмерова, А.Р. Сибгатов // «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. Москва, 2020. – С. 178-184.
8. Akhmerova, G. Calculation of soil temperature at the intersection of the heating line of the underground gasket and gas pipeline taking into account real operating conditions / G. Akhmerova, A. Sibgatov, R. Badrutdinov, E. Khaziakhmetova, R. Maksudov // В сборнике: E3S Web of Conferences Volume 274 (2021). 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE – 2021). France, 2021. – С. 8009.

УДК 621.31

**Сидоров И.Ю., Левин М.А.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратова

## **АВТОНОМНЫЙ, УМНЫЙ ПОЛИВ ПЛОДОВОГО САДА**

**Аннотация.** В статье рассматривается система автономного, умного полива плодового сада, для улучшения качества полива и увеличения урожайности сада без непосредственного контроля обслуживающего персонала.

**Ключевые слова:** полив, сад, электроэнергия, автономность.

Полив – это жизненно необходимый этап для полноценного развития и роста растений. Искусственное увлажнение почвы в тех участках, которые не получают достаточного количества влаги естественным способом, позволяет обеспечить наиболее благоприятные условия для прорастания растений.

Недостаток влаги, как и её избыток, могут привести к гибели живого организма. Поэтому очень важно правильно подойти к вопросу полива и подобрать подходящий метод.

В сельскохозяйственной промышленности выделяют четыре способа полива:

- дождевальный;
- капельный;
- комбинированный (это сочетание первых двух методов);
- аэрозольное орошение и туманно образование.

*Дождевальный полив* (дождевание) – это способ полива растительных культур, при котором вода разбрызгивается в виде дождя надпочвенным покровом. Преимущество этого метода в том, что он позволяет смыть пыль с растений, усиливая, таким образом, их дыхание, ассимиляцию углерода, развитие и накопление органического вещества.

*Система капельного полива* – это пропитывание грунта небольшими порциями (каплями). С его помощью цветок вытягивает жидкость корнями. При этом он потребляет столько влаги, сколько ему необходимо.

*Аэрозольное орошение* частично напоминает дождевание. Отличие между ними только в характере жидкости – она мелкодисперсная. Это позволяет со-

кращать расходы воды практически до минимума. Получается, что растения не поливаются, а увлажняются, отчищаясь при этом от пыли. Влага к корням практически не попадает. В результате, процесс фотосинтеза возрастает за счёт улучшения проникновения световых потоков в клетки с хлорофиллом.

Для повышения эффективности полива плодового сада мы предлагаем автономную систему с питанием от энергии солнца, с учетом исходной влажности почвы и агротехнических требований к норме полива при выращивании разных сортов плодовых деревьев (рисунок 1).

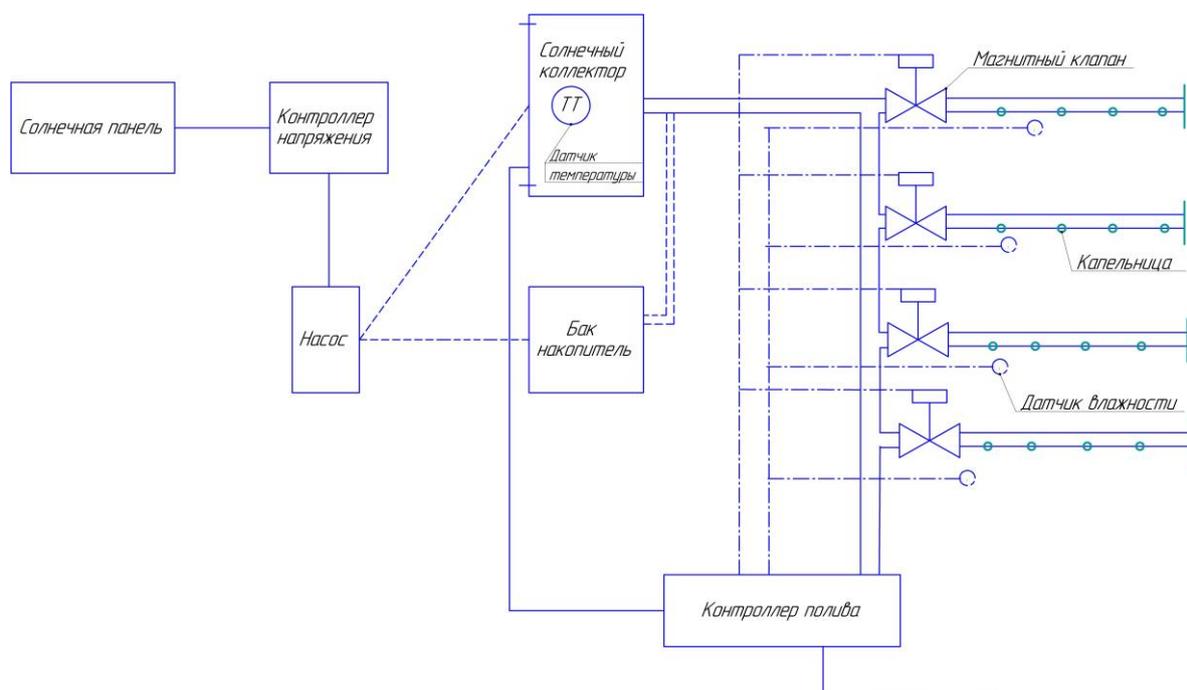


Рисунок 1 – Схема автономного полива

Задачами научно-исследовательской работы является автоматизация полива деревьев с учетом действительной влажности почвы и нормы полива на 1 га сада. Областью применения является плодовые сады производственного типа с деревьями требующие разные нормы полива.

Алгоритм работы комплекса с учетом автономности работы и поддержания технологических параметров полива заключается в следующем: изначально вода из скважины при помощи погружного насоса подается через солнечный коллектор в центральную систему, от куда через задвижки регуляторы в систему капилляров. Солнечный коллектор необходим для подогрева воды до приемлемых температур полива в 15 °С. В каждой ветке капилляров у деревьев установлены датчики влажности, являющиеся регуляторами нормы полива. Подобным образом мы выполняем норму полива с учетом остаточной влажности почвы и учитываем рельеф местности.

В системе электроснабжения присутствуют только контроллер работы панелей и сами панели без аккумуляторных батарей, что дает возможность в течение 10 часов в сутки работать насосу и эффективно подогревать воду коллектору. В темное время суток система простаивает.

Основные конкурентные преимущества:

- отсутствие дополнительного персонала, контролирующего, выполняющего полив;

- отсутствие дополнительных затрат на обслуживание автотракторной техники, ГСМ;
- пусконаладочные работы и последующее техническое обслуживание, в т.ч. гарантийное;
- экологичность решения;
- простота и гибкость настройки системы под нужды агротехнических требований разных сортов деревьев;
- возможность модернизации системы для питания автономных роботизированных средств мониторинга промышленного сада;
- низкие сроки внедрения.

Для 1 га плодового сада комплект системы, включая насос на 2,2 кВт (напор 86 м), выдающего 16 м<sup>3</sup>/час воды при поливе в течение 5 дней 1000 деревьев при норме 0,08 м<sup>3</sup> на дерево необходимо 10 солнечных панелей по 500 Вт, гарантирующий полив в соответствии с агротехническими требованиями.

Стоимость системы сопоставима со стоимостью ежегодных затрат на оплату труда, ГСМ и обслуживание техники. При этом наши затраты разовые. Срок окупаемости 1-2 сезона плодоношения.

#### Список литературы

1. Левин, М.А. Применение возобновляемых источников питания электротехнологических процессов в АПК малой мощности / Р.О. Котков, М.А. Левин // В книге: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 110-112.
2. Левин, М.А. Расчет параметров гибридной солнечной электростанции для цеха первичной обработки молока / С.А. Литвинов, М.А. Левин // В книге: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. – С. 126-129.
3. Методика расчета по капельному поливу. Методика расчета и эксплуатация систем капельного орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.promgidroponica.ru/kappoliv\\_rasthet](https://www.promgidroponica.ru/kappoliv_rasthet) (дата обращения 05.05.2022).

УДК 62-835

**Скорин И.А., Шлюпиков С.В., Иванкина Ю.В.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

### ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ВЕЛОСИПЕДА

**Аннотация.** С каждым годом актуальность велосипедов существенно возрастает и тому есть свои причины, такие как увеличение цен на автомобильный транспорт, цен на бензин, а также загрязнение окружающей среды. Более популярны велосипеды становятся в больших городах с плотно заселенной местностью, где проблема на дорогах остро встает на первый план. С конца XX века принцип конструкции велосипедов кардинально не изменился. Изменения в большей степени коснулись самых нагруженных механизмов, таких как

вилки, привода, рамы, колеса. На велосипеды стали устанавливать в промышленных масштабах вспомогательные устройства, улучшающие качество передвижения, такие как – систему подвески. Благодаря появлению емких аккумуляторов стало возможным создание электрифицированных велосипедов (электровелосипед). В статье рассматриваются особенности электрификации велосипеда.

**Ключевые слова:** электровелосипед, мотор-колесо, электрификация велосипеда, электротяга, велосипед.

Для оборудования велосипеда электрокомплектующими можно использовать как обычный велосипед с одной передачей, так и многоскоростной. Главным условием является наличие места в треугольнике рамы для установки аккумулятора. Установка аккумулятора на багажник нежелательна в виду смещения центра тяжести и уменьшение устойчивости при езде.

Важным этапом, с которого начинается электрификация велосипеда является выбор вида электромотора. В настоящее время промышленность предлагает 3 вида электромоторов:

1. Мотор-колесо редукторного типа. Преимуществами его является доступная цена, малые габариты и вес. За счет редуктора, где установлены 3 пластиковые шестерни обеспечиваются хорошие тяговые характеристики, а за счет обгонной муфты имеется хороший накат как на обычном велосипеде. Это позволяет использовать велосипед как на электротяге, так и на собственных мускульных силах без особого затруднения.



Рисунок 1 – Электромотор редукторного типа

К недостаткам редукторного электромотора можно отнести невысокую мощность от 250 Вт до 500 Вт и соответственно скорость 30-40 км/ч. Так же шестерни нуждаются в обслуживании, раз в 5000 км нужно их очищать и смазывать силиконовой смазкой.

2. Мотор-колесо прямого типа. Преимуществами это типа является простота конструкции ротора и статора, редуктор отсутствует, следовательно, оно не нуждается в обслуживании. За счет более высокой мощности от 500 Вт до 1500 Вт развивает высокие скорости 50-60 км/ч. Наличие прямого привода дает возможность рекуперации (преобразование механической энергии в электрическую), что позволяет заряжать аккумулятор при торможении электродвигателем. Недостатком данного решения – плохой накат на собственной мускульной тяги. Данный электромотор дороже, тяжелее и больше редукторного.



Рисунок 2 – Электромотор прямого типа

3. Кареточный электромотор. Он отличается от вышерассмотренных мотор-колес, тем, что устанавливается вместо стандартной каретки и неподвижно находится внизу рамы. Преимуществами данного решения являются хорошая развесовка и смещение центра тяжести вниз, что улучшает управление велосипедом. Данный электромотор при работе использует трансмиссию велосипеда (звезды, цепь). С ним целесообразно использовать многоскоростные трансмиссии, позволяющие менять передаточное число, что в свою очередь влияет на тяговые и скоростные характеристики велосипеда. Становится возможным заезд в крутой продолжительный подъем и развитие высокой скорости по прямой дороге.

Однако, этот электромотор также имеет недостатки. За счет такого конструктивного исполнения электродвигателя, трансмиссия подвергается повышенным нагрузкам и соответственно более быстрому износу. Для минимизации этих негативных факторов нужно использовать более качественные узлы трансмиссии (передняя звезда, цепь и задняя кассета), а также регулярно производить чистку и смазку данных узлов. Данный вид электромоторов является самым дорогим в него обычно уже встроен контроллер.



Рисунок 3 – Электромотор кареточного типа

Каждый из рассмотренных выше электромоторов способен в пике кратковременно выдавать трехкратную номинальную мощность, например, 250 Вт – номинальная мощность, 750 Вт – пиковая мощность.

Контроллер необходим для работы электродвигателя он связывает узлы управления велосипедом (курок газа, ручка акселерометра) с электромотором.



Также он преобразует постоянный ток из аккумулятора в переменное трехфазное напряжение, что позволяет работать электромотору. С учетом пиковой мощности электромотора, контроллер нужно подбирать с номинальной мощностью не выше пиковой электромотора. Пример: редукторное мотор-колесо 250 Вт, контроллер на 48 В и 15 А, что соответствует 720 Вт пиковой мощности электромотора.

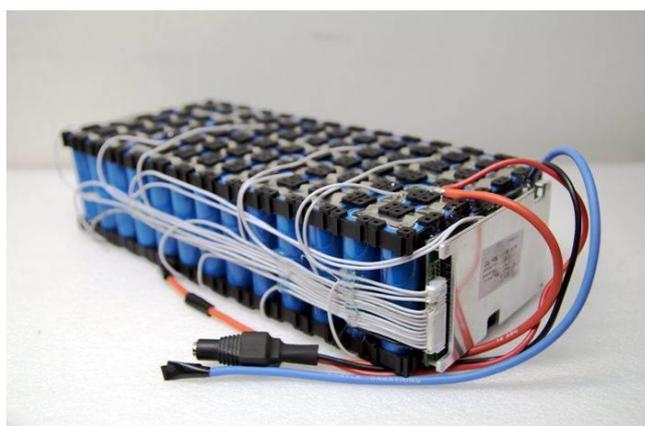


Рисунок 5 – Аккумуляторная батарея из Li-ion элементов 18650

Аккумулятор целесообразно собирать из литий-ионных аккумуляторных элементов 18650. Они обеспечивают при малых габаритах высокий КПД, их номинальные характеристики 4,2 В и 2600 мАч. При последовательном соединении аккумуляторных элементов увеличивается напряжение 36, 48, 60, 72, или 96 В, а при параллельном соединении элементов увеличивается емкость. Она

напрямую влияет на вес и запас хода электровелосипеда. Целесообразно собирать от 10 до 20 Ач. Аккумуляторные элементы соединяют между собой никелированными пластинами с помощью точечной сварки, так как элементы 18650 плохо переносят перегрев. Пайка для них не подойдет.

БМС плата является важным компонентом при сборе аккумулятора, она служит для балансировки каждой ячейки. Вовремя подзарядке отключает зарядившееся и до заряжает остальные. С помощью этого срок службы аккумуляторной батареи значительно увеличивается.

Электровелосипед можно использовать как на электротяге, так и на гибридной, с помощью ПАС датчика, установленного в кареточном узле. Во время вращения педалей он подает сигнал на контроллер и электродвигатель начинает оказывать помощь педалированию автоматически.

На основании всего выше изложенного отметим, что электрификация велосипеда расширяет возможности использования обычного велосипеда и обеспечивает сбалансированную нагрузку человеку, а также увеличивает эффективность поездки.

#### Список литературы

1. Полный обзор электрических мотор-колес [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ukazov.ru/blog/interesting/motor-koleso/> (дата обращения: 20.04.2022).
2. Комплект для сборки электровелосипеда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.voltbikes.ru/blog/electro/komplekt-dlja-sborki-jelektrovelosipeda-kak-podobrat-samostojatelno/> (дата обращения: 20.04.2022).
3. Подготовка велосипеда к электрификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.voltbikes.ru/blog/electro/podgotovka-velosipeda-k-elektrifikacii-na-chto-obratit-vnimanie/> (дата обращения: 20.04.2022).

УДК 631.365.3/4:633.88

*Скоробогатов Д.С., Лягина Л.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», г. Саратов

### **МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ТКАНЕЙ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ИМПУЛЬСАМИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

**Аннотация.** При разработке способов для борьбы с сорняками, снижения энергоемкости процесса в технологии уничтожения сорных растений электрическим током необходимо выяснить механизм разрушения растительной ткани электрическим током и условия, при которых этот механизм действует.

**Ключевые слова:** борьба с сорной растительности, импульс тока высокого напряжения, мембрана, напряженность электрического поля поры, диэлектрическая проницаемость.

Важное место в сельскохозяйственном производстве занимает борьба с сорняками. Широкое применение химикатов в этой борьбе обусловлено про-

стотой их применения, краткосрочностью результатов и экономической эффективностью. Однако было признано негативное влияние этих химических веществ на окружающую среду и здоровье человека, а также возрос интерес к нехимическим методам борьбы. Одним из нехимических методов борьбы является использование импульсного тока высокого напряжения [1, 4, 5].

В процессе обработки сорных растений импульсным током высокого напряжения, происходит разрушение важных физиологических процессов в растительной клетке (фотосинтез, дыхание, транспирация и т.д.). Увеличение напряжения или длительности воздействия тока на сорняки ускоряет их гибель. Механизм воздействия электрических импульсов высокого напряжения на растительную ткань зависит от параметров электрического разряда, фазы развития сорняков состояния их поверхности, условий внешней среды и т.д.

Интерес представляет реакция растительных клеток на воздействие импульсов высокого напряжения. Растительная ткань состоит в основном из клеток и пространства между клетками, заполненного межклеточным пространством. Каждая клетка окружена клеточной оболочкой, состоящей из плазматической мембраны и накладывающийся на нее снаружи толстая целлюлозная оболочка, состоящая из клетчатки.

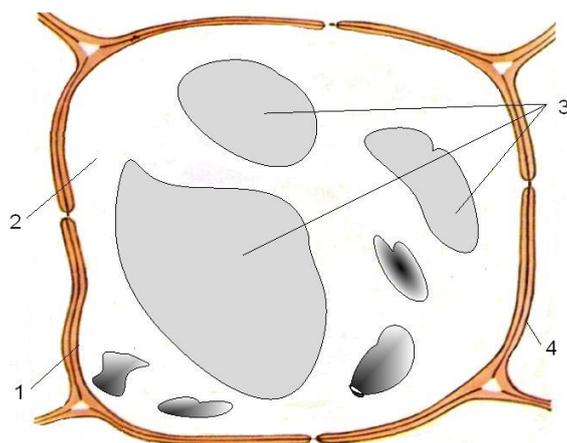


Рисунок 1 – Строение растительной клетки:  
1 – плазматическая мембрана; 2 – цитоплазма;  
3 – вакуоль; 4 – оболочка клетки

При разрушении мембраны, клетка погибает. Растительная клеточная мембрана представляет собой плоский конденсатор, пластины которого образуются поверхностными белками, а роль диэлектрика выполняет липидный слой, с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,0 \dots 2,2$  [1, 3]. После воздействия на мембрану разности потенциалов в первый момент времени они ведут себя как диэлектрики, поэтому целесообразно рассмотреть механизм их повреждения, основанный на кинетической теории прочности твердых диэлектриков [2].

Разрушение мембран в соответствии с этой теорией, происходит не одновременно, а постепенно. Кроме того, постепенно будет уменьшаться, сопротивление растения, а ток при этом будет расти. Поскольку клеточная мембрана не является однородной средой, так как на них имеются поры, заполненные цитоплазмой, то при воздействии импульса напряжения на мембрану необходимо

учитывать локальные электрические силы, действующие на границе между мембраной и порой.

Максимальная напряженность электрического поля поры с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_1$ , помещенной в диэлектрик с проницаемостью  $\varepsilon_2$  может быть рассчитано по формуле [2, 3].

$$E = E_0 \left( 1 + 2 \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2} \right) \quad (1)$$

где  $E$  – максимальная напряженность электрического поля, В/м;  $E_0$  – напряженность внешнего поля в месте расположения поры, В/м;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – диэлектрическая проницаемость, Ф/м.

При подаче на растение высоковольтного импульса напряжения, оно распределяется между основными элементами растительных клеток – цитоплазмой и клеточной мембраной – пропорционально их сопротивлениям. Общая толщина мембран, которую необходимо пробить может быть рассчитана по формуле:

$$\delta = \frac{(L_p + L_k)}{l_k} \delta_0 \quad (2)$$

где  $L_p$  – высота растения от места приложения напряжения до земли см.;  $L_k$  – длина корня, см;  $l_k$  – размер растительной клетки (в среднем составляет 7-100 мкм);  $\delta_0$  – толщина отдельной мембраны,  $10 \cdot 10^{-9}$  м.

Время жизни растения зависит от количества пробитых мембран и когда оно достигает 80-90% от общего количества наступает необратимый процесс и растение гибнет [3].

Данный метод позволит проводить эффективную борьбу с сорной растительностью с использованием электрических импульсов высокого напряжения, избежать нежелательных последствий механической обработки почвы при уничтожении сорняков (распыления почвы, усиления эрозии, распада почвенного гумуса), уничтожать сорные растения, переросшие культурные растения в рядах, что невозможно при механических методах борьбы с сорняками, исключить применение гербицидов и получить экологически чистую продукцию.

#### Список литературы

4. Антонов, В.Ф. Биофизика мембран / В.Ф. Антонов // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – №6. – С.4-12.
5. Ермилов, И.В. Кинетическая теория электрической прочности твердых диэлектриков / И.В. Ермилов // Электричество. – 1994. – № 9. – С.1-11.
6. Топорков, В.Н. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2015. – 18 с.
7. Лягина, Л.А. Повышение экологичности и эффективности сушки растительного сырья электронагревателем / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, В.В. Белов, А.П. Моисеев / Известия Международной академии аграрного образования, 2018. – № 38.
5. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, 2017. – №7.

**Сорокин В.Ю., Вендин С.В.**

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», г. Белгород

## **РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДКОЙ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по разработке схемы зарядного устройства для ветро-солнечной электростанции малой мощности сельскохозяйственного назначения.

**Ключевые слова:** электроснабжение, возобновляемые источники энергии, ветро-солнечные электростанции, аккумулятор, зарядка, схема управления.

Важным фактором развития и устойчивого производства сельскохозяйственной продукции является обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии [1-4 и др.]. Возобновляемая энергетика способна внести значительный вклад в решение важнейшей проблемы энергообеспечения децентрализованных районов России на долю которых приходится до 70% территории страны с населением до 20 млн. человек. Наиболее перспективным вариантом построения автономных энергетических комплексов представляется интеграция в дизельную систему электроснабжения ветровых и фотоэлектрических станций. В тоже время, для автономных электростанций малой мощности, интеграция ВИЭ с дизельными электростанциями удорожает энергетическую систему. Следовательно, необходимо использовать возможности самих ветровых и солнечных электростанций.

Самой главной проблемой при эксплуатации ветровых и солнечных электростанций малой мощности является обеспечение зарядки аккумуляторов этих электростанций, что усложняется при непостоянных и слабых (менее 4 м/с), в данной климатической зоне, ветрах и при недостатке солнечного излучения. В связи с этим возникает острая необходимость в разработке устройства зарядки аккумуляторов для ветро-солнечной электростанции малой мощности, обеспечивающего зарядку двух аккумуляторов при выключении одного из генераторов (ветер или солнце) [5].

На рисунке 1 предлагается структурная схема ветро-солнечной электростанции малой мощности, которая базируется на проверенных классических схемах комплектации оборудования, но отличается устройством управления режимами работы и зарядки аккумуляторов, как для ветровой, так и для солнечной электростанции. Устройство управления режимами работы и зарядки аккумуляторов включает традиционные контроллеры зарядки ветровой и солнечной электростанции, а также головной контроллер управления и устройства развязки аккумуляторов для возможности подзарядки аккумуляторов соседней системы при неблагоприятных погодных условиях.

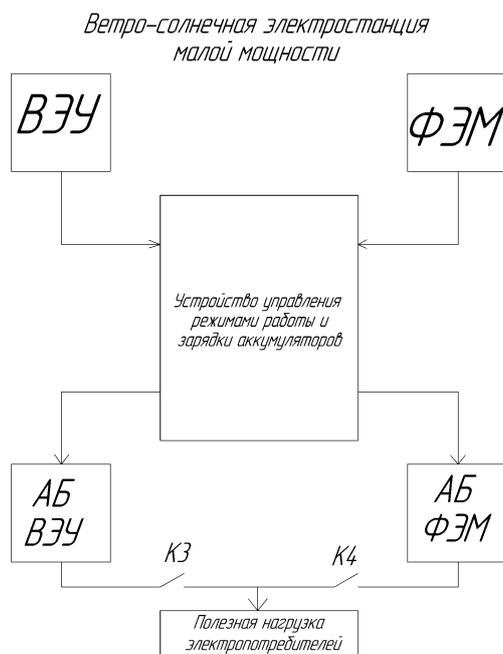


Рисунок 1 – Структурная схема ветро-солнечной электростанции малой мощности: *ВЭУ* – генератор ветроэлектрической установки; *ФЭМ* – фотоэлектрические модули солнечной электростанции; *АБ ВЭУ* – аккумуляторная батарея ветровой электростанции; *АБ ФЭМ* – аккумуляторная батарея солнечной электростанции; *К3, К4* – контакты управляющих реле

Структурная схема устройства управления представлена на рисунке 2.

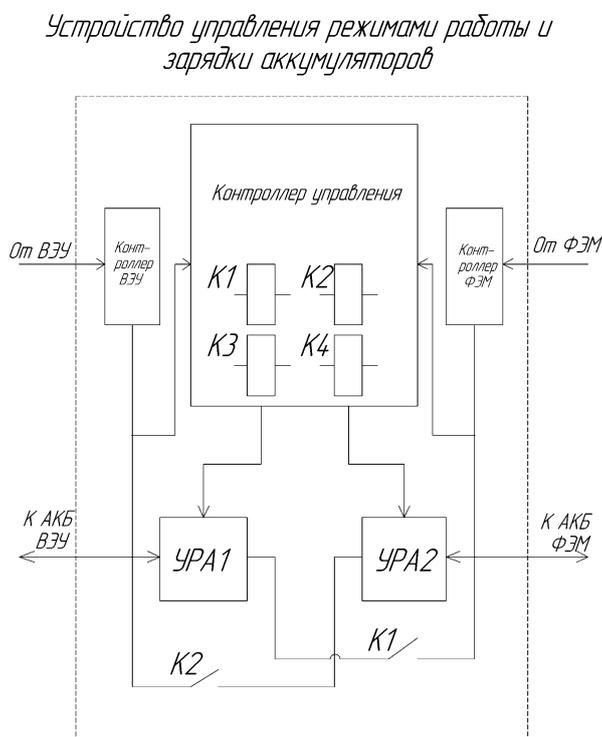


Рисунок 2 – Структурная схема устройства управления режимами работы и зарядки аккумуляторов: *К1, К2* – реле управления зарядкой аккумуляторов; *К3, К4* – реле управления подключения электропотребителей

Головной контроллер управляет четырьмя управляющими реле *К1, К2, К3* и *К4*. Коммутирующие реле *К1* и *К2* служат для подключения (отключения)

цепи зарядки одной из систем к аккумулятору другой системы. Подключение осуществляется, с учетом степени зарядки аккумуляторов, по управляющим сигналам, поступающим к устройствам развязки аккумуляторов УРА1 или УРА2 [6]. Коммутирующие реле К3 и К4 служат для управления работой аккумуляторов ветровой и солнечной электростанций при работе на общую электрическую нагрузку. Режимы работы и алгоритм управления определяются требованиями к заряду и эксплуатации аккумуляторов.

*Выводы.* Разработана структурная схема зарядного устройства для ветро-солнечной электростанции малой мощности. Устройство управления режимами работы и зарядки аккумуляторов включает традиционные контроллеры зарядки ветровой и солнечной электростанции, а также головной контроллер управления и устройства развязки аккумуляторов для возможности подзарядки аккумуляторов соседней системы при неблагоприятных погодных условиях.

#### Список литературы

1. Вендин, С.В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – №2 (18). – С. 3-19.
2. Вендин, С.В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Соловьёв, С.В. Килин // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – №3 (32). – С. 18-25.
3. Виноградов, А.В. Анализ основных составляющих эффективности систем электроснабжения сельских потребителей / А.В. Виноградов, А.В. Виноградова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – №3 (54). – С. 96-102.
4. Виноградов, А.В. Отключения в электрических сетях 0,4 кВ: количество, причины и контрмеры / А.В. Виноградов, В.Е. Большев, А.В. Виноградова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – №2 (58). – С. 77-81.
5. Елистратов, В.В. Оптимизация фотоэлектрических модулей при проектировании солнечных электростанций / В.В. Елистратов, Е.С. Аронова, М.З. Шварц // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 37. – С.259-263.
6. Устройства развязки аккумуляторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://forum.cxem.net/index.php?/topic/132578> (дата обращения: 20.04.2022).

УДК 621.314

<sup>1</sup>*Сохинов Д.Ю., <sup>1</sup>Трушкин В.А., <sup>1</sup>Чурляева О.Н., <sup>2</sup>Трушкина А.В.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

#### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ**

**Аннотация.** На воздушных линиях электропередачи (ВЛ) довольно часто возникают повреждения различного вида, которые приводят к выходу линии из работы. Как следствие,

имеет место недоотпуск электроэнергии, снижение надежности и качества электроснабжения. Очевидно, одной из важнейших задач ремонтных служб предприятий электросетей является быстрое определение места повреждения (ОМП) и организация восстановительных работ. До внедрения в энергосистемы приборов ОМП поиск повреждения осуществлялся путем обходов, объездов, а иногда облетов трассы линии на вертолете. В результате тратилось значительное время, так как линии имеют большую протяженность, а трасса часто проходит по труднопроходимой местности. Данная проблема более выражена в сельских сетях с напряжением 10 кВ, где имеется большая протяженность линии, но нет подходящих ОМП. Именно поэтому внедрение новых методов ОМП необходимо для сетей напряжением 10 кВ.

**Ключевые слова:** линии электропередачи, мониторинг сети электроснабжения, определение места повреждения ВЛ.

Определение места короткого замыкания на линиях особенно важно, так как отключение линии при устойчивых повреждениях связано с недоотпуском электроэнергии и материальным ущербом, наносимым потребителям. В этих случаях ускорение поиска повреждений дает большой экономический эффект.

Развитие микропроцессорной техники открыло возможность применения новых измерительных преобразователей тока и напряжения. К таким преобразователям относятся: пояс Роговского, магнитотранзисторный преобразователь, резистивный делитель и др. Инновационные преобразователи обладают высокой точностью измерения (погрешность не более 0,1 % по току и напряжению); широким частотным диапазоном измерений, в том числе, возможностью измерения постоянного тока; отсутствием насыщения от токов КЗ и апериодической составляющей.

Нетрадиционные первичные преобразователи совместно с устройствами оцифровки и передачи сигнала получили название «цифровые трансформаторы». Использование нетрадиционных первичных преобразователей требует разработки новых методов и алгоритмов релейной защиты и автоматики, в том числе – алгоритмов автоматического дистанционного определения мест повреждений (ОМП). Последние должны учитывать особенности данных первичных преобразователей и цифровых трансформаторов тока и напряжения в целом (например, возможности использования производных первичных величин, первичной обработки данных непосредственно в блоках цифрового трансформатора, использование новых характеристик дифференциальных защит и т.д.).

Разработка автоматического ОМП по-прежнему является актуальной задачей, поскольку существующие методы ОМП зачастую не обеспечивают требуемую точность (например, из-за погрешностей первичных преобразователей), оказываются неустойчивыми к влиянию искажающих замер факторов. Актуальной задачей является разработка методов ОМП на линиях с односторонним питанием. Применяемые ныне методы одностороннего ОМП, имеют, как правило, низкую точность и существенную зависимость от величины переходного сопротивления.

Для решения проблемы оперативного определения наличия и места обрыва провода предлагается использовать метод основанный на использовании катушки Роговского [4]. Суть метода заключается в том, что на каждую фазу линии в подстанции устанавливают цифровые трансформаторы тока и напряжения с микро-

процессорным устройством [1]. Датчик постоянного тока выполняет масштабное преобразование тока (его сигнал пропорционален величине тока). В качестве датчика постоянного тока можно применять магнитотранзисторный преобразователь или другие преобразователи, не искажающие форму кривой тока в переходных режимах и достоверно преобразующие аperiodические составляющие. Указанные преобразователи позволяют измерять не только постоянный, но и переменный ток, в том числе с аperiodической составляющей.

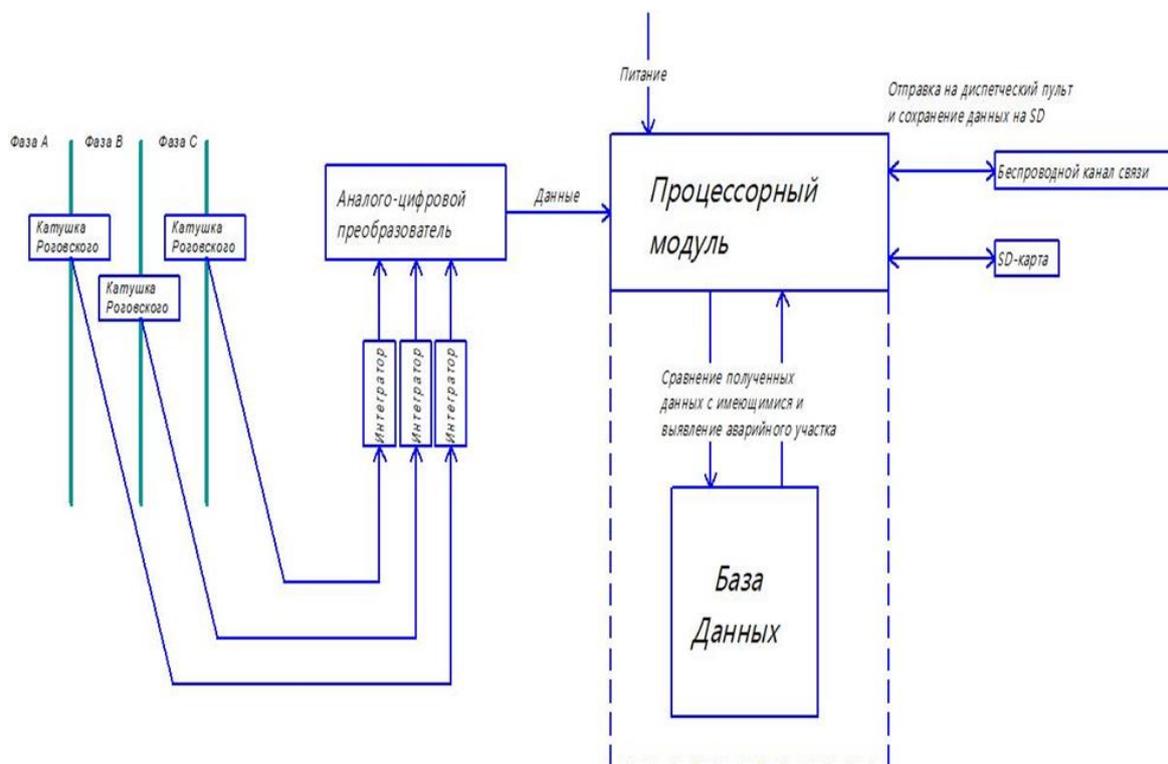


Рисунок 1 – Структурная схема прибора ОМП в электрических сетях напряжением 10 кВ

Токи короткого замыкания часто сопровождаются аperiodическими составляющими, которые насыщают магнитопровод электромагнитных трансформаторов тока, что приводит к искажению формы тока [3]. В каждом цифровом трансформаторе тока и напряжения сигналы датчика постоянного тока проходят первичную обработку (нормирование, антиалайзинговая фильтрация и др.), синхронное аналого-цифровое преобразование и вторичную обработку, индивидуальную для каждого первичного преобразователя.

Пояс Роговского не искажает форму кривой тока (поскольку отсутствует магнитопровод) и имеет линейную амплитудно-частотную характеристику (коэффициент усиления линейно увеличивается с ростом частоты) в отличие от традиционных электромагнитных трансформаторов тока. Указанные выше факторы позволяют на основе физических законов определять производную тока при помощи пояса Роговского с более высокой точностью в переходных режимах по сравнению с вычислением производной математически, и использованием сигналов от электромагнитных трансформаторов тока.

Работа метода основана на фиксации факта протекания тока короткого замыкания (КЗ) в контролируемой линии. Значения тока в линии измеряются

датчиками тока (поясом Роговского) и преобразуются с помощью интегратора и аналого-цифрового преобразователя.

Катушка Роговского обеспечивает напряжение, пропорциональное производной по изменению тока в проводнике. Следовательно, для преобразования полученного сигнала в сигнал, пропорциональный измеряемому току, необходим интегратор. Он является важным компонентом в системе измерения тока на основе катушки Роговского. Интегратор определяет коэффициент передачи. От его свойств зависят линейность, фазовый сдвиг и полоса рабочих частот. Интегратор является фильтром сигнала, он нужен для компенсации погрешности выходного сигнала и служит для удаления лишних помех, мешающих АЦП.

Таким образом, ведется измерение мгновенных значений тока, с последующим их преобразованием из аналогового в цифровой сигнал и сравнения полученных значений со значениями уставок [2]. В случае превышения уставок, на основе полученных данных определяется место аварии и принимается решение о записи и передачи данных на диспетчерский пульт.

По таким известным величинам как: сечение и сопротивление провода, а также напряжение и длина линии составляется алгоритм, который определяет величину тока КЗ на определенном расстоянии от подстанции. Именно по нему и происходит ОМП в линии. По расчетам было выявлено, что ток КЗ напрямую зависит от длины линии электропередачи, а это означает, что с минимальными погрешностями можно выявить место аварии линии. Данный алгоритм (база данных) составляется вручную и индивидуально для каждого участка электрической сети. Следуя из этого, можно быть уверенным в работоспособности метода ОМП на конкретной линии электропередачи.

Разработанный метод ОМП предполагает использование сигналов с датчиков тока и напряжения, в том числе, производных токов с пояса Роговского и дальнейшего преобразования сигналов с последующим определением места аварии. Установка такого устройства в подстанциях позволяет повысить наблюдаемость сети, а также организовать замер электрических величин на протяженных магистралях ЛЭП.

#### Список литературы

1. Сохинов, Д.Ю. Прогнозирование состояния электрических сетей при помощи умных технологий (smart grid) / Д.Ю. Сохинов, В.А. Трушкин // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29-30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО «Амирит», 2021. – С. 213-216.
2. Яблоков, А.А. Разработка алгоритма дистанционного определения места повреждения на основе данных от цифровых трансформаторов тока и напряжения / А.А. Яблоков, А.С. Тимофеев, Г.А. Филатова // Кибернетика энергетических систем: сборник мат. XI научно-го семинара по тематике «Диагностика энергооборудования», Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), Россия, 2018 – С. 443-447.
3. Куликов, А.Л. Определение места повреждения линии электропередачи по мгновенным значениям осциллограмм аварийных событий / А.Л. Куликов, И.А. Лукичева // Вестник ИГЭУ. 2016, – № 5. – С. 16-21.
4. Козлов, В.Н. О точности современных устройств ОМП / В.Н. Козлов, Ю.В. Бычков, К.И. Ермаков // Релейная защита и автоматизация, 2016. – №1. – С. 42-46.

<sup>1</sup>Трушкин В.А., <sup>1</sup>Шлюпиков С.В., <sup>1</sup>Кукин Д.С., <sup>2</sup>Трушкина А.В.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РФ

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос развития цифровой электроэнергетики в России. Дана трактовка термина «цифровая подстанция», определяющая уникальное содержание стоящих за ней процессов, освещены ключевые моменты построения цифровой подстанции. Проведен анализ объёма внедрения цифровых технологий в электроэнергетику.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровая подстанция, цифровая электрическая сеть, МЭК 61850, оптический трансформатор.

В настоящее время электросетевые компании России активно развивают и внедряют цифровые технологии в электроэнергетику. Толчок для развития и применения инновационных технологий дала тенденция мировой электроэнергетики к цифровизации данных, создание правительством РФ правовой базы, устаревание оборудования, а также требование, сложившееся у потребителей к повышенному качеству электроэнергии.

На данный момент электросетевые компании ставят перед собой задачу создания единой цифровой электрической сети, которая позволит анализировать информацию о состоянии оборудования, прогнозировать вероятность и последствия отказов для снижения рисков выхода оборудования из строя путем своевременного адресного ремонта или замены, производить управление различными участками электросистемы дистанционно [1].

Актуальность создания единой цифровой сети и проведения работ по модернизации подтверждают данные, предоставленные кампанией ПАО «Россети Волга» [2]. Анализируя причины аварийных ситуаций (рисунок 1) в ПАО «Россети Волга», можем увидеть необходимость и значимость введения цифровых технологий в электрическую сеть, так как 52% аварий будет возможно минимизировать, применяя инновационные технологии.



Рисунок 1 – Основные причины аварий

Ключевой составляющей цифровой электрической сети является подстанция с высоким уровнем автоматизации. У таких подстанций большинство процессов имеет цифровой вид обмена информацией между элементами ПС, а управление работой ПС основано на стандарте МЭК 61850 (подстанция называется цифровой подстанцией). Цифровые подстанции имеют ряд как экономических, так и технологических преимуществ по отношению к современным подстанциям.

Создание цифровых подстанций не избавит от необходимости модернизировать и улучшать такие подстанции, но значительно уменьшит последующие денежные вложения на замену отработавшего свой срок оборудования. Каждый новый проект будет удешевлять работу по проектированию и постройке подстанций, так как будут нарабатываться типовые решения и проекты.

Цифровые подстанции имеют чёткую, сформулированную стандартом МЭК 61850 иерархию (рисунок 2), по которой происходит проектирование и функционирование этих объектов [3]:

- уровень процесса;
- уровень присоединения;
- уровень подстанции.

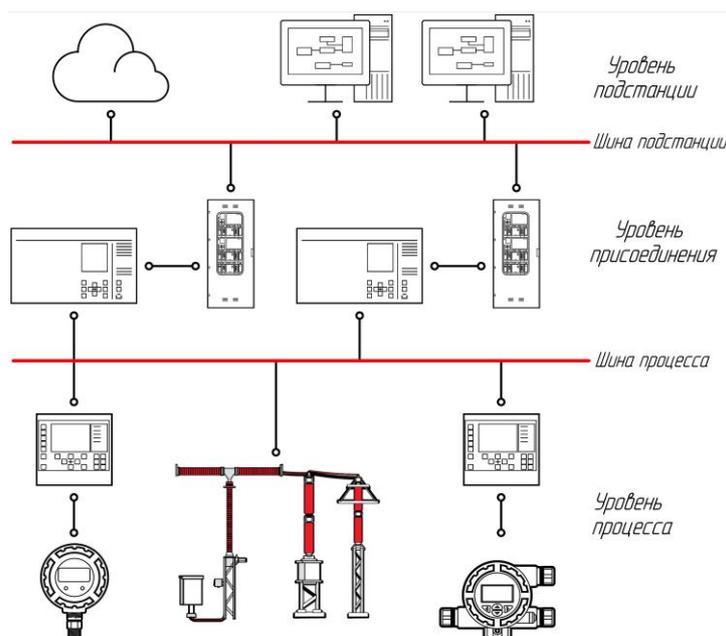


Рисунок 2 – Структурная схема цифровой подстанции

Отметим достоинства и недостатки системы:

– достоинства: повышение уровня безопасности; повышение надежности; повышение точности измерений; увеличение наблюдаемости процессов; автоматический контроль за состоянием оборудования; отсутствие электрической связи между первичным и вторичным оборудованием.

– недостатки: большая стоимость постройки и ввода в эксплуатацию; отсутствие единой нормативной базы; кадровый дефицит; вопросы информационной безопасности.

Передача информации между устройствами уровня процесса и уровня присоединения, а также между различными устройствами уровня присоедине-

ния, осуществляется с помощью шины процесса. Обмен данными на уровне подстанции, а также от устройств уровня присоединения к устройствам уровня подстанции осуществляется с помощью шины подстанции.

Уровень процесса объединяет все интеллектуальные модули технологического оборудования, основными из которых являются коммутационные аппараты, измерительные трансформаторы и датчики различного назначения. Существует оборудование, которое уже имеет в себе интеллектуальные модули для передачи информации в цифровом виде, но (если это не предусмотрено) можно использовать и классические устройства с применением отдельно стоящих интеллектуальных модулей.

В качестве примера можно рассмотреть использование классических трансформаторов тока и напряжения с дополнительными преобразователями аналоговых сигналов. Среди современного силового оборудования, производимого только для цифровых подстанций, можно выделить оптические измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Применение таких трансформаторов произвело существенное совершенствование подстанций, так как названный тип трансформаторов имеет отличительную особенность: в основе их работы лежат оптические, а не электромагнитные эффекты, за счёт чего появляется возможность напрямую снимать показания в цифровом виде и передавать эту информацию дальше. Данный вид трансформатора уникален ещё и тем, что это единственный элемент ПС, в котором цифровые технологии затрагивают не работу системы в целом, а именно технологическое оборудование [4].

Оборудование уровня присоединения – это микропроцессорные терминалы релейной защиты, систем управления, блокировки и т.д. Эти устройства принимают данные от оборудования уровня процесса и выдают команды управления коммутационными аппаратами, а также имеют информационную связь с оборудованием подстанционного уровня. Уровень подстанции по МЭК 61850 – это автоматизированные рабочие места персонала, осуществляющего управление подстанционным оборудованием.

Подобное автоматизированное рабочее место объединяет в себе щиты управления, мнемосхемы, системы диспетчерского управления и сбора данных. На этом уровне аккумулируется огромное количество информации о состоянии оборудования и режимах работы подстанции. Информация обрабатывается и, при необходимости, передается на более высокий уровень.

Цифровые технологии в электроэнергетике – неизбежное будущее, так как оборудование, которое находится в эксплуатации, устаревает, что требует его комплексной модернизации [5]. На данный момент электросетевые компании готовы вкладывать средства в применение инновационных решений с планами на будущую экономию, безопасную и бесперебойную работу всех систем. Изменения идут медленными темпами, так, например, по данным, представленным компанией ПАО «Россети Волга» [2], в эксплуатации на объектах их ведения находится 53071 устройств РЗА. Большую часть устройств составляют электромеханические реле, а микропроцессорные устройства занимают меньшую часть (рисунок 3).



Рисунок 3 – Тип применяемых устройств РЗА

Автоматизированные системы предиктивного анализа, интеллектуальные системы управления, кибербезопасность, цифровые системы автоматизированного проектирования и технология «цифровой электромонтер» и вовсе находятся на стадии зарождения, так как развитие и внедрение этих технологий в электроснабжение только начинается [6]. Но несмотря на это, внедрение инновационных решений не прекращается, и с каждым годом в отчётах электросетевых компаний можно увидеть тенденцию к положительным изменениям в этом направлении.

#### Список литературы

1. Шилова, Л. Интеграция цифровых технологий как ключевой фактор развития российской энергетики / Л. Шилова, А. Адмцевич // Энергетическая политика. – 2020. – №9(151). – С.60-73.
2. Годовой отчет ПАО «Россети Волга» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=12131&type=2&attempt=2> (дата обращения 01.04.2022 г.).
3. СТО 34.01-21-004-2019 – 2019 Цифровой питающий центр. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжением 110-220 кВ и узлах цифровых подстанций напряжением 35 кВ: стандарт организации / Департамент оперативно-технологического управления ПАО «Россети». – 2019. – 114 с.
4. Текслер, А.Л. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли / А.Л. Текслер // Энергетическая политика. – 2018. – №5. – С.3-6.
5. Орехов, Э.А. Развитие цифровых подстанций / Э.А. Орехов, Ю.В. Абрамов // Энергоэксперт. – 2020. – №3. – С.72-74.
6. Прокопьев, В.В. Проектирование сети ЦПС на примере ПС 110 кВ «Медведевская» / В.В. Прокопьев, Р.И. Федоров // Релейная защита и автоматизация. – 2018. – №2. – С.50-53.

УДК 681.32

*Трушкин В.А., Глушкина А.А., Царина С.Б.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратова

## ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

**Аннотация.** Цифровизация является эволюционным развитием технологий, которое проникает во все сферы нашей деятельности. За последнее десятилетие мощность вычисли-

тельных систем в сочетании с определенными математическими алгоритмами позволили получить интересные программные решения в области искусственного интеллекта и обработки больших данных.

В работе приведены преимущества при реализации проекта «Цифровое сельское хозяйство». Данные технологии дают перспективы развития в сельскохозяйственном производстве и позволяют строить решения с меньшим участием людей.

**Ключевые слова:** цифровые технологии в сельском хозяйстве, цифровая платформа, развитие АПК технологий, деятельность сельскохозяйственных организаций.

Цифровые технологии (ЦТ) влияют и на сельское хозяйство, агропродовольственные системы. Предполагается, что технология служит человеческим и социальным потребностям, тем самым, положительно преобразуя способы работы, взаимодействия и пребывания в обществе, она также имеет негативную сторону. При использовании в благих целях технология может иметь непреднамеренные последствия.

В России успешно внедряется проект «Цифровое сельское хозяйство». Это цифровая платформа, интегрированная с цифровыми платформами для управления сельским хозяйством на региональном и муниципальном уровнях, предусмотренная в рамках ведомственного проекта. Основная цель – цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижение роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях.

На одну компанию сельского хозяйства в 2015 г. приходились 2-3 электронно-вычислительные машины, однако половина из них – морально устаревшая техника. Большая часть компьютеров были не подключены к сети Интернет. На сегодняшний день внедрение ЦТ заметно выросла и имеет огромную роль в развитии АПК технологий.

Возможности цифровизации состоят конкретно в устранении негативных факторов при эффективной разработке технологических процессов производства, организации и управления. Итог этих возможностей основывается на инновационных технологиях путем применения индивидуальных ресурсов для роста производительности.

Благодаря своей возможности индивидуального применения, цифровая модернизация дает фундамент для устойчивого развития в повышении производительности в технологических процессах.

Можно выделить несколько важных направлений цифровой трансформации:

1. Разработка новой цифровой бизнес-модели.
2. Создание цифровых товаров и услуг.
3. Управление жизненным циклом продукта.
4. Автоматизированный сбор, хранение и обработка информации.
5. Внедрение цифрового проектирования.
6. Управление производственными процессами и сетями поставок.
7. Выполнение административных функций.
8. Автоматизация ручного труда посредством использования роботов и электронного документооборота.

Цифровые технологии позволяют контролировать полный цикл растениеводства или животноводства – «умные» устройства измеряют и передают параметры почвы, растений, микроклимата и т.д. Все данные с датчиков, дронов и другой техники анализируются специальными программами. Мобильные или онлайн-приложения приходят на помощь для определения благоприятного времени для посадки, прогнозирования или сбора урожая, и многое другое.

Данные собираются в одном месте от разных участников производственных процессов и формируется информационное поле, с помощью которого легко может находить ошибки в применении агротехнологий. Эти данные позволяют принимать правильные решения, уменьшить риски и повышающие рентабельность сельскохозяйственного производства.

Цифровизация АПК имеет колоссальный потенциал, и планы проекта «Цифровое сельское хозяйство» вполне достижимы.

Что касается ключевых сельскохозяйственных процессов, в частности установления датчиков для сбора данных о погоде, использование данных спутников и дронов для мониторинга урожая, датчиков контроля за работой техники, то здесь доля охвата выше.

Реализация цифровых инициатив требует комплексного решения возникающих проблем.

К проблемам внедрения цифровизации можно отнести:

- квалификация кадров;
- стоимость реализации и обслуживания оборудования (покупка оборудования 46 т.р., обслуживание 900 т.р.);
- доведение/адаптация IT технологий продукции.

В первую очередь это касается разрозненности используемых информационных систем и необходимости интеграции новых систем с существующими бизнес-процессами. Сельское хозяйство характеризуется очень высокой степенью интенсивности используемых данных. При этом анализируемая информация в разных, чаще всего несовместимых форматах, поступает от различных источников и устройств. Для решения данной проблемы необходимо интегрировать используемые информационные системы в единую систему больших данных на основе создания и фиксации общих интерфейсов, форматов данных, позволяющую наладить быструю и качественную обработку поступающих информационных потоков.

Изменения, цифровизации и информатизации сельского хозяйства, затрагивают все области организации деятельности сельскохозяйственного производства. Способы участия субъектов хозяйствования в производственных, инновационных, открывая новые возможности и качественно трансформируя характер взаимодействия, социальной интеграции и коммуникации в целом.

Альтернативное использование потенциально допустимых средств за счет широкого внедрения информационных методов ведения бизнеса, стимулирующих внутренний потребительский спрос, дает возможность эффективно использовать материальные и трудовые ресурсы, развивать конкурентоспособное

производство товаров и услуг для удовлетворения самых разнообразных потребностей покупателей.

Тем самым цифровизация сельского хозяйства может быть обеспечена значительным экономическим эффектом за счет повышения производительности труда, эффективности землепользования, качества мониторинга техники, посевов, обеспечения автоматизации, прозрачности и управляемости процессов, снижения затрат сельхозпроизводителей.

Развитие единой информационной системы АПК должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- возможность обработки информации разных видов (научной, производственной, деловой, коммерческой и т.д.);
- охват всех групп пользователей АПК, но при более глубокой, чем это имеет место сегодня, дифференциации информационного обеспечения;
- сочетание централизованного хранения данных с их распределением по региональным и локальным информационным центрам (дублирование фрагментов баз данных, размещение проблемно-ориентированных баз данных по узким вопросам в локальных информационных центрах);
- широкое использование средств телекоммуникации для обеспечения взаимодействия субъектов единой информационной системы АПК между собой и с внешней средой;
- техническая доступность пользователю любого уровня всех информационных ресурсов;
- обеспечение выхода в международные информационные сети.

Информационная система АПК должна строиться как система информационных центров разного уровня, связанных между собой функционально, технологически и технически, с целью выполнения главной цели – обеспечения конечных пользователей необходимой им информацией в нужном месте, в нужное время и в требуемой форме.

#### Список литературы

1. Годжаев, З.А. Перспективы применения автоматизированных и роботизированных электроприводов на мобильных энергосредствах и рабочих органах сельхозмашин / З.А. Годжаев, А.Ю. Измайлов, Ю.Ф. Лачуга, Ю.Х. Шогенов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2018. – № 2. – С. 41-47.
2. Рожкова, А.В. Международный опыт реализации на предприятиях АПК систем заработной платы / А.В. Рожкова, Э.В. Степанова // Проблемы современной аграрной науки // Красноярский государственный аграрный университет. – 2018. – С. 161-164.
3. Рожкова, А. В. Факторы, определяющие решение о выходе на внешний рынок / А.В. Рожкова // Развитие регионального АПК и сельских территорий: современные проблемы и перспективы: материалы XVI Международной научно-практической конференции. / Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос». – 2020. – С. 186–188.

**Четвериков Е.А., Мусеев А.П., Мухамбетов Д.З.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОТОКЕ

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность использования СВЧ-излучения для интенсификации процесса определения влажности сыпучих веществ, а также снижения времени процесса.

**Ключевые слова:** влагомер, СВЧ-влагометрия.

При реализации единственного ГОСТированного термogrавиметрического метода промышленной влагометрии зерновых продуктов [1, 2], в основе которого лежит достижение продуктом «нулевой» влажности за счет сушки его конвективным тепловым воздействием, на определение влажности партии зерна уходит 2-3 часа.

В этой связи целесообразной представляется попытка использования предложенного и исследованного [3, 4] метода интенсификации конвективной тепловой сушки с помощью низкоинтенсивного электромагнитного СВЧ поля. Использование такого подхода должно предположительно сократить время достижения продуктом «нулевой» влажности до 20-30 минут и одновременно снизить энергоемкость процесса сушки в 4-7 раз.

Типичный характер процесса снижения влажности пробы в процессе ее конвективной сушки представлен кривой, асимптотически стремящейся к нулевой влажности – кривая 1 на рисунке 1.

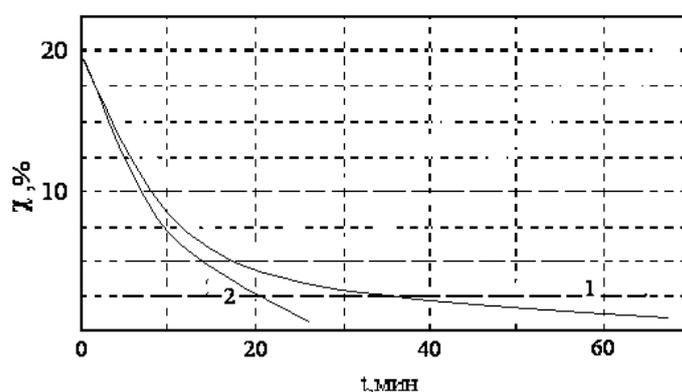


Рисунок 1 – Зависимость влажности продукта от времени сушки

Можно предположить, что инъекция в объект сушки микроволновой энергии, обеспечивающей практически постоянную скорость сушки до самых малых влажностей, трансформирует кривую 1 в кривую 2, что и обеспечит получение эффекта существенного снижения энергоемкости и времени процесса сушки.

Приближенный анализ возможности снижения энергоемкости и времени сушки проводился на основе математической модели [3], в которой учет влияния излучения СВЧ в подвергаемые процессу конвективного воздействия зерна проводился за счет введения температурной добавки во внутренние области объекта сушки. Теоретически рассчитанные в работе [3] результаты были подтверждены экспериментально [4], что позволяет с учетом введенных в этой работе эмпирических поправочных коэффициентов считать математическую модель адекватной и позволяет применять ее для расчетов в других задачах:

$$\left| \frac{dm}{dt} \right| = 1.29 * 10^{-4} l^{3/4} n^{3/4} V_B^{1/2} \rho^{1/2} \mu^{-1/2} \left( \frac{\tilde{T}_n}{273.15} \right)^{1.89} \left( 10^{\frac{6.9T_0}{230+T_0}} - 1.78 \right), \quad (1)$$

где  $\tilde{T}_n$  – средняя температура потока зерна, °С;  $T_0$  – температура воздуха °С;  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $V_B$  – скорость потока воздуха, м/с;  $\mu$  – динамическая вязкость воздуха, м<sup>2</sup>/с;  $l, n$  – характерные размеры материала, м.

Как правило, зависимость снижения массы мелкодисперсных диэлектрических объектов, в том числе зерна, от времени при конвекционном тепловом воздействии имеет вид, представленный кривыми 1 на рисунке 2, а, б, в.

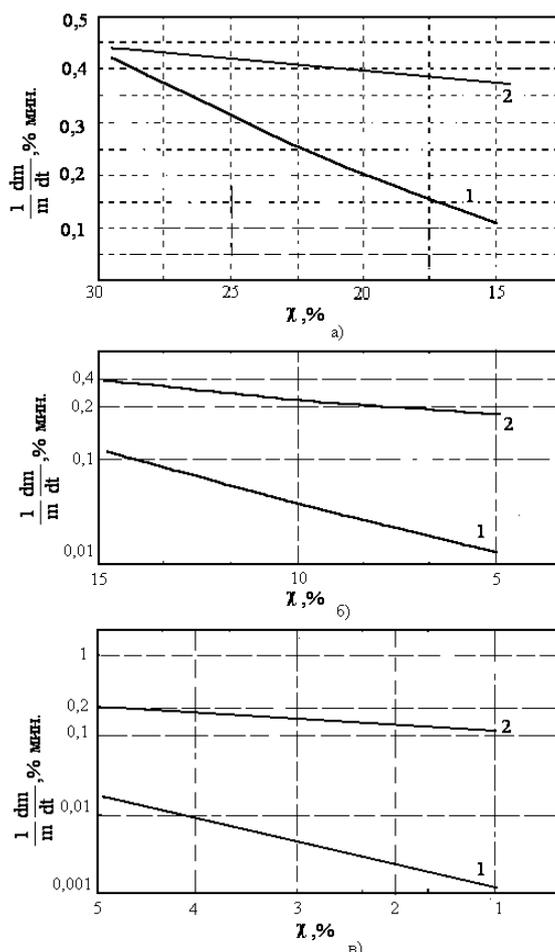


Рисунок 2 – Зависимость скорости процесса сушки от влажности

Хорошо видно, что начиная с влажности продукта приблизительно 15% скорость выхода влаги из продукта резко снижается, что связано со значительным высыханием поверхностных слоев продукта, что препятствует проникно-

вению теплого воздуха во внутренние слои продукта и одновременно приводит к росту градиента температуры, направленного навстречу градиенту влажности. Причем основная часть времени конвекционного обезвоживания приходится на интервал малых влажностей (15-20%).

Результаты предварительного расчета, проведенного по аналогии с [4, 5] для уровня инжектируемой в объект обезвоживания СВЧ мощности 4% от мощности теплового конвективного потока, показывают (кривые 2, рисунок 2), что в результате инъекции СВЧ энергии значительно вырастает скорость процесса на последних, наименее интенсивно протекающих стадиях сушки. Степень этого влияния все более возрастает по мере снижения влажности объекта; это, в свою очередь, приводит к существенному снижению времени полного обезвоживания продукта.

Для технической реализации полученного эффекта важен правильный выбор уровня мощности инжектируемого в объект потока микроволновой энергии. Расчет, проведенный для уровней мощности СВЧ соответственно 1, 2, 3, 4 и 5% от конвективной, показал, что наибольший эффект наблюдается при увеличении уровня мощности инжектируемого СВЧ сигнала примерно до 2%.

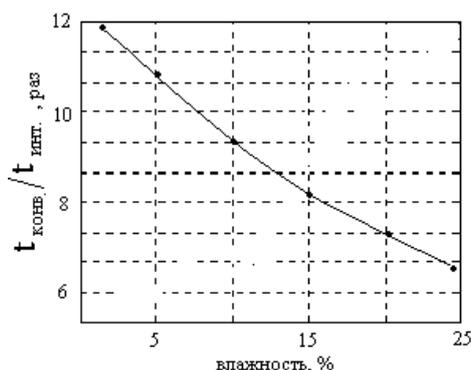


Рисунок 3 – Интегральная зависимость времени сушки от влажности продукта

Дальнейшее увеличение мощности электромагнитного сигнала СВЧ дает сравнительно слабое снижение времени протекания и энергоемкости процесса сушки. Для наглядности на рисунке 3 представлены интегральные результаты уменьшения общего времени обезвоживания под воздействием СВЧ энергии в зависимости от влажности продукта.

Следует отметить, что поскольку затрачиваемая на процесс обезвоживания энергия пропорциональна общему времени его протекания, можно считать,

$$\frac{R_{\Sigma}}{R_{\text{конв}}} = \frac{t_{\Sigma}}{t_{\text{конв}}} \quad (2)$$

что значительное сокращение времени обезвоживания, особенно в диапазоне малых влажностей, приводит к аналогичному уменьшению общей энергоемкости процесса обезвоживания, как следует из формулы 2.

#### Список литературы

1. Усанов, К.М. Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ / К.М. Усанов, Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, В.А. Каргин // Аграрный научный журнал, Саратов, №9. – 2015 – С. 60-62.

2. Четвериков, Е.А. Совершенствование установки сушки расторопши за счет автоматизации процесса измерения влажности / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, В.А. Каргин // Аграрный научный журнал, Саратов, №7. – 2015 – С. 52-55.
3. Четвериков, Е.А. Электродинамические и тепловые свойства СВЧ нагревательных установок стационарного типа при различных способах возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере / Е.А. Четвериков, К.В. Асеев // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК»: Материалы VII Международной научно-практической конференции – Саратов: Издательство «Буква», 2016. – С. 242-244.
4. Четвериков, Е.А. Совершенствование способов возбуждения электромагнитного поля СВЧ-диапазона в установках сушки сельскохозяйственной продукции стационарного типа / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина // Аграрный научный журнал, Саратов, №6. – 2016 – С. 70-72.
5. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина // Монография, Саратов, 2016.

УДК 315.322.365

**Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Мухамбетов Д.З.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЧ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СТАЦИОНАРНОГО ТИПА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ИНЖЕКЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ**

**Аннотация.** Приводятся результаты экспериментального исследования, направленного на выбор рациональной схемы подачи в рабочую камеру сушильной установки электромагнитного поля СВЧ-диапазона.

**Ключевые слова:** СВЧ сушка, микроволновое поле, рабочая камера.

В первых отечественных бытовых СВЧ печах СП-23 ЗИЛ использовался верхний способ возбуждения СВЧ колебаний [1] в рабочей камере (РК), при котором электромагнитная мощность поступала от генератора через прямоугольное отверстие связи, расположенное в центре верхней стенки резонатора. Механизм вращения продукта отсутствовал поэтому он располагался в дальней зоне возбуждения, где максимально полно проявляются резонансные свойства. При резонансе достигается максимальный уровень поглощенной продуктом СВЧ мощности, т.к. согласно закону сохранения энергии  $P_{noz}$  определяется следующим соотношением:

$$P_{noz} = (\vec{r}, \tau) = 0.5 \times \omega \times \varepsilon \times tg\delta \times |\vec{E}(\vec{r}, \tau)|^2, \quad (1)$$

где  $\omega$  – круговая частота;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость;  $tg\delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь продукта;  $|\vec{E}(\vec{r}, \tau)|$  – вектор напряженности электрического поля;  $\vec{r}$  – радиус вектор, определяющий положение рассматриваемой точки в пространстве;  $\tau$  – время.

При резонансе резко возрастает амплитуда колебаний электромагнитного поля, а согласно выражению (1) и величина  $P_{ног}$ , но резкой возрастает неоднородность структуры электрического поля.

Наиболее распространенным способом возбуждения электромагнитного поля [3] широко используемым современных микроволновых бытовых печах является боковой способ возбуждения. Данный способ возбуждения электромагнитного поля в рабочей камере эффективен при вращении поддона с продуктом в процессе нагрева, что позволяет устранить неравномерность нагрева образца в направлении вращения (по окружности). Однако при этом не устраняются радиальные неравномерности нагрева.

Недостатком обоих рассмотренных способов возбуждения электромагнитного поля является то обстоятельство, что обрабатываемый материал располагается на нижней металлической стенке резонатора, что приводит к превосходству нормальной составляющей электрического поля в образце над тангенциальной составляющей, что соответствует изменению выходных параметров рабочей камеры при изменении обрабатываемого материала и снижает универсальность установки, а также оказывает существенное влияние на равномерность нагрева и КПД установки.

Значительно уменьшить указанный недостаток позволяет предлагаемый в настоящей работе нижний способ возбуждения микроволновой энергии в рабочую камеру, который осуществляется с помощью прямоугольного рупора в нижней части которого расположены магнетронные источники.

Для типового сушильного шкафа комбинированной сушки, разработка которого описана в работах Четверикова Е.А. [2, 4] рисунок 1, а.

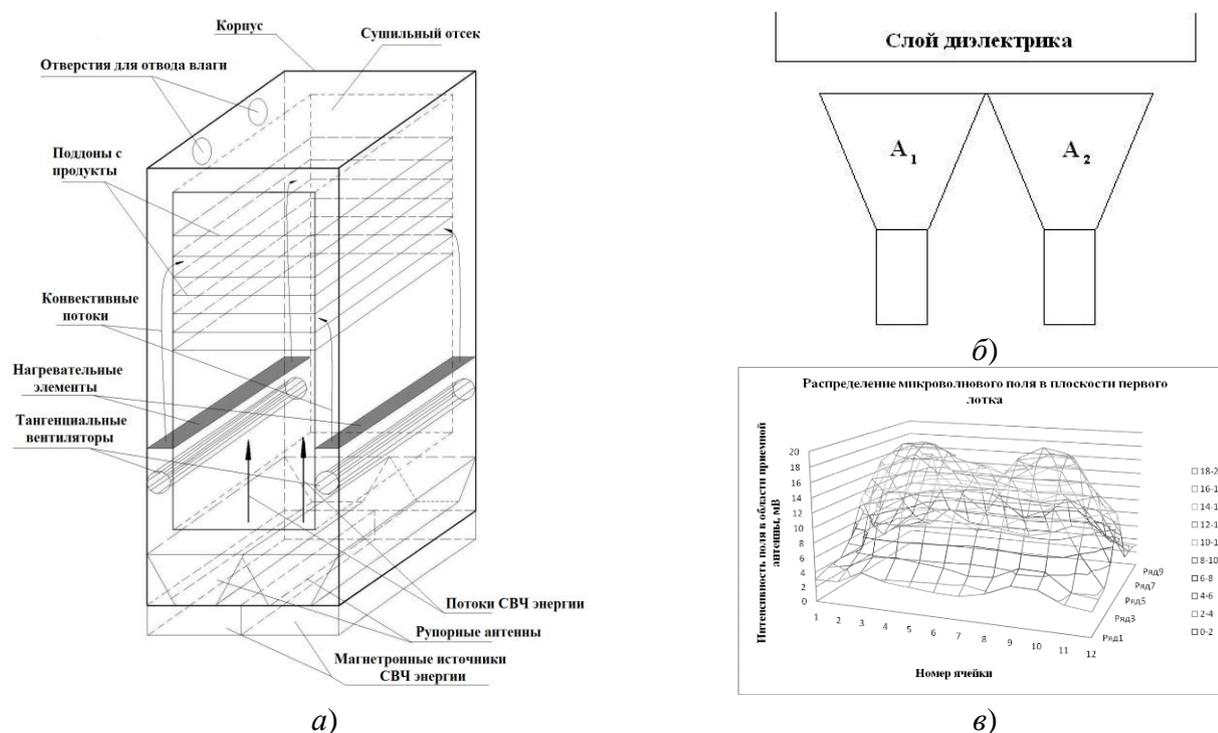


Рисунок 1: а) – технологическая схема сушильного шкафа комбинированной сушки с рупорной системой возбуждения микроволнового поля; б) – рупорная система; в) – распределение микроволнового поля в области первого поддона

Подвод СВЧ-мощности осуществляется от двух магнетронных генераторов снизу (рисунок 1, б), а для обеспечения равномерности объемного распределения энергии в продукте, расположенного на поддоне, используется система из двух рупорных антенн. Распределение поля при таком способе подвода СВЧ мощности показано на рисунке 1, в. Как видно из этого рисунка, неравномерность распределения электромагнитного поля достигает 4 дБ, что приемлемо для случаев перемешивания продукта [5].

#### Список литературы

1. Четвериков, Е.А. Повышение эффективности сушки семян с твердой оболочкой за счет периодического воздействия энергетических потоков в микроволново-конвекционных установках (на примере сушки семян рапса): автореф. дисс. канд. техн. наук / Четвериков Е.А. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ им. Вавилова Н.И., 2003. – 30 с.
2. Четвериков, Е.А. Расчет параметров комбинированной микроволново-конвективной сушки семян рапса / Е.А. Четвериков // Вавиловские чтения-2009: Материалы Межд. науч.-практ. конф., – Саратов: ИЦ «Наука»; 2009. – С. 391-393.
3. Четвериков, Е.А. Перспективы использования СВЧ – излучения в методах определения влажности зерна / Е.А. Четвериков // Энергетика предприятий АПК и сельских территорий 2010: Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2010. – С. 195-197.
4. Четвериков, Е.А. Совершенствование установки сушки рапса за счет автоматизации процесса измерения влажности / Е.А. Четвериков, А.П. Моисеев, В.А. Каргин // Аграрный научный журнал, Саратов, №7, 2015 – С. 52-55.
5. Четвериков, Е.А. Оценка целесообразности сушки обмотки линейного электромагнитного двигателя полем СВЧ / Е.А. Четвериков, К.М. Усанов, А.П. Моисеев, В.А. Каргин // Аграрный научный журнал, Саратов, №9, – 2015.

УДК 662.998

*Шарафутдинов А.А., Дресвянникова Е.В.*

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань

#### СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ ИЗ РАЗЛИЧНОГО СЫРЬЯ

**Аннотация.** Сравниваются современные теплоизоляционные материалы, производимые на основе базальтового волокна. Рассмотрены основные теплотехнические характеристики, способствующие правильному подбору теплоизоляционных материалов для изоляции трубопроводов тепловых сетей.

**Ключевые слова:** теплоизоляция, тепловая сеть.

В сложившейся ситуации, которая связана с ростом цен на энергоносители и высокими приведенными расходами на теплоснабжение, вопрос энергосбережения принимает жизненно важное значение. Поиск надежной теплоизоляции в сочетании с защитой от внутренней и внешней коррозии для продления срока эксплуатации тепловой сети является одной из главных задач [1-3].

В действующих тепловых сетях канальной прокладки тепловая изоляция трубопроводов выполнена преимущественно теплоизоляционными изделиями на основе стеклянного и минерального волокна, произведенными по ГОСТ 10499-95; ГОСТ 21880-94; ГОСТ 9573-96 и Техническим условиям (ТУ) производителей.

Введение новых, более жестких, нормативов по тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей в непроходных каналах требует увеличения толщины теплоизоляционного слоя [4-6]. Увеличение толщины теплоизоляционного слоя в действующих тепловых сетях подземной канальной прокладки, с учетом фиксированного расстояния между осями труб, вызывает технические трудности, связанные с необходимостью монтажа изоляции в стесненных условиях, а в некоторых случаях и необходимостью реконструкции опор трубопроводов и самого канала.

Существует большое разнообразие сырья, на основе которого производятся материалы для теплоизоляции трубопроводов. Минеральная вата может производиться в виде стеклянной ваты, которая изготавливается из расплава стекла; каменной ваты, которая изготавливается преимущественно из расплава изверженных горных пород; шлаковой ваты, изготавливаемой из расплава доменного шлака.

Таблица 1 – Сравнение минеральной ваты из различного сырья [7, 8]

Наименование параметров	Шлаковата	Стекловата	Базальтовое тонкое волокно (БТВ)	Базальтовое супертонкое волокно (БСТВ)
Предельная температура применения, °С	до 250	от -60 до +450	от -190 до +700	от -190 до +900
Средний диаметр волокна, мкм	от 4 до 12	от 4 до 12	от 5 до 15	от 1 до 3
Длина волокон, мм	16	15-50	20-50	70-90
Наличие связующего, %	от 2,5 до 10	от 2,5 до 10	от 2,5 до 10	нет
Колкость	да	да	нет	нет
Коэффициент теплопроводности, Вт/(М·к)	0,46-0,48	0,038-0,046	0,038-0,046	0,032-0,046
Класс горючести	НГ	НГ	НГ	НГ
Выделение вредных веществ	да	да	да, если есть связующее	нет
Теплоемкость, Дж/кг·К	1000	1050	500-800	800-1000
Вибростойкость	нет	нет	нет	да
Сжимаемость, %	нет данных	нет данных	40	15
Упругость, %	нет данных	нет данных	75	95
Температура спекания, °С	250-300	450-500	700-1000	1100-1500
Коэффициент звукопоглощения	0,75-0,82	0,8-0,92	0,8-0,95	0,95-0,99
Химическая устойчивость (потеря веса), % в воде	7,8	6,2	1,6	1,6
Химическая устойчивость (потеря веса), % в щелочной среде	7	6	2,75	2,75

К преимуществам минеральной ваты относятся: низкая теплопроводность; пожаробезопасность; устойчивость к перепадам температур; химическая и биологическая устойчивость; отличная паропроницаемость, благодаря чему материал «дышит»; простота монтажа. Необходимость обработки водоотталкивающими средствами можно отнести к недостаткам.

Проведенное сравнение минеральной ваты из различного сырья способствует правильному подбору теплоизоляционных материалов для теплоизоляции трубопроводов.

#### Список литературы

1. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. – М.: Минрегион России, 2012. – 78 с.
2. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» – М.: Минрегион России, 2012. – 56 с.
3. Ахмерова, Г.М. Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей: учеб. пос. / Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов // Казань : КГАСУ, 2010. – 114 с.
4. Akhmerova, G. Impact of soil moisture on heat losses of pipelines of district heat supply networks at underground channel-free gasket / G. Akhmerova, A. Zalyalova, R. Mukhametshina // В сборнике: IOP CONFERENCE SERIES. Materials Science and Engineering. Kazan, Russia, 2020. – С. 012153.
5. Антонов, А.В. Исследование тепловых потерь трубопроводов тепловых сетей, проложенных в коммуникационных коллекторах / А.В. Антонов, Г.М. Ахмерова // Тенденции развития науки и образования, 2020. – №58-2. – С. 88-90.
6. Низамов, И.И. Использование современных видов изоляции трубопроводов для повышения энергетической эффективности инженерных систем / И.И. Низамов, Р.Р. Самигуллин, А.Р. Самигуллина, Г.М. Ахмерова // Тенденции развития науки и образования, 2018. – № 44-6. – С. 54-55.
7. Дресвянникова, Е.В. Анализ эффективности теплоизоляционных цилиндров BOS-PIPE для трубопроводов / Е.В. Дресвянникова, Э.Р. Хазиахметова, Е.С. Каленова, Г.М. Ахмерова // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования, 2021. Москва, – 2022. – С. 242-247.
8. Базальтовые огнезащитные системы [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://bos-pro.ru/product/cilindry> – свободный.

УДК 62-5

**Шлюпиков С.В., Сухачёв С.А., Рыжова Е.В.**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

#### **КОНСТРУКЦИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО АГРЕГАТА**

**Аннотация.** В статье рассматривается необходимость создания упрощенных мобильных многофункциональных электрифицированных агрегатов с целью облегчения ручного труда. Приведена конструкция базы агрегата, а также возможные виды насадок. Данная разработка может быть полезной как в условиях предприятий, коммунальных хозяйств, так и для бытового использования.

**Ключевые слова:** многофункциональный агрегат, транспортировка грузов, электрифицированный агрегат, электротяга.

Согласно официальной статистике, проблемы со спиной испытывают порядка 60% жителей мира. Особенно этому вредному фактору подвержены жители сельских территорий.

Большинство молодых россиян в возрасте 22-45 лет испытывают боли в спине дольше трех месяцев. Одной из основных причин, как считают эксперты, является тяжелый физический труд. Практически все выполняемые работы связаны с поднятием и перемещением грузов. Занятия по профилактике болей в спине у большинства людей отсутствуют. Кроме того, слабо развиты методические рекомендации, либо они не соблюдаются. Таким образом, проблема со спиной – достаточно важная и серьезная проблема в современном мире.

Учеными разных стран предпринимались попытки решить эту проблему, и одним из таких решений стало создание экзоскелета (рисунок 1).

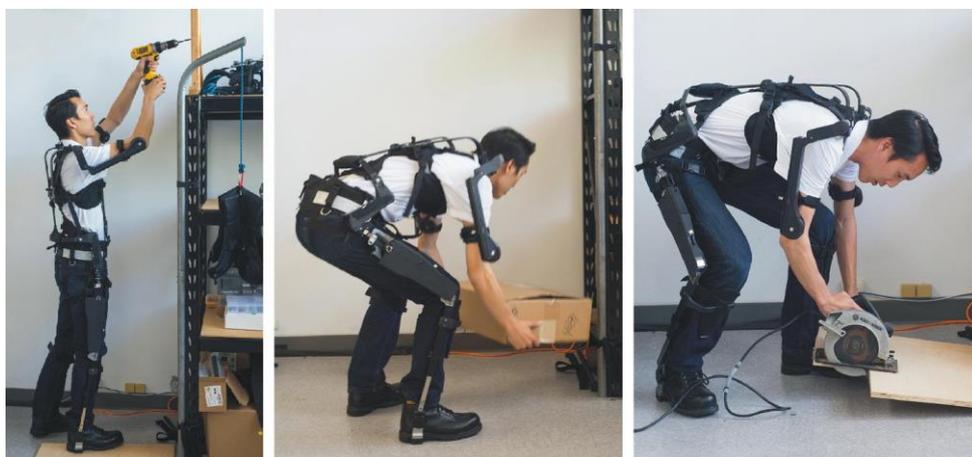


Рисунок 1 – Экзоскелет для выполнения физической работы

Экзоскелет – устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движения за счет внешнего каркаса и приводящих частей, а также для передачи нагрузки при переносе груза через внешний каркас в опорную площадку стопы экзоскелета.

Такая разработка позволит избежать проблем со здоровьем человека, повысить производительность труда и даст дополнительные возможности, однако мы не наблюдаем повсеместное внедрение его во все сферы человеческой деятельности и этому есть несколько причин:

1. *Стоимость.* Они не дешевы, даже простые модели стоят тысячи долларов. Для некоторых компаний экономически выгодно, если бы несколько человек использовали (по очереди) экзоскелет при работе над задачей (облегчая выполнение определенных задач).

2. *Ограниченный диапазон мощности.* На данный момент они имеют ограниченные мобильные источники питания – это означает, что нельзя использовать везде где необходимо (питание от розетки). В случае питания от батареи мощность экзоскелета ограничена и заканчиваются довольно быстро.

3. *Ограничения в движениях.* В зависимости от типа экзоскелета имеются некоторые ограничения в действиях гибкости, скорости перемещения и др.

Проанализировав все имеющиеся разработки в области автоматизации ручного труда, мы пришли к выводу, что необходимо создать бюджетный, доступный и простой в эксплуатации многофункциональный агрегат. В качестве такого агрегата может служить мобильная электрифицированная платформа с различными сменными рабочими органами.

Прототипом электрифицированных платформ стали незаменимые мобильные и маневренные самоходные тележки, ричтраки, штабелеры, вилочные погрузчики, а также уникальная и востребованная техника марки «VobCat» со множеством сменных насадок, выполняющих широкий комплекс задач.

На этой основе нами была разработана конструкция, представленная на рисунке 2.

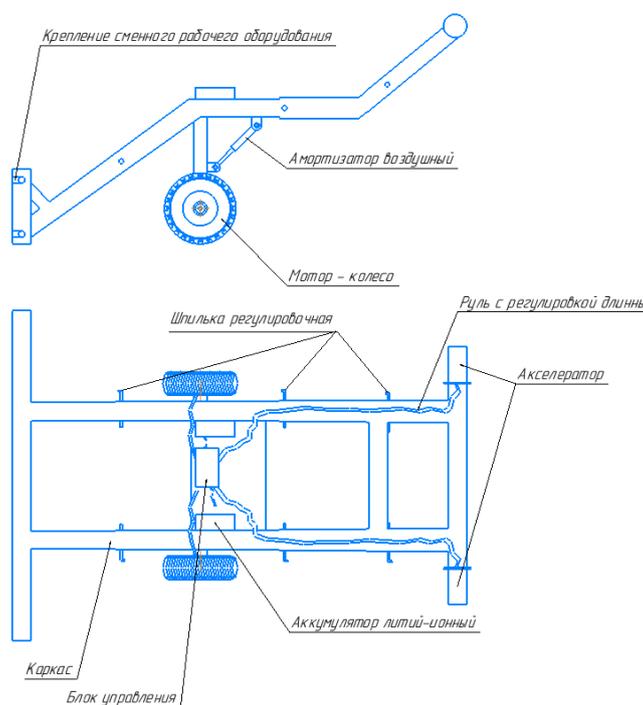


Рисунок 2 – База многофункционального электрифицированного агрегата

Она выполняет функции базы многофункционального электрифицированного агрегата и состоит из каркаса, блока управления, литий-ионного аккумулятора, двух ручек управления движением (акселератор), двух воздушных амортизаторов, двух независимых мотор-колес и узла крепления сменного рабочего оборудования.

В основу такой конструкции заложен принцип рычага, т.е. смещение центра тяжести. На данном принципе работает много различных устройств, например, строительные краны, лифты, различные подъемники и т.п.

В зависимости от выполняемых задач производится индивидуальная регулировка агрегата под рост и усилие оператора. Регулировкам подвергаются три составные части базы. Это позволяет выполнять работу по перемещению грузов, не затрачивая значительных усилий. С целью расширения возможностей агрегата были разработаны различные виды сменных насадок (рисунок 3).

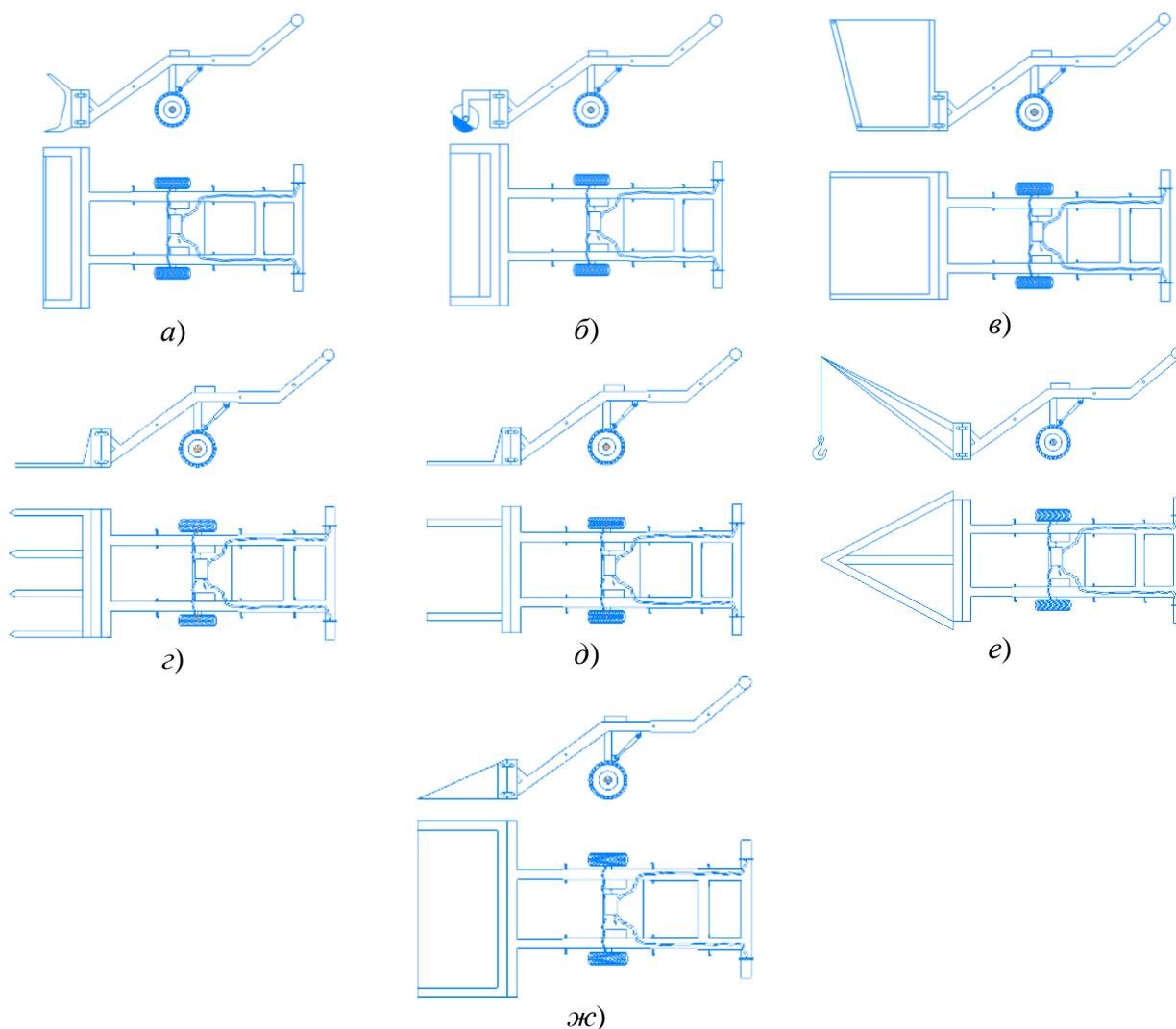


Рисунок 3 – Виды сменных насадок многофункционально электрифицированного агрегата: а) скребок; б) щетка для подметания; в) кузов; г) вилы; д) подхват для паллета; е) крюк; ж) ковш

Принцип работы многофункционального электрифицированного агрегата рассмотрим на примере подхвата для паллета: оператор подходит к агрегату и настраивает его под свой рост и прикладываемое усилие при помощи регулируемых шпилек. Включает питание проверяет органы движения подъезжает к объекту, поддевает его с помощью установленной насадки, и наклоняя «руль» вниз легко поднимает паллет с грузом, далее управляя ручками акселератора оператор транспортирует груз в нужное место.

В качестве достоинств разработанного агрегата следует отметить невысокую стоимость (по сравнению со штабелерами, погрузчиками и ричтраками); маневренность (возможная скорость до 15 км/ч); производительность (автономность работы до 8 часов, более того имеется возможность сменить батарею, т.е. работать 24/7); простота управления; регулируемый клиренс; возможность работы при наклонных поверхностях.

#### Список литературы

1. Трушкин, В.А. Конструктивные особенности электрифицированных машин для перевозки грузов в складских и подсобных помещениях / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Р.А. Ко-

- ротков // В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы 30-го международного семинара им. В.В. Михайлова. – 2017. – С. 86-91.
2. Трушкин, В.А. Особенности проектирования электрифицированных машин для перевозки грузов в складских и подсобных помещениях / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Р.А. Коротков // В сборнике: актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы VIII международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 256.
  3. Трушкин, В.А. Конструктивные особенности электрифицированных машин для перевозки грузов в складских и подсобных помещениях / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, Р.А. Коротков // Научная мысль. – 2017, №3. – С. 81-86.
  4. Шлюпиков, С.В. Особенности эксплуатации гелевых аккумуляторных батарей / С.В. Шлюпиков, А.Г. Закамсков, Д.А. Мухамбетов // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы IX международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Трушкина В.А. – 2018. – С. 242.

УДК 632.9

**Шлюпиков С.В., Ищенко А.П., Моисеев А.А., Зориков И.А.**  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ПОЧВЫ В ТЕПЛИЦАХ**

**Аннотация.** Важное значение для удовлетворения потребности населения в свежих овощах играют тепличные хозяйства. Одной из главных проблем теплиц с защищенным грунтом является борьба с вредителями и возбудителями различных болезней овощных культур. Потери урожая при этом могут достигать в среднем 40-60%. Поэтому для получения высоких урожаев почву в защищенном грунте необходимо ежегодно менять или обеззараживать. Замена грунта связана с большими затратами средств и труда и не гарантирует, что не будет инфекции и вредителей. Перспективным решением данной проблемы может считаться термический способ обеззараживания имеющегося грунта.

**Ключевые слова:** обеззараживание почвы, теплицы, защищенный грунт, сельское хозяйство, электрический способ обеззараживания.

Для нормальной жизнедеятельности человеку необходимо в среднем за год потребить 150 кг свежих овощей. Для круглогодичного или раннего обеспечения овощами людей используют теплицы зимой и весной. Основной принятой технологией являются технология производства овощей на различных почвенных субстратах. Условия выращивания овощных культур в теплицах способствует накоплению в почве различных источников заболеваний растений, преимущественно грибковых, и вредителей, способных снизить урожайность до 70÷80% или почти полностью его уничтожить.

Воздействие на почву высоких температур способствует повышению ее плодородия. В частности, в почве увеличивается содержание аммиака, нитратов, подвижных фосфатов, что способствует повышению урожайности культур. Увеличение содержания подвижных элементов в почве при воздействии высоких температур объясняют «растворением» органических веществ погибших организмов.

Анализ описанных в литературе способов и технических средств энергетического обеззараживания почвы в защищенном грунте, а также патентный обзор за последние 30 лет позволили привести более полную классификацию способов и технических средств энергетического обеззараживания почвы в зависимости от воздействия на вредителей и возбудителей болезней, вида теплоносителя и конструктивному исполнению технических средств (рисунок 1).

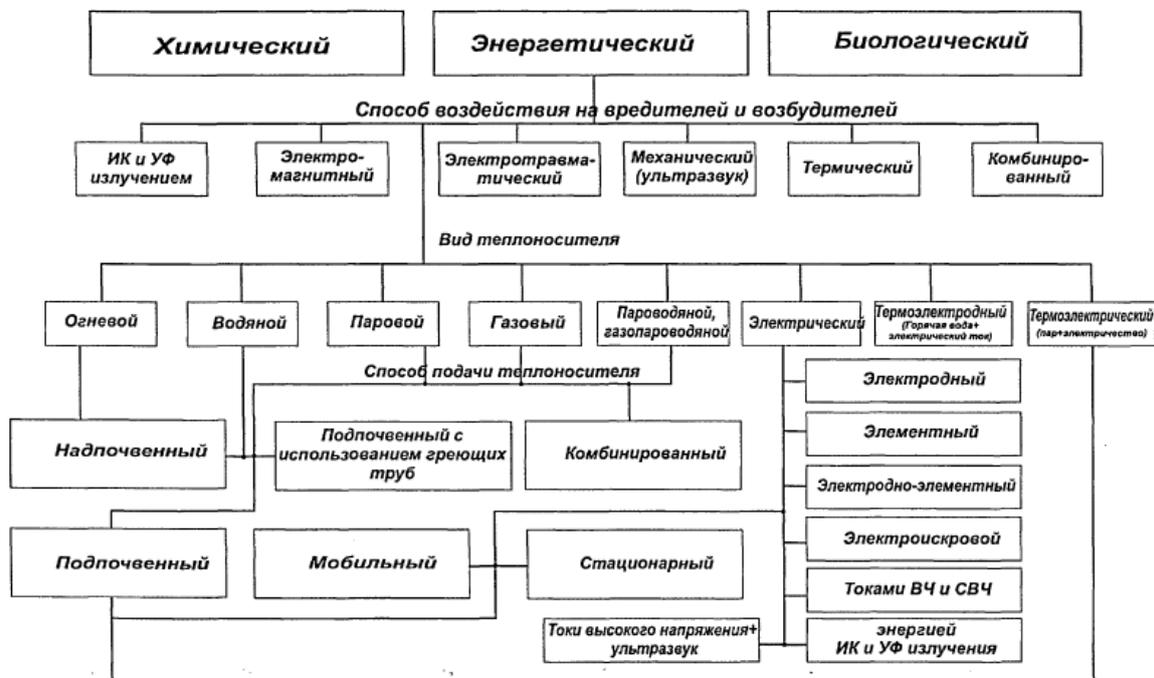


Рисунок 1 – Классификация энергетических способов и технических средств обеззараживания почвы

Из классификации видно, что наибольшее применение получили термический (паровой) и электрический способы обеззараживания почвы, так как при этих способах полностью уничтожаются вредители и возбудители болезней, повышается урожай растений и улучшаются условия труда обслуживающего персонала.

Что касается парового способа обеззараживания, то при длительности 30-50 мин. и температуре около 100°С получаются неплохие результаты. Но при длительном воздействии пара в почве вместе с вредными погибают и полезные бактерии, повышается ее соленасыщенность, что вредно отражается на развитии растений (разрушаются коллоиды), уменьшается капиллярность и влагоемкость почвы. Кроме того, при длительном воздействии высокой температуры в почве образуются вредные продукты, способные сохранять годами свои токсичные свойства. Следует также отметить, что применять паровой способ часто невозможно из-за больших энергозатрат и необходимости использования специальной паровой установки.

При электротермическом способе время обработки намного сокращается (оно составляет лишь 2...3 мин.) и те явления, которые возможны при паровом способе, здесь не возникают. Процесс почти не требует применения ручного труда и легко поддается автоматизации.

При электрическом обеззараживании используют закрытые нагреватели (ТЭНы) или электроды; в последнем случае электрический ток пропускают

непосредственно через почву и на нее воздействует и температура электрический ток. Вследствие этого данный способ представляет наибольший интерес для исследования и практического применения.

Сейчас такой способ широко не применяют, это обусловлено следующими причинами: при обеззараживании электроды нагреваются значительно быстрее, чем заключенные между ними объем почвы. В результате это приводит к существенному росту электрического сопротивлением граничащего с электродами слоя почвы, так как он быстро высушивается. В случае использования мобильной электротермической машины, в которой рабочим органом служит движущийся электрод, электрическое сопротивление пограничного слоя неустойчиво из-за недостаточности прижатия почвы к электродам. Проводимые лабораторные эксперименты в этом направлении позволили установить, что обильно политая водой почва после свободного высушивания в течение скольких дней имеет неодинаковую влажность по глубине, а это влечет за собой неравномерную температуру нагрева. Изменение температуры по глубине почвы описывается уравнением

$$t = a \cdot h^b + t_k$$

где  $h$  – расстояние (по вертикали) от плоскости расположения нижних кромок электродов до рассматриваемого слоя почвы, м;  $t_k$  – температура у плоскости расположения нижних кромок электродов (без учета краевого эффекта), °С;  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от глубины расположения электродов, напряженности электрического поля и физического состояние почвы.

В этом случае в обеззараживающей машине целесообразно использовать дисковые электроды, которые легко вырезается в почву и держатся на заданном уровне (если придать им вращательное движение вокруг своих осей). Кроме того, диски, для которых характерна нелинейная зависимость ширины погруженной части от высоты, способствуют созданию более равномерного нагрева по глубине обрабатываемого слоя почвы.

Известно, что большинство обитающих в почве вредных организмов находится на сравнительно небольшой глубине – около 25 см, поэтому целесообразно предусмотреть обработку почвы именно на этой глубине. Изменение ее можно путем установки дисков-электродов различного диаметра.

Проведение дополнительных исследования и разработок в этом направлении считаем целесообразными не необходимыми, поскольку эта технология направлена на поддержания продовольственной безопасности страны.

Отметим, что разрабатываемые способы и устройства для обеззараживания почвы должны отвечать следующим требованиям: иметь высокую производительность, минимальные затраты ручного труда и расхода энергии, высокий коэффициент использования тепла, простоту, надежность и безопасность при работе.

#### Список литературы

1. Дзанагов, С.Х. Обеззараживание почвы в защищенном грунте / С.Х. Дзанагов, Т.Х. Кабалоев / Земледелие. – 2004. – №2. – С. 36-37.
2. Кабалоев, Т.Х. Энергетическое обеззараживание почвы в теплицах / Т.Х. Кабалоев, Р.Дж. Нурметов, С.А. Бекузарова // В сборнике: «Перспективы развития АПК в современных условиях». Материалы 9-й Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 269-273.

*Шлюпиков С.В., Бакиров С.М., Базганова В.А., Гудыма Э.И.*  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ЭКОБОКСАХ

**Аннотация.** Рассматривается возможность выращивания растений круглый год в домашних условиях с использованием экобокса. Приводятся конструктивные особенности экобокса и различные системы управления параметрами микроклимата и полива. Представлены условия выращивания растений в экобоксах.

**Ключевые слова:** экобокс, выращивание растений, мини теплица, местное освещение, равномерность освещения.

В РФ климатические условия не позволяют выращивать зелень и овощную продукцию в течение всего календарного года, а в некоторых регионах возможность выращивания отсутствует (северные климатические зоны). Поэтому для круглогодичного выращивания столовых культур используют мини теплицы, которые называют экобоксами.

На рынке появились различные варианты исполнения экобоксов. Конструктивно он представляет собой систему закрытого типа – квадратный металлический короб со стеклянной дверцей. Экобокс оснащен различными устройствами, обеспечивающими благоприятные условия для выращивания различных растений [1]. В большинстве таких боксов за счет автоматизации круглогодично поддерживается благоприятный для растений микроклимат (рисунок 1).

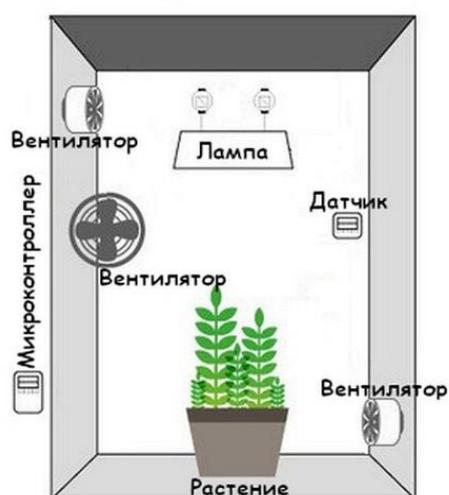


Рисунок 1 – Общий вид экобокса

Экобоксы, сравнивая с промышленными теплицами, отличаются компактностью и ориентированы на установку и эксплуатацию в помещениях. Главное отличие от традиционных методов выращивания зелени – индивидуальный мик-

роклимат, в котором моделируются режимы освещения, температуры, влажности, скорости ветра. Также в систему микроклимата встроена функция полива. Как правило, для горшочного типа выращивания используют систему капельного полива, насосы которого обеспечивают постоянный приток жидкости к корням. Также в таких системах допустима система гидропоники, когда корневая система целиком находится в воде. В этом случае требуется дополнительно устанавливать систему обогащения кислородом. Вместе с этим существует аэропонная система полива, к которой предъявляются более жесткие требования в части надежности оборудования подачи питательного раствора.

Использование экокбоксов позволяет решать следующие задачи.

1. Индивидуальный подход к выращиванию культуры с возможностью проведения дополнительных экспериментов, кроме того, при пересадке нет необходимости очищать ростки от остатков земли, обрабатывать химическими веществами сорняки и т.д.

2. Ускоренное выращивание столовых культур за счет точного моделирования микроклимата. В сравнении с традиционными способами выращивания, когда земле нужно периодически давать отдохнуть от тех или иных видов культур, обрабатывать ее специальной техникой, свозить урожай с полей – мини теплица всегда находится под рукой, поскольку способна уместиться на кухне, в обычных комнатах, подсобных и подвальных помещениях.

3. Защита растений от внешних негативных факторов (вредителей, нехватка освещенности, колебания температуры и т.п.). Использование мини теплицы позволяет не беспокоиться о неблагоприятных воздействиях окружающей среды.

4. Система микроклимата полностью автоматизирована, что позволяет освободить пользователя от дополнительных трудозатрат.

Выделяют два размера экокбоксов: стандартный и компактный. Стандартный размер экокбокса средних размеров, в котором можно разместить овощи высотой ствола до 1,2 м и корневой системой шириной до 20-30 см. Обычно стандартный экокбокс выполнен в виде комнатного шкафа, в котором можно выращивать 2-3 вида овощей. Компактные экокбоксы рассчитаны на выращивание зелени высотой ствола не более 40 см, чтобы их можно было встроить в мебель и тем самым заметно сэкономить пространство (рисунок 2).



Рисунок 2 – Действующий образец мини теплицы «ЭКО – СГАУ»

Мини теплицы легко изготовить самостоятельно, однако при разработке конструкции мини теплицы есть несколько правил проектирования:

1. Пространство экокюкса не должно иметь щелей, через которые может проходить естественный свет;
2. Внутренние стенки экокюкса покрывают специальным светоотражающим материалом или белой матовой краской;
3. Источник света выбирают из условия моделирования синего, красного и оранжевого спектров;
4. Встроенная система вентиляции должна создавать скорость ветра для малого опыления.

Такие системы обеспечивают автоматизированный рост домашних растений, зелени, овощей и даже фруктов. Участие человека в процессе выращивания сводится к минимуму за счет применения роботизированных следящих систем. При этом не нужно получать дополнительные навыки или знания.

Поддержание оптимального микроклимата для посаженных культур является главной задачей экокюкса. Каждый процесс ограничен биологическими особенностями культуры, например, редис выращивается при малой продолжительности светового дня 8-12 часов по сравнению с томатом или огурцом – 16-18 часов. Скорость ветра внутри бокса формирует структуру и форму листа, например, для салата скорость воздушного потока должна быть минимальной, чтобы листья салата были нежными и хрупкими при употреблении в пищу. Рассмотрим некоторые процессы, моделируемые в экокюксе.

*Вентиляция.* Вентиляция экокюкса может быть естественной или принудительной. В некоторых случаях, при соответствующих размерах экокюкса, достаточно отверстий в стенках корпуса. В других случаях понадобится приточно-вытяжная система вентиляторов. В целом вытяжные вентиляторы обновляют воздух в экокюксе и отводят высокую температуру от греющейся лампы. Рабочий процесс вентиляции основан на данных датчиков температуры и режиме вегетации растений, где требуется обдув потоком воздуха. Для обеспечения достаточного воздухообмена приточный и вытяжной вентиляторы должны обладать производительностью ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), которая определяется по выражению [2]:

$$P = (a \cdot b \cdot h) \cdot N,$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $h$  – габаритные размеры экокюкса, м;  $N$  – кратность воздухообмена,  $\text{ч}^{-1}$ .

В случае, если используется активный приток, то вентилятор на вытяжку должен быть большей мощности. Целесообразно брать вентилятор с несколькими скоростями т.е. с запасом производительности, так как в летнее время температура внешней среды повышается, и сбить температуру в экокюксе можно, переключив вентилятор на следующую скорость.

Охлаждение и обдув ламп требуется если используются дуговые лампы типа ДНаТ / ДРИ, рекомендуется отдельный вентилятор для активного охлаждения лампы. Его мощность не должна быть слишком высокой, иначе он снизит мощность светового потока, так как горелка лампы не сможет выйти на свой рабочий режим.

Использование отдельных вентиляторов для вывода воздуха из экокюкса и для охлаждения лампы называют двухконтурной системой вентиляции. Мож-

но сделать вентиляцию и в один контур, то есть вентилятор будет и охлаждать лампу, и обновлять воздух. Рекомендуется выбирать вентилятор для лампы с производительностью на 30% выше расчетной.

Приточный вентилятор для экокюкса монтируется ближе к полу, он будет приносить свежий прохладный воздух извне. А вытяжной, наоборот, как можно выше к потолку, где скапливается теплый воздух, который и следует отводить из экокюкса.

*Освещение.* Большинству растений на стадии роста (вегетация) достаточно освещения в режиме 18 ч день и 6 ч ночь. На стадии цветения обычно устанавливают 12 ч день и 12 ч ночь. Управление освещением может настраиваться вручную один раз и весь цикл выращивания поддерживает автоматическое жизнеобеспечение для растений. Использование роботизированного управления освещением со специальной программой позволит моделировать плавное увеличение или уменьшение светового дня, тем самым повысив эффективность выращивания.

Освещение выступает не только как источник энергии, но и как регулятор роста и развития. Наиболее оптимальными для растений являются синий спектр с длиной волны 440-450 нм и красный спектр с длиной волны 650-660 нм. Красный спектр отвечает за вытягивание стебля, его вертикальный рост, а синий спектр, наоборот, тормозит рост стебля в длину, но способствует его утолщению, наращиванию зеленых листьев. Следовательно, для гармоничного развития растений, им нужно организовать оптимальное дополнительное освещение.

Для экокюкса традиционно выбирают следующие типы ламп:

- ДНаТ – натриевые лампы, с расширенным спектром свечения (нашли широкое применение в растениеводстве).
- ДНаЗ/ДРиЗ – высокоэффективный натриевый излучатель, помещенный в вакуумированную колбу с зеркальным покрытием.
- ЭСЛ – энергосберегающие лампы.
- Led – специальные светодиодные светильники для выращивания растений;
- КЛЛ – компактные люминесцентные лампы для растений.

Источники света располагают так, чтобы максимально равномерно осветить пространство мини теплицы (рисунок 3).

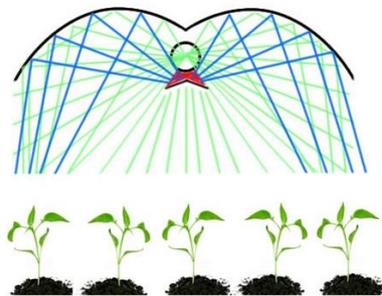


Рисунок 3 – Пример использования дуговых ламп

На весь цикл выращивания зелени в экокюксе размерами 40×60×60 см понадобится одна лампа ДНаЗ мощностью до 50-70 Вт или светодиодная лампа марки ZW0112-00-0 мощностью 40-50 Вт. Рекомендуется именно ДНаЗ из-за

ее зеркальной отражающей поверхности, которая позволяет сэкономить на использовании светильника (отражателя). Если же выбрать ДНАТ 70 Вт, то для большей эффективности следует применять отражатель, иначе большая часть света рассеется по потолку и упадет эффективность.

Для запуска газоразрядной лампы ДНАТ(З) так же требуется ПРА (пускорегулирующее устройство). Оно должно обладать соответствующей мощностью в 70 Вт и разжигать тот тип лампы, который используется. Обычно ЭПРА укомплектован как минимум кабелем с вилкой для вывода в сеть, а иногда даже всеми необходимыми кабелями (вывода в сеть и лампу). ЭПРА дороже ЭмПРА минимум раза в два.

Можно приобрести отдельные лампы на досветку, что особенно важно в период цветения, когда растения разрастаются так, что свет доходит не до всех ветвей. Для досветки нижних ярусов можно использовать флуорисцентные лампы, ЭСЛ или LED (в частности круглые фитосветильники мощностью 10-20 Вт или фитоленты).

*Очистка воздуха.* В некоторых случаях можно использовать дополнительную очистку воздуха. Более профессиональный, однако и затратный вариант – угольный фильтр. Его производительность должна равна производительности вытяжного вентилятора.

*Автоматика.* При почвенном выращивании используют прибор управления поливом. Он позволяет организовать автоматический полив растений в зависимости от влажности субстрата. При помощи специального датчика, устройство определяет уровень влажности и включает капельный полив по достижении того уровня, которое задано в программе. Применение данного прибора позволит оптимизировать процесс полива.

Может оказаться полезен и прибор для управления температурой в экобоксе. Этот прибор контролирует температуру по датчику и при достижении заданного в настройках уровня включает нужное оборудование: вентиляторы для понижения температуры, а для повышения (если вы вдруг боретесь не с повышенной, а с низкой температурой) – обогреватель.

Увлажнители воздуха орошают пространство с пониженной влажностью. Ведь газоразрядные лампы выделяют много тепла, что приводит к испарению влаги. Это чревато пожелтением краев листьев, появлением на них пятен, опадением бутонов и цветков.

*Дополнительное оборудование.* В качестве дополнительного оборудования в экобоксе могут использоваться: приборы контроля pH, ЕС, температуры, влажности и т.п.

В экобоксе, как и в любом другом боксе, должна быть достигнута максимальная свето-, шумо- и виброизоляция. Конструкция должна быть автономной и удобной в использовании, а сам бокс энергоэффективным с точки зрения ресурсо- и энергосбережения.

#### Список литературы

1. Аутко, А.А. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений [Электронный ресурс] / А.А. Аутко [и др.]. –

- Минск: Белорусская наука, 2021. – 616 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/119264.html> – (дата обращения: 27.04.2022).
2. Вилисов, А.А. Светодиоды и светотехнические устройства: учеб. пособие / А.А. Вилисов, В.С. Солдаткин, В.И. Туев. – Томск: Изд-во Томск. гос. Ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2020. – 112 с.
  3. Брагин, А.Ю. Разработка аппаратно-программного комплекса автоматизированного гроубокса / А.Ю. Брагин // В сборнике: «Молодежь XXI века: Шаг в будущее». Материалы XVIII региональной научно-практической конференции, 2017. – С. 1216-1217.

УДК 632.9

*Шлюпиков С.В., Логачёва О.В., Захаров Д.А.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **СПОСОБЫ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются существующие способы борьбы с сорной растительностью (механические, химические, биологические и электрофизические). Приводятся особенности каждого из способов. Отмечено, что традиционный механический способ имеет высокую эффективность, порядка 70...95%, однако отличается высокой энергоемкостью. Химический метод характеризуется, прежде всего, избирательностью действия и более высокой эффективностью (до 100%), но он довольно дорог и экологически не безопасен. Биологический способ также имеет свои особенности и недостатки. Перспективным может считать электрофизический способ, который лишен многих недостатков.

**Ключевые слова:** сорная растительность, борьба с сорняками, электрический способ борьбы, высоковольтный способ, электроимпульсный способ.

Ежегодно перед агропромышленным комплексом страны ставится задача увеличения производства продукции растениеводства и животноводства. Одним из главных критериев в решении этих задач является повышение культуры земледелия, которая упирается в засорение полей. Основная задача сельскохозяйственного земледелия заключается не в полном уничтожении сорняков, а в поддержании их на том уровне, который не оказывал бы отрицательного влияния на урожай культурных растений.

Главными причинами высокой засоренности посевов является повышенная плодovitость, жизнеспособность и устойчивость к воздействующим мерам борьбы. Применение традиционных мероприятий по борьбе с сорняками (предупредительные, агротехнические, механические, химические, биологические) позволяют снизить численность сорняков до менее вредоносного порога.

Предупредительные меры предусматривают выполнение карантинных мероприятий, задачей которых является – не допустить проникновение сорных растений из других стран или районов, проведение очистки материала, сельскохозяйственных машин и орудий после уборки засоренных посевов, выполнение правильной подготовки органических удобрений перед внесением, очистку оросительных систем и поливных земель от сорняков, создание благоприятных условий для роста и развития культурных растений.

Основная мера по борьбе с сорной растительностью принадлежит агротехническим методам и в первую очередь – обработки почвы. Рациональная и своевременная обработка почвы позволяет снизить на 50-60% засоренность посевов. Среди основных мероприятий по уничтожению и подавлению сорняков выступают: провокация семян к прорастанию, механическое уничтожение, истощение, высушивание и т.д. Особое место в борьбе с сорной растительностью принадлежит лущению почвы, которое не только провоцирует прорастание семян сорняков, но и уничтожает низкорослые растущие сорняки. Для провоцирования прорастания семян применяется культивация. В последние годы как в России, так и в ряде западных стран разрабатываются новые почвозащитные технологии обработки почвы на основе минимизации воздействия на почву. Они направлены на сокращение числа операций, их совмещение, отказ от некоторых приемов и пр.

В настоящее время одним из наиболее эффективным и распространенным методом в нашей стране и за рубежом является химический метод, позволяющий уничтожать до 85% сорной растительности. Данный метод способствует увеличению сбора урожая, повышению производительности труда, снижению себестоимости выращенной продукции. Но высокой эффективности использования гербицидов достигают не всегда. Их применение вызывает негативные последствия экологии (изменяется видовой состав сорняков, появляется устойчивость к гербицидам, образование токсических метаболитов). Недостаточная избирательность, высокая токсичность для полезной микрофлоры, полезных насекомых, накопление их в водоемах, воздухе, культурных растениях, продуктах питания и т.д., заставляет задуматься о широком применении гербицидов.

Методом, способствующим охране окружающей среды, служит – биологический. Принцип биологической борьбы с сорняками основан на взаимодействии полезных и вредных микроорганизмов в агробиоценозах. Главное направление – поиск естественных специфических врагов на родине сорняка и завоз их в район расселения растения. Для подавления сорных растений до недавнего времени использовали насекомых фитофагов, в последнее время стали использовать фитопатогенных и др. микроорганизмов. Было установлено, что продукты жизнедеятельности патогенных грибов могут быть использованы в качестве биологических гербицидов.

Преимущество биологического метода состоит в отсутствии токсического действия на культурные растения и безопасности для человека и окружающей среды. Однако, он имеет и ряд существенных недостатков: возможно питание фитофагов и фитопатогенов культурными растениями; не исключено появление вместо одних видов нежелательной растительности других; затруднена борьба с местными видами сорных растений. Главная особенность данного вида состоит в том, что он применим только против отдельных видов сорняков и его нецелесообразно использовать на землях с большим разнообразием других видов сорной растительности.

На ряду с более распространенными перечисленными способами борьбы с сорной растительностью в разных странах мира активно ведется поиск и исследования уничтожения физическими методами: огневая культивация, электротермическая обработка почвы, ультразвуковые технологии, использование лазерного луча с помощью солнца, СВЧ-энергия, электроимпульсные технологии и т.д.

Огневой метод применяется на не возделываемых участках, посевах отдельных пропашных культур, на открытых оросительных каналах, для истребления сорняков на стерневом фоне, а также для уничтожения семян сорняков после уборки зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Установка представляет собой культиватор, оборудованный горелками, работающими на газообразном или жидком топливе. Всходы сорняков высотой 5-7 см уничтожаются температурой более 50 °С. После такого воздействия у растения наблюдается обезвоживание, свертывание протоплазмы, засыхание листьев и стеблей, что ведет к их гибели. Для взрослых однолетних сорных растений необходима температура порядка 300 °С, для многолетних – более 1000 °С. Однако этот метод не нашел широкого применения из-за низкой производительности, больших энергозатратах, особенно при уничтожении корневой сорной растительности, когда необходимо прогреть весь поверхностный слой почвы, в котором функционируют корни, до 60-70 °С.

В последнее время начали использовать метод солнечной энергии для предотвращения прорастания семян сорняков в почве. Он основан на тепловом уничтожении семян путем нагрева среды их обитания. Суть метода состоит в том, что перед посевом почву накрывают мульчирующей полиэтиленовой пленкой для повышения поглощающей способности почвы. В результате этого почва в солнечные дни прогревается на глубине 15 см – до 40 °С.

Так проводимые исследования показали, что при содержании почвы под пленкой в течение недели семена сорняков в слое почвы до 4 см теряли всхожесть, а при 4-х недельном содержании под пленкой толщина слоя почвы с нежизнеспособными семенами увеличилась до 8 см, после 9-недельного – до 13 см. Причина гибели семян состоит в необратимых изменениях в обмене веществ и структуре клеток.

Преимущество данного метода состоит в том, что он безвреден для человека и исключает загрязнение окружающей среды. Однако он применим на ограниченном пространстве, но, если использовать механизированную укладку и снятие пленки площадь может быть расширена. При этом должны быть соответствующие климатические условия, где почва бывает длительное время свободна от культурных растений. Также следует учитывать, что на недорогостоящих культурах стоимость пленки и затраты на ее растил не окупятся стоимостью дополнительного урожая, т.е. это может быть экономически неоправданно.

В теплицах с открытым грунтом для дезинфекции и уничтожения запаса семян сорняков в почве через нее пропускают обычный или ионизированный пар. Однако этот метод малопроизводителен, энергоемок и может быть применен только для теплиц. Из всех рассмотренных способов, наибольший интерес с точки зрения экологической чистоты, эффективности воздействия, представляют такие электрофизические воздействия как электромагнитные поля высоких и сверх высоких частот, ультразвуковое воздействие, ионизирующее излучение, электромагнитные поля промышленной частоты, электростатическое поле, высоковольтный импульсный разряд и т.д.

Применение СВЧ-метода имеет ряд положительных сторон: не оказывает какого-либо отрицательного действия на химическое свойство почвы, не заме-

чено вредных воздействий на полезную микрофлору почвы, не загрязняет окружающую среду и безопасен для выращивания последующих культур. Данный метод хорошо управляем и поэтому менее опасен для природы. В зависимости от дозы облучения, состояния семян и почвы, возможны два режима работы: стимуляция и угнетение семян сорняков. Энергозатраты для стимуляции составляют 100-150 кВт·ч/га. Этот режим служит для провокации прорастания семян сорняков, находящихся в почве, с последующим уничтожением их проростков любым из известных способов. Режим угнетения основан на термическом уничтожении семян сорняков и требует более высоких затрат энергии – 1500-8000 кВт·ч/га, при глубине воздействия на семена в почве СВЧ-энергией до 10 см. Из-за слишком высоких затрат энергии и малой производительности данный способ не нашел широкого применения. Однако, для малых площадей, например, для теплиц вполне может быть применим.

Применения ультразвукового способа, ионизирующего излучения, воздействие электрических полей при малых дозах способствуют стимуляции прорастания, а при более высоких – угнетению. На основании проведенного анализа существующих способов можно сделать следующий вывод: наиболее перспективными являются электрофизические способы, потому как они способны повредить корневую систему сорного растения, которая служит его основой, и тем самым эффективно вести борьбу без особого вреда экологии. Однако, высокая стоимость установок, большие энергетические затраты и низкая производительность тормозят развитие таких способов. Верным выходом из создавшегося положения будет являться поиск устранения указанных недостатков.

#### Список литературы

1. Топорков, В.Н. Технология борьбы с сорной растительностью электрическими импульсами высокого напряжения / В.Н. Топорков // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – №7. – С. 65-70.
2. Трушкин, В.А. Электрический способ борьбы с грызунами сельскохозяйственных растений / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, С.С. Лёвин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – №2 (15). – С.15-20.

УДК 621.375

<sup>1</sup>Юран С.И., <sup>2</sup>Зарипов М.Р., <sup>1</sup>Вершинин М.Н.

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», г. Ижевск

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», г. Ижевск

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ

**Аннотация.** Статья посвящена одной из особенностей использования лазерного излучения полупроводникового лазера в агротехнологиях. Рассматриваются различия эффектов

лазерного стимулирования при использовании газового и полупроводникового лазеров. Предложено возможное решение повышения эффективности лазерной стимуляции с помощью полупроводникового лазера.

**Ключевые слова:** лазерная стимуляция, газовый лазер, полупроводниковый лазер, повышение функциональной активности растительных клеток.

Ни для кого не секрет, что свет (оптическое излучение видимой области спектра), является самым безопасным и экологически чистым способом воздействия на биологические объекты растительного происхождения. Лазер, как источник оптического излучения, широко применяется в сельском хозяйстве. Облучение растений лазерным излучением вызывает повышение физиологической активности растительных клеток. Данное явление получило название лазерной стимуляции, а связанные с ней лазерные технологии – лазерными агротехнологиями.

Наиболее часто в лазерных агротехнологиях используют газовые лазеры. В большинстве научных работ, которые посвящены лазерной стимуляции, и в которых описывается стимулирующий эффект, используется газовый гелий-неоновый (He-Ne) лазер с длиной волны 632,8 нм.

Наиболее ярко стимулирующее свойство лазерного излучения гелий-неонового лазера описывает Будаговский А.В. В одной из таких работ проводится исследование по изучению влияния лазерного излучения на энергию прорастания семян ячменя сорта Д-101 (гибрид сорта Дворан) [1]. Т.к. семена изначально обладали высокой исходной всхожестью в 90%, она была искусственно снижена ионизирующим излучением до 51%. Проведенное облучение таких семян лазерным излучением гелий-неонового лазера с длиной волны 632,8 нм и плотностью мощности в  $1 \text{ Вт/м}^2$  увеличило энергию прорастания до 30%.

Одним из факторов, объясняющих наибольшее распространение газовых лазеров, является такой параметр лазерного излучения, как объем когерентности. Данный параметр в свою очередь определяется длиной и площадью когерентности, которые связаны с шириной спектральной линии и расходимостью лазерного излучения соответственно. По изученным работам, средний размер растительной клетки составляет 20-80 нм. Объем когерентности излучения газового лазера значительно больше размеров растительной клетки (зависит от природы излучения). В результате анализа работ по воздействию лазерным излучением на растения можно утверждать, что стимулирующий эффект проявляется только в случае, когда растительная клетка не превышает объема когерентности лазерного излучения, что увеличивает вероятность получения стимулирующего эффекта от лазерного излучения.

Полупроводниковый лазер является практичной и экономичной альтернативой газовому лазеру, но его использование затруднено тем, что объем когерентности излучения значительно меньше объема растительной клетки. Тем не менее, стимулирующее действие полупроводникового лазерного излучения описывается во многих исследованиях.

Одним из примеров использования лазерного излучения полупроводникового лазера является исследование А.В. Гришина и соавторов [2]. В своей работе они описывают влияние лазерного излучения с длиной волны 670 нм на всхожесть семян яровой пшеницы сорта Кармен. В результате исследования удалось увеличить всхожесть семян на 8-10%.

В другой работе за авторством Хлебниковой М.И. приводится исследование влияния излучения полупроводникового лазера с длиной волны 650 нм на энергию прорастания семян пшеницы, ячменя и овса [3]. В ходе проведения исследования стимулирующий эффект лазерного излучения на семенах овса и ячменя был выражен увеличением энергии прорастания до 5 и 15% соответственно. На семенах пшеницы стимулирующий эффект отсутствовал вовсе, так как наблюдался обратный эффект стимуляции – замедление роста.

С нашей стороны было также проведено исследование по изучению влияния лазерного излучения на семена озимой пшеницы сорта Омская-5. Облучение проводилось полупроводниковым лазером с длиной волны 520 нм с разными экспозициями времени и мощности облучения. В результате, к концу срока проводимого исследования, удалось добиться увеличения энергии прорастания до 30% (рисунок 1) [4-6].

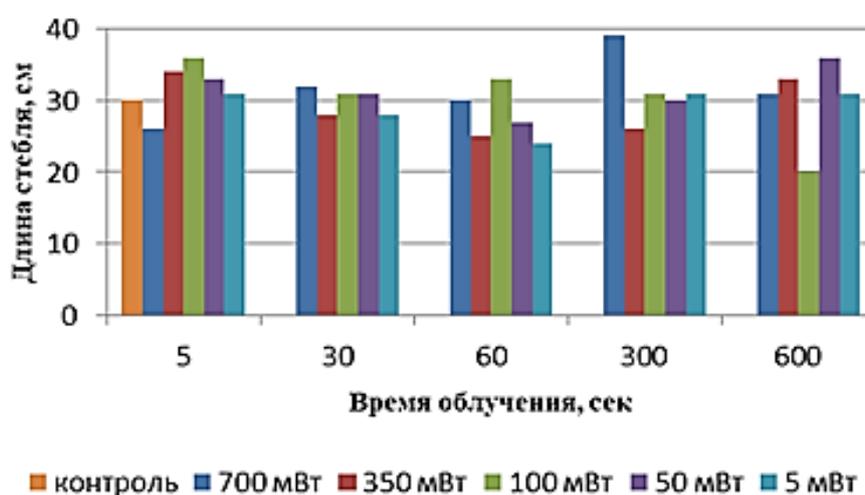


Рисунок 1 – Диаграмма роста пшеницы

Стоит отметить, что стимулирующее действие лазерного излучения полупроводникового лазера не всегда обладает ярко выраженным эффектом. Для получения более достоверных результатов нами был предложен альтернативный способ облучения. Способ заключается в совместном использовании мощного источника оптического излучения с различными светофильтрами. С помощью светофильтров можно будет регулировать объем когерентности (ширину спектральной линии) лазерного излучения. Использование светофильтров может качественно повлиять на стимуляцию растительных клеток, так как обеспечит достоверное облучение растительных клеток излучением со сравнительно большим объемом когерентности.

#### Список литературы

1. Будаговский, А.В. Фотоника в сельском хозяйстве и природопользовании, перспективные направления развития / А.В., Будаговский, О.Н. Будаговская // Лазер Информ. – 2016. – №15-16. – С.1-8.
2. Лазерное облучение семенного материала тритикале сорта «Кармен» / А.П. Гришин [и др.] // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №3(18). – С. 118-125.
3. Хлебникова, М.И. Влияние предпосевного лазерного облучения на морфологические показатели зерновых культур / М.И. Хлебникова, Р.К. Альжанова // Достижения вузовской науки 2018: сб. статей. – Пенза, 2018. – С. 27-30.

4. Юран, С.И. Влияние монохроматического излучения различного спектрального состава на растительные клетки / С.И. Юран, М.Р. Зарипов, М.Н. Вершинин // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7 (122). – С. 16-25.
5. Лабораторный стенд предпосевной лазерной активации семян пшеницы / В.А. Алексеев, М.Р. Зарипов, С.И. Юран и др. // Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте – 2020: труды XXVIII Междунар. конф. (г. Новороссийск, 7-12 сентября 2020 г.). – Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. – С. 62-65.
6. Вершинин, М.Н. Некоторые аспекты использования лазерного излучения для воздействия на биологические объекты растительного происхождения / М.Н. Вершинин, М.Р. Зарипов, С.И. Юран // Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте – 2020: труды XXVIII Междунар. конф. г. Новороссийск, 7-12 сентября 2020 г.) / под ред. проф. В.Е. Привалова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. – С. 68-70.

УДК 621.316

**Яметов Н.А.**

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6 кВ**

**Аннотация.** Основная часть потерь электрической энергии в электрических сетях 6 кВ приходится на кабельные линии и трансформаторы. В связи с чем для повышения энергетической эффективности реализуются определенные мероприятия, направленные на снижение потерь электрической энергии.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергетическая эффективность.

Энергосбережение – комплексная задача рационального расходования топливно-энергетических ресурсов, которая стоит перед каждым производителем и потребителем любого вида энергии [1]. Энергосбережение обеспечивается за счет реализации комплекса мероприятий по снижению потерь электрической энергии при ее передаче от источника к потребителям. При этом следует учитывать как возможную величину снижения потерь электрической энергии за счет реализации определенных мероприятий, так и экономически обоснованный уровень потерь электроэнергии, определяющийся совокупностью факторов, включающих стоимость электроэнергии, стоимость технических средств, обеспечивающих снижение потерь. Это обуславливает необходимость рассмотрения подходов к повышению энергетической эффективности.

**Цель** – рассмотреть подходы к повышению энергетической эффективности в электрических сетях 6 кВ.

Потери подразумевают под собой разницу между объемом электрической энергии, поступившим в электрическую сеть соответствующей сетевой организации, и объемами электрической энергии, получаемыми потребителями.

Основная часть потерь в электрических сетях приходится на кабельные линии и трансформаторы [2].

Существует несколько возможных уровней снижения потерь электрической энергии, которые выступают в основные временные периоды, такие как эксплуатационно-реконструктивные и оперативные.

В эксплуатационно-реконструктивном периоде снижения потерь электрической энергии выполняется за счет постепенной адаптации режимов и параметров сети к реально существующим нагрузкам, за счет применения новых типов оборудования [2]. Новые типы оборудования представляют собой установку энергетически эффективных трансформаторов с параметрами, которые подразумевают сниженные значения потерь короткого замыкания и холостого хода.

Также установку трансформаторов со встроенными симметрирующими устройствами и т.п. В оперативном периоде оперативные задачи, решаемые в рамках автоматизированных систем диспетчерского управления, основаны на достоверной информации, получаемой от средств телеизмерений, на детерминированных алгоритмах определения оптимальных режимов и на телеуправлении устройствами их регулирования.

Решения принимаются исходя из текущей ситуации; интегральная оценка эффективности решения производится на сравнительно непродолжительном интервале времени, который зависит от периодичности работы переключающих устройств.

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии могут быть разделены на следующие группы: мероприятия по реконструкции электрических сетей; мероприятия по совершенствованию системы учета электроэнергии; мероприятия по снижению хищений электроэнергии; мероприятия по улучшению режимов работы электрических сетей [2].

Рассмотрим одну из групп мероприятий по снижению потерь электрической энергии, такую как мероприятия по улучшению режимов работы электрических сетей.

К мероприятиям по улучшению режимов работы электрических сетей относятся: установка и ввод в работу автоматических регуляторов напряжения на трансформаторах с РПН и автоматических регуляторов реактивной мощности на ее источниках; проведение переключений в схеме сети, обеспечивающих снижение потерь электроэнергии за счет перераспределения ее потоков по линиям; отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами и т.д.

Применительно к подстанциям с двумя и более трансформаторами в режимах малых электрических нагрузок может быть целесообразно отключение одного из параллельно работающих трансформаторов целесообразно, когда происходящее при этом снижение потерь холостого хода оказывается большим, чем увеличение нагрузочных потерь из-за перераспределения суммарной нагрузки между меньшим числом трансформаторов.

Отключение одного из  $n$  однотипных трансформаторов целесообразно, если коэффициент загрузки трансформаторов  $\beta_T$  становится ниже значения [2]:

$$\beta_{\text{Тмин}} = \sqrt{\frac{(n-1)\Delta P_{\text{х}}}{n\Delta P_{\text{к}}}},$$

где  $\Delta P_{\text{х}}$  и  $\Delta P_{\text{к}}$  – потери холостого хода и короткого замыкания трансформатора соответственно.

Отношение  $\Delta P_{\text{х}}/\Delta P_{\text{к}}$  для трансформаторов напряжением 6 кВ – 0,19. Для подстанций этих напряжений значения  $\beta_{\text{Т}}$ , при которых целесообразно отключение очередного трансформатора, составляют:

Таблица 1 – Значения коэффициента загрузки трансформаторов при их отключении [2]

$n$	4	3	2
$\beta_{\text{Т мин 6 кВ}}$	0,38	0,36	0,31

Из приведенных цифр следует, что для наиболее распространенных двухтрансформаторных подстанций отключение одного трансформатора целесообразно, когда коэффициент загрузки трансформаторов снизится ниже 0,31. После отключения коэффициент загрузки оставшегося в работе трансформатора составит 0,62. Снижение потерь мощности при отключении одного трансформатора определяют по формуле [2]:

$$\delta P = \Delta P_{\text{х}} - \Delta P_{\text{к}} \frac{n}{n-1}.$$

При  $n$  разнотипных трансформаторах для определения последовательности их отключения при снижении нагрузки подстанции проводят расчеты потерь мощности в трансформаторах при различных значениях нагрузки для случаев работы всех трансформаторов и отключения каждого из них поочередно. Для каждого значения нагрузки выбирают вариант с меньшими потерями.

В статье были рассмотрены общие сведения о структуре и путей снижения потерь электрической энергии. Также в статье были рассмотрены мероприятия, направленные на снижение потерь электрической энергии за счет нормальной эксплуатации энергетического оборудования и систем. Мероприятия, направленные на снижения потерь электрической энергии, являются одной из основных задач в развитии энергосбережения.

#### Список литературы

1. Ивакин, В.Н. Нормирование энергоэффективности распределительных трансформаторов / В.Н. Ивакин, В.Д. Ковалев, А.А. Магницкий. // Энергия единой сети. – 2017. – № 5 (34). – с. 20-31.
2. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.

*Яшин Д.В., Чурляева О.Н.*

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов

## **РИСКИ СВЯЗАННЫЕ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ**

**Аннотация.** Приведена краткая классификация рисков при остановке или выходе из строя электрооборудования. Рассмотрен риск-ориентированный подход при проведении профилактических мероприятий и приведён краткий результат его применения.

**Ключевые слова:** технологический риск, ущерб, эффективность эксплуатации, риск-ориентированный подход, методы управления рискам, анализ рисков.

Сельскохозяйственное производство и рынок сельскохозяйственной продукции является неотъемлемыми звеньями в экономике Российской Федерации. Однако, данная отрасль относится к отраслям с повышенным риском, ибо требуется адаптация к различного рода условиям социально-экономического, природного, технологического характера.

Риски классифицируются по различным признакам, однако риски технологического характера имеют весомое значение, так как выход энерго- и электрооборудования может повести за собой различного рода последствия.

Одними из таких последствий может стать высокий экономический ущерб из-за длительной остановки производства, невозможности создания благоприятных условий для осуществления технологических процессов на сельхозпредприятии, вследствие чего может произойти недовыпуск продукции, а также гибель сельскохозяйственных животных и обслуживающего персонала [1].

Виды ущерба и их последствия представлены на рисунке 1.

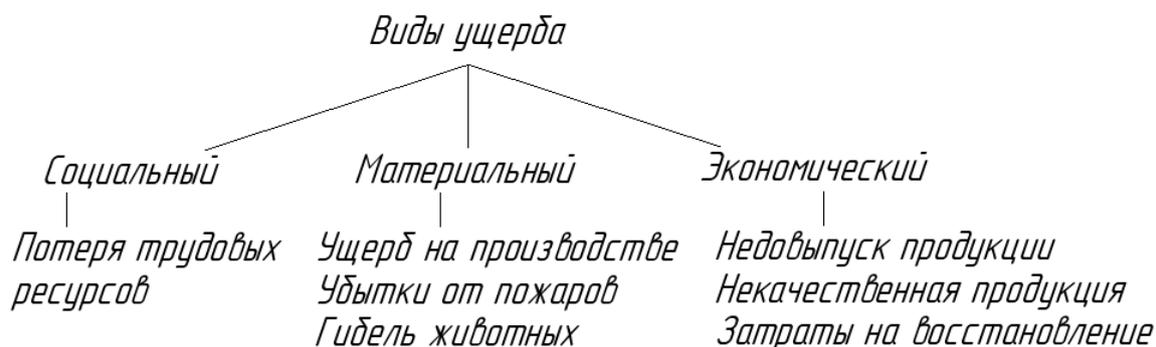


Рисунок 1 – Виды ущерба

Свести к минимуму риски, которые возникают при отказе электрооборудования, а также повысить показатели эффективности процессов производства (показаны на рисунке 2), можно различными способами, к примеру, с помощью выбора стратегий технического обслуживания ремонта, а точнее одной из них риск-ориентированной.

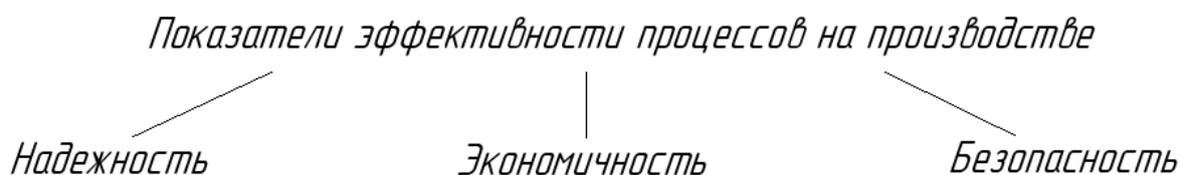


Рисунок 2 – Показатели эффективности

Существует послеотказовой, послеосмотровой, профилактический принцип технической эксплуатации [2], однако, более перспективной стратегией технического обслуживания и ремонта (далее ТО и Р) является риск-ориентированный подход. Данная стратегия даёт возможность охарактеризовать как показатели надежности, так и экономические показатели.

Достигается это за счёт оценки последствий отказов электрооборудования. Происходит расчёт экономического ущерба, полученного предприятием вследствие недовыпуска продукции, оптимизация ресурсов и эксплуатационных затрат на ТО и Р, а также корректирования периодичности профилактических мероприятий.

Методы расчёта показателей, оценивающих последствия отказов электрооборудования, для применения на предприятиях АПК, приведены в исследованиях Гузачёва А.С. Данный метод был использован во время экспериментального исследования на тепличном комплексе АО «Совхоз – Весна» [3].

Результатами данного исследования стали: определение оптимального распределения ресурсов и эксплуатационных затрат на ТО и Р электрооборудования, скорректирована периодичность профилактических мероприятий, сниженное число отказов электрооборудования [3].

Также существует схожий пример, в трудах Черкасовой Н.И. Используемые ею методы анализа риска позволили оптимизировать систему планово-предупредительных работ и повысили эффективность эксплуатационных мероприятий [4].

Таким образом, применение риск-ориентированного подхода, а также различных методов анализа риска могут успешно применяться как на предприятиях сельского хозяйства [5, 6]. В современных условиях для предприятий АПК использование возможных стратегий эксплуатации электрооборудования, исходя из сильных и слабых сторон компании, а также положительных и отрицательных сценариев исходя из этих сторон, возможностей и угроз, является перспективным направлением. Такой подход может хорошо работать, как и при постепенных повседневных изменениях, так и при чрезвычайных рисках.

#### Список литературы

1. Чурляева, О.Н. Особенности работы электродвигателей в сельском хозяйстве / О.Н. Чурляева, Д.А. Рыбалкин // В сборнике: «Актуальные проблемы энергетики АПК». Материалы V Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2014. – С. 345-347.
2. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация электрооборудования: учебник [Электронный ресурс] / Г.П. Ерошенко, Н.П. Кондратьева. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 336 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1009013> (дата обращения: 17.04.2022).
3. Гузачёв, А.С. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования сельскохозяйственных предприятий на основе риск-ориентированной

- стратегии (на примере тепличного производства): дис. ... канд.техн.наук: 05.20.02 / Гузачёв Александр Сергеевич; науч. рук. В.А. Трушкин. – Саратов, 2018. – 141 с.
4. Черкасова, Н.И. Основы управления техногенными рисками и эффективностью функционирования систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / Черкасова Нина Ильинична; науч. конс. О.Н. Никольский. – Барнаул, 2017. – 402 с.
  5. Трушкин, В.А. Применение риск-ориентированной стратегии технического обслуживания (ТО) и ремонта электрооборудования (ТР) / Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Чурляева О.Н., Гузачев А.С. // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции. – Саратов, 2020. – С. 372-377.
  6. Trushkin, V.A. Determination of conditions for frequency adjustment of maintenance (M) and routine repair (RR) of electrical equipment under risk-oriented strategy of technical operation / Trushkin V.A., Schlyupikov S.V., Churlyayeva O.N., Guzachev A.S. // E3S Web of Conferences. Сер. «International Scientific and Practical Conference «Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad», DAIC 2020», 2020. – С. 1014.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Атрашенко О.С., Тульчинский Д.С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	3
<i>Ахатов Р.З., Кондратьева Н.П.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ДОЗЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	7
<i>Бакиров С.М., Широбокова Т.А., Иксанов И.И., Иксанова К.С.</i> АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ.....	10
<i>Беляев А.П., Садыкова Л.А.</i> ЭНЕРГИЯ ВЕТРА В КАЗАХСТАНЕ.....	14
<i>Береснев А.В., Богданов С.И.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	17
<i>Благов А.И., Левин М.А.</i> КАСКАДНАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	20
<i>Большин Р.Г., Ефимов М.А., Стахов Е.Н., Пискарева А.В.</i> ДОСТОИНСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ КЛАССА IE3..	23
<i>Верзилин А.А.</i> УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ПРИ ПРЯМОМ ПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ИСТОЧНИКА СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ.....	27
<i>Внуков Е.В., Левин М.А.</i> ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПЕРЕПЕЛИНОЙ ФЕРМЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....	30
<i>Волгин А.В., Дубровин С.А., Балашов Д.А., Клопцов Д.А.</i> ИМПУЛЬСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФОРСИРОВАННЫМ АККУМУЛИРОВАНИЕМ МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ.....	33
<i>Волгин А.В., Дубровин С.А., Балашов Д.А., Клопцов Д.А.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛИВОЧНОГО МАСЛА..	35
<i>Гусейнов Р.Т., Новик И. В., Царёв И.Б.</i> КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТКИ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	37
<i>Дресвянникова Е.В., Хазиахметова Э.Р., Ахмерова Г.М.</i> СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИЛИНДРОВ VOS-PIPE ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРОЛОЖЕННЫХ В КАНАЛАХ МАРКИ МКЛ.....	40
<i>Естаулетов А.А., Иванкина Ю.В.</i> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ НА ОБЪЕКТАХ АПК.....	44

<i>Естаулетов А.А., Иванкина Ю.В.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ.....	48
<i>Зайцев Н.П., Л.А. Лягина</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГРАНУЛИРОВАНИЯ СУПЕРФОСФАТА.....	51
<i>Зайцев Н.П., Лягина Л.А.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ.....	54
<i>Закамсков А.Г., Иванкина Ю.В.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	55
<i>Замалтдинова Р.И., Ахмерова Г.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА.....	58
<i>Иванова З.И., Антошина Е.С.</i> ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНИЦИАТИВНОСТИ У СТУДЕНТОВ – ПЕРВОКУРСНИКОВ.....	61
<i>Иванова З.И., Антошина Е.С.</i> УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ТРЕБОВАНИЯМ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ.....	64
<i>Каленова Е.С., Ахмерова Г.М.</i> ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ТЕМПЕРАТУР ВОДЫ В ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА НОВУЮ РАСЧЕТНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА.....	67
<i>Карпухина Т.В., Ометова А.А., Карпухина М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА НА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЕ СОСТОЯНИЕ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛ.....	71
<i>Карпухина Т.В., Ометова А.А., Карпухина М.В.</i> ЯВЛЕНИЕ ДИФФУЗИИ В ПРОЦЕССАХ ТЕПЛОМАССООБМЕНА.....	75
<i>Кондратьева Н.П., Больщин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Корепанов И.Я.</i> РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК С ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ.....	77
<i>Кондратьева Н.П., Больщин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Корепанов И.Я.</i> РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	81
<i>Корнилов А.Ю., Трушкин В.А., Шлюпиков С.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	85

<i>Кочелаевская К.В., Рыжова Е.В., Полетаев С.А.</i> СТИМУЛЯЦИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ.....	89
<i>Кульбякина А.В., Озеров Н.А., Савельева А.И., Мунин А.П.</i> ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	91
<i>Кумейко А.А., Цокур Е.С., Федак С.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕДВИЖНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ В АПК.....	97
<i>Кумейко А.А., Оськин С.В., Баракин Н.С.</i> РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ В АПК.....	99
<i>Лаврентьев Д.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ С ВНЕДРЕНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА.....	102
<i>Латышов В.А., Буторин В.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗЕРНОХРАНИЛИЩА.....	104
<i>Левин М.А., Глушак Л.Д.</i> АЛГОРИТМ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО РАЗДАТЧИКА КОРМОВ.....	107
<i>Левин М.А., Третьякова Т.И.</i> ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ВОДЫ.....	110
<i>Левин М.А., Глушак Л.Д.</i> РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	113
<i>Лягина Л.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	116
<i>Микушова А.В.</i> ПРИХОД СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАКЛОННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ.....	118
<i>Никитин Д.А., Чурляева О.Н.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОГО СВЕТОВОГО ПОТОКА В ТЕПЛИЦЕ.....	121
<i>Николаев М.Д.</i> СВЧ-УСТАНОВКА КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА ДЛЯ СУШКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ..	123
<i>Осташенков А.П.</i> ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СЕТЕВЫМИ ИНВЕРТОРАМИ.....	126

<i>Пушко В.А., Рахимжанова И.А., Абдюкаева А.Ф., Герасименко И.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО ВИБРАЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ.....	128
<i>Редкозубов В.И., Шлюпиков С.В., Иванкина Ю.В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	130
<i>Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В., Логачёва О.В.</i> СИСТЕМА УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОСЕЛКА.....	134
<i>Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Челпаченко В.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСВЕЛЛА И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ.....	137
<i>Рыжова Е.В., Кочелаевская К.В., Володина Ю.А.</i> УЧИМ ФИЗИКУ, ПОЗНАВАЯ СЕБЯ.....	141
<i>Садыкова Л.А.</i> ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ЭТО ОСНОВА ПРОГРЕССА 21 ВЕКА.....	144
<i>Сибгатов А.Р., Ахмерова Г.М.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ТРУБОПРОВОДОВ.....	147
<i>Сидоров И.Ю., Левин М.А.</i> АВТОНОМНЫЙ, УМНЫЙ ПОЛИВ ПЛОДОВОГО САДА.....	150
<i>Скорин И.А., Шлюпиков С.В., Иванкина Ю.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ВЕЛОСИПЕДА.....	152
<i>Скоробогатов Д.С., Лягина Л.А.</i> МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ТКАНЕЙ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ИМПУЛЬСАМИ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	156
<i>Сорокин В.Ю., Вендин С.В.</i> РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДКОЙ АККУМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	159
<i>Сохинов Д.Ю., Трушкин В.А., Чурляева О.Н., Трушкина А.В.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ.....	161
<i>Трушкин В.А., Шлюпиков С.В., Кукин Д.С., Трушкина А.В.</i> КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РФ.....	165
<i>Трушкин В.А., Глушкіна А.А., Царина С.Б.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	168

<i>Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Мухамбетов Д.З.</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОТОКЕ.....	172
<i>Четвериков Е.А., Моисеев А.П., Мухамбетов Д.З.</i> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЧ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СТАЦИОНАРНОГО ТИПА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ИНЖЕКЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ.....	175
<i>Шарафутдинов А.А., Дресвянникова Е.В.</i> СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ ИЗ РАЗЛИЧНОГО СЫРЬЯ.....	177
<i>Шлюпиков С.В., Сухачёв С.А., Рыжова Е.В.</i> КОНСТРУКЦИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОГО АГРЕГАТА.....	179
<i>Шлюпиков С.В., Ищенко А.П., Моисеев А.А., Зориков И.А.</i> ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ПОЧВЫ В ТЕПЛИЦАХ.....	183
<i>Шлюпиков С.В., Бакиров С.М., Базганова В.А., Гудыми Э.И.</i> ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В ЭКОБОКСАХ.....	186
<i>Шлюпиков С.В., Логачёва О.В., Захаров Д.А.</i> СПОСОБЫ БОРЬБЫ С СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ.....	191
<i>Юран С.И., Зарипов М.Р., Вершинин М.Н.</i> ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ.....	194
<i>Яметов Н.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6 кВ.....	197
<i>Яшин Д.В., Чурляева О.Н.</i> РИСКИ СВЯЗАННЫЕ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ.....	200

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова»**

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК**

**Материалы XIII Национальной научно-практической  
конференции с международным участием**

ISBN 978-5-00207-028-2



Подписано в печать 16.06.2022.

Формат 60×84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага  
офсетная. Усл. печ. л. 12,09. Тираж 100 экз. Заказ № 2133-22.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами  
в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33

E-mail: [zakaz@amirit.ru](mailto:zakaz@amirit.ru)

Сайт: [amirit.ru](http://amirit.ru)

