

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»**

Факультет инженерии и природообустройства

**Кафедра «Электрооборудование, энергоснабжение
и роботизация»**



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭНЕРГЕТИКИ АПК**

**Материалы II Национальной
научно-практической конференции
с международным участием
имени Г. П. Ерошенко**

САРАТОВ 2024 г.

УДК 621:631.9

ББК 31:40.7

А 42

Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под общ. ред. С.М. Бакирова - Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024. - 341 с., (8,5 Мб).

ISBN 978-5-7011-0857-6

В сборнике представлены материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г. П. Ерошенко, организуемой кафедрой «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация» ФГБОУ ВО Вавиловский университет и проходившей на базе факультета инженерии и природообустройства 25 апреля 2024 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 в агропромышленном комплексе. Тематика представленного в сборнике материала будет интересна специалистам в области электроэнергетики, преподавателям и студентам технических ВУЗов и всем интересующимся указанными направлениями.

Редакционная коллегия:

Бакиров С.М., д.т.н., заведующий кафедрой «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;

Оськин С.В., д.т.н., заведующий кафедрой «Электрических машин и электропривода», ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ;

Шерьязов С.К., д.т.н., профессор кафедры «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов», ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ;

Угаров Г.Г., д.т.н., профессор кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;

Каргин В.А., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» Российского биотехнологического университета (РОСБИОТЕХ);

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

Четвериков Е.А., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет;

Чурляева О.Н., к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация», ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

УДК 621:631.9

ББК 31:40.7

ISBN 978-5-7011-0857-6

© ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

© Авторы статей, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А.</i> <i>ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРОШЕНИЮ: ИНТЕГРАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ</i>	9
<i>Абзалов М.А.</i> <i>ОСОБЕННОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ</i>	14
<i>Абрамова В. С.</i> <i>АНАЛИЗ МИКРОКЛИМАТА И БРУДЕРОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ</i>	17
<i>Аникеев С.В., Коннов И.О., Богданов С.И.</i> <i>СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.</i>	21
<i>Афанасьева В.С., Баракин Н.С.</i> <i>МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ПРОГРАММЕ SIMINTECH</i>	29
<i>Афонькина В. А., Гусейнов Р. Т., Левинский В. Н.</i> <i>ПРОПИТКА И СУШКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ</i>	34
<i>Бакиров С.М., Абрамов В.М.</i> <i>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ</i>	41
<i>Бакиров С.М., Грачев А.С., Рамазанов Р.Ш., Блинов И.А.</i> <i>ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ РОБОТА ПЫЛЕСОСА ЗЕРНОСКЛАДА</i>	44
<i>Бакиров С.М., Долгов Н.В., Мухамеджанов И.Р., Смоленков И.А.</i> <i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТА-ПАУКА ИССЛЕДОВАТЕЛЯ</i>	50
<i>Бакиров С.М., Смоленков И.А., Верзина Е.Л.</i> <i>ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ АПК</i>	55
<i>Бахтеев С.В, Кифарак С.А.</i> <i>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ</i>	60

<i>Бахтеев С.В., Бакиров С.М., Угаров Г.Г.</i> <i>ПРОБЛЕМА ПРОФИЛАКТИРОВАНИЯ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ</i>	65
<i>Бахтеев С.В., Сарайкин С.М., Сонников Ю.А.</i> <i>СТАРЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ</i>	69
<i>Бибко Д. А., Скворок Д. В.</i> <i>СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ИЗЛИШКОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРЕМЕНЯЕМЫХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ И АПК</i>	73
<i>Бузунова М.Ю.</i> <i>МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ АУДИТОРНОГО ФОНДА</i>	81
<i>Бузунова М.Ю.</i> <i>АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ БАЛАНС</i>	87
<i>Вензелев Р.В., Вензелева О.О.</i> <i>ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИГНАЛ ПРИ КОНТРОЛЕ НЕРАЗМЫКАЕМОГО ПЛОСКОСТНОГО КОНТАКТНОГО СОЕДИНЕНИЯ ШИН</i>	92
<i>Верзилин А.А., Попов И.Н.</i> <i>РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ И УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ</i>	103
<i>Волгин А. В., Соколов И. Ю., Соколов К. Ю., Захитов О.Р.</i> <i>ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕССА ДЛЯ ОТЖИМА СОКА</i>	109
<i>Волгин А. В., Соколов И. Ю., Соколов К. Ю., Захитов О.Р.</i> <i>РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УДАРНЫХ МАШИН</i>	114
<i>Гребнев В. Е., Бибко Д. А.</i> <i>КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ГОРОДА, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ</i>	119
<i>Гусева О. А., Пташкина-Гирина О. С.</i> <i>ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ</i>	122

<i>Елисеев С.С., Кадухин А.И., Горланов Е.А., Епишкин А.Н., Лецев А.Д. РАЗРАБОТКА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫХ БЛОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА УНПК «АГРОЦЕНТР» ФГБОУ ВО ВАВИЛОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</i>	127
<i>Елисеев С.С., Кадухин А.И., Кобелев А.В. Курганов В.А., Потапов А.А. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА УНПК «АГРОЦЕНТР» ФГБОУ ВО ВАВИЛОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ</i>	131
<i>Зуева Е.И., Осыко Н.М., Сорокин В.В., Пшеницова Е.И. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ КОТЕЛЬНОЙ</i>	137
<i>Иванкина Ю.В., Благов А.И. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА БУНКЕРА ЗЕРНОВОГО ЭЛЕВАТОРА</i>	141
<i>Иванов А.А., Томников К.В, Галкин А.П., Моисеев А.П. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ФГБОУ ВО ВАВИЛОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕ Кондратьев А.А., Левин М.А. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ АВТОНОМНОГО КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР</i>	146
<i>Кондратьев А.А., Левин М.А ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ</i>	150
<i>Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З. УПРАВЛЕНИЕ УФ ОБРАБОТКОЙ СЕМЯН ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ</i>	153
<i>Лошкарев И.Ю., Горелов Д.А. ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА ДЛЯ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ, МЧС, СПАСАТЕЛЬНЫХ И ПОИСКОВЫХ ОТРЯДОВ</i>	155
<i>Лошкарев И.Ю., Горелов Д.А. СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ БОМБОУБЕЖИЩ, ТОННЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, СКЛАДОВ СПЕЦНАЗНАЧЕНИЯ</i>	163
	170

<i>Малашихин Н.В., Кочергина И.А.</i> <i>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОЛИВА И УДОБРЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</i>	175
<i>Кошеваров А.А., Баракина Е.Е.</i> <i>ЭЛЕКТРОПРИВОД УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТБОРА ПОЧВЫ С НЕНАРУШЕННОЙ СТРУКТУРОЙ</i>	178
<i>Кривова Е.Ю.</i> <i>ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА</i>	183
<i>Лебедев Д. В., Иванова А. А., Лебедева В. А.</i> <i>ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УХОДА ЗА ПЧЕЛАМИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ</i>	187
<i>Лягина Л.А., Савчук А.М., Русев А.Г.</i> <i>ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ</i>	192
<i>Лягина Л.А., Савчук А.М.</i> <i>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА СВИНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ</i>	196
<i>Малашихин Н.В., Кошевой Н.А.</i> <i>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ И ДРОНОВ В АГРОБИЗНЕСЕ</i>	200
<i>Махемов Ю.Д., Балтаева С.А., Дурдыева А.А., Гелдиев Ю.М.</i> <i>АЛЬТЕРНАТИВА ИЗ ИСТОЧНИКОВ НАЛАЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ</i>	204
<i>Махмуд Мохаммед Али Сами , Родионов Ю. В.</i> <i>ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕГАЗАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСА</i>	207
<i>Минеева Л.Н., Пшенцова А.И., Ерюшев М.В., Пшенцова Е.И.</i> <i>ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ</i>	212
<i>Моисеев А. П., Четвериков Е. А.</i> <i>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ</i>	217

<i>Мочалкин И.Ю.</i> <i>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ООО «САРАТОВ-ХОЛОД ПЛЮС» г. ХВАЛЫНСК САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ С РАЗРАБОТКОЙ КОТЕЛЬНОЙ</i>	221
<i>Нургелдиев Н.А., Аширмет А. А. , Пыгамов Ш.О.</i> <i>АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ НАШЕЙ СТРАНЫ</i>	232
<i>Павликов А.А.</i> <i>КОМПЛЕКСНАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ВОДЫ В КОРОВНИКАХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ПРИВЯЗНОМ СОДЕРЖАНИИ КОРОВ</i>	236
<i>Павликов А.А.</i> <i>АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПОЕНИЯ НА ФЕРМАХ КРС</i>	240
<i>Петренко И.В., Кожевников А.А.</i> <i>ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЦТ И ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ПРОИЗВОДСВЕННОЙ БАЗЫ ПАО «ГАЗПРОМ»</i>	247
<i>Петренко И.В., Кожевников А.А.</i> <i>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСВЕННОЙ БАЗЫ ПАО «ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ»</i>	251
<i>Редкозубов В.И., Иванкина Ю.В., Сидоров И.Ю.</i> <i>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПУТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ</i>	255
<i>Россошанский С.Д., Логачева О.В., Косолапов С.В.</i> <i>СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ</i>	259
<i>Саятин В. В.</i> <i>АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ КОМБИНИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ</i>	265
<i>Талмазова Д. В., Семенов А. С., Сохинов Д. Ю.</i> <i>РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА КАРАМЕЛИ</i>	269
<i>Талмазова Д. В., Семенов А. С., Сумерин В. А.</i> <i>ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ</i>	277

<i>Татаринцев В.,А.</i> ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛАДАГЕНТА	284
<i>Третьяков А.Н., Кудряшев Г.С., Убаева Н.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИКОВ НАГРУЗОК В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	292
<i>Ульрих Е.В., Веремей Е.Е., Гринчук М.А.</i> ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ	297
<i>Фадеев А.Д., Логачева О.В., Косолапов С.В., Мовсисян Д.А., Смирнов М.Е.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ФИЛЬТРОВОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	302
<i>Федак С.М.</i> ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ ПЧЕЛ	309
<i>Чернова Е.Н.</i> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПЛЕМЕННЫХ ТЕЛЯТ	314
<i>Черных А.Г.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОПРИВОДА ОПОРНЫХ ТЕЛЕЖЕК ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ	317
<i>Широбокова Т.А., Бакиров С.М., Поспелова И.Г., Трефилова Е.Г., Ямшина Е.Н., Колегов В.А.</i> ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТЬЮ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ	329
<i>Юндин М.А., Митченко В.М., Найда Р.В.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕСТА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ГРУППЫ «ЗВЕЗДА С НУЛЕМ/ ТРЕУГОЛЬНИК» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКА В НУЛЕВОМ РАБОЧЕМ ПРОВОДЕ СЕТИ 0,38 кВ	334

Научная статья

УДК 631.6

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРОШЕНИЮ: ИНТЕГРАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Фярид Кинжаевич Абдразаков¹, Андрей Алексеевич Рукавишников²

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹abdrazakov.fk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>

²andreirukavishn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>

Аннотация. Использование солнечных батарей на оросительных каналах представляет собой перспективное решение для повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства. В статье анализируются технологические и экономические аспекты интеграции фотоэлектрических систем в оросительные системы. Рассматриваются преимущества, включая снижение эксплуатационных расходов и выбросов парниковых газов, а также уменьшение испарения воды. Приводятся примеры успешных проектов, обсуждаются вызовы и ограничения, такие как технические проблемы и финансовые барьеры. Оцениваются перспективы и инновации в использовании солнечной энергии в аграрном секторе. Результаты исследования подтверждают потенциал солнечных батарей для улучшения управления водными ресурсами и повышения устойчивости сельского хозяйства.

Ключевые слова: оросительные каналы, солнечные батареи, испарение, энергоэффективное орошение, управление водными ресурсами.

Для цитирования: Абдразаков, Ф.К., Рукавишников А.А. Инновационные подходы к орошению: интеграция солнечных батарей в оросительные сети // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

INNOVATIVE APPROACHES TO IRRIGATION: INTEGRATION OF SOLAR PANELS INTO IRRIGATION NETWORKS

Fyarid Kinzhaevich Abdrazakov¹, Andrei Alekseevich Rukavishnikov²

^{1,2}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹abdrazakov.fk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3247-5257>

²andreirukavishn@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8294-881X>

Annotation. The use of solar panels on irrigation canals is a promising solution for improving the efficiency and sustainability of agriculture. The article analyzes the

technological and economic aspects of integrating photovoltaic systems into irrigation systems. The benefits, including reduced operating costs and greenhouse gas emissions, as well as reduced water evaporation, are discussed. Examples of successful projects are given, and challenges and limitations such as technical problems and financial barriers are discussed. Prospects and innovations in the use of solar energy in the agricultural sector are evaluated. The results of the study confirm the potential of solar panels to improve water management and agricultural sustainability.

Keywords: irrigation canals, solar panels, evaporation, energy efficient irrigation, water management.

For citation: Abdrazakov, F.K., Rukavishnikov A.A. innovative approaches to irrigation: integration of solar panels into irrigation networks // Actual problems of energy of agro-industrial complex: Proceedings of the II National Conference with international participation / Edited by C.M. Bakirov - Saratov: FGBOU Vavilov University, 2024.

Введение. Современное сельское хозяйство сталкивается с множеством вызовов, включая необходимость повышения продуктивности, снижение затрат и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. Одним из перспективных решений этих проблем является использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи, в различных аспектах аграрного производства. Одной из таких областей применения является интеграция солнечных батарей в оросительные системы [1].

Оросительные каналы играют ключевую роль в обеспечении водой сельскохозяйственных угодий, особенно в засушливых регионах. Однако традиционные методы подачи воды часто требуют значительных энергетических затрат, что приводит к высоким эксплуатационным расходам и увеличению выбросов парниковых газов. В этом контексте солнечные батареи представляют собой привлекательную альтернативу, предлагая экологически чистый и экономически выгодный источник энергии.

В данной статье рассматриваются основные преимущества и вызовы, связанные с использованием солнечных батарей на оросительных каналах. Анализируется потенциал экономической выгоды, влияние на экологическую устойчивость и практические аспекты внедрения этой технологии.

Цель статьи - предоставить всесторонний обзор и оценку целесообразности использования солнечной энергии в оросительных системах, опираясь на современные исследования и реальные примеры внедрения.

Методика исследования. Рассмотрев актуальность и потенциальные выгоды использования солнечных батарей на оросительных каналах, углубимся в детали этой инновационной технологии. В следующем разделе мы детально разберем основные аспекты, связанные с внедрением солнечной энергии в системы орошения. Мы начнем с технических характеристик и принципов работы солнечных батарей, затем рассмотрим экономическую эффективность таких систем, уделяя внимание затратам и потенциальным экономическим выгодам.

Кроме того, важным аспектом является экологическая устойчивость, которую мы анализируем через призму снижения углеродного следа и сохранения водных ресурсов. Для лучшего понимания практической реализации, мы рассмотрим успешные примеры проектов из разных уголков мира, обсудим вызовы, с которыми сталкиваются эти проекты, и способы их преодоления.

В заключение основной части мы обсудим вызовы и ограничения, которые могут возникнуть при внедрении солнечных батарей на оросительных каналах, а также перспективы дальнейших инноваций и развития этой технологии. Такой всесторонний подход позволит получить полное представление о потенциале использования солнечной энергии в сельском хозяйстве.

Основная часть. Традиционные методы подачи воды в оросительных системах, как правило, включают использование насосов и другого оборудования, которые работают на электроэнергии или ископаемых видах топлива (например, дизельные насосы). Эти методы требуют значительного количества энергии для перекачки воды из источников (рек, водохранилищ и т.д.) в оросительные каналы и далее на поля.

Такая высокая потребность в энергии приводит к следующим последствиям [1]:

- Высокие эксплуатационные расходы: Стоимость электроэнергии или топлива может быть значительной, особенно в крупных оросительных системах.

- Увеличение выбросов парниковых газов: Использование ископаемых видов топлива для питания насосов приводит к выбросам углекислого газа и других парниковых газов, что усугубляет проблему глобального потепления и изменения климата.

Таким образом, традиционные методы подачи воды, основанные на неэффективных и экологически вредных источниках энергии, создают финансовую и экологическую нагрузку на сельское хозяйство. Внедрение солнечных батарей может смягчить эти проблемы, обеспечивая более устойчивый и экономически выгодный способ управления оросительными системами.

Рассмотрим более подробно основные аспекты исследования, описанные в методике.

Технология и принципы работы. Солнечные батареи, или фотогальванические панели, преобразуют солнечную энергию в электрическую посредством фотоэлектрического эффекта. Основные компоненты таких систем включают солнечные модули, инверторы, системы мониторинга и аккумуляторы для хранения энергии. В контексте оросительных систем солнечные батареи могут быть установлены вдоль или над оросительными каналами, обеспечивая питание насосов и другого оборудования [2].

Экономическая эффективность включает *анализ затрат и выгод* и *сравнение с традиционными методами*.

Начальные инвестиции в установку солнечных батарей включают затраты на оборудование, установку и подключение. Однако в долгосрочной перспективе эти затраты компенсируются за счет снижения расходов на электроэнергию.

Срок окупаемости варьируется в зависимости от размера системы и местных тарифов на энергию, но обычно составляет от 5 до 10 лет.

Традиционные насосные станции, работающие на электроэнергии или дизельном топливе, требуют постоянных затрат на топливо и обслуживание. В отличие от этого, солнечные батареи имеют минимальные эксплуатационные расходы и могут обеспечить значительную экономию средств на протяжении всего срока службы [3].

Экологическая устойчивость включает в себя *снижение углеродного следа и сохранение водных ресурсов*.

Использование солнечной энергии позволяет значительно сократить выбросы парниковых газов, связанных с использованием ископаемых видов топлива. Это способствует борьбе с глобальным изменением климата и улучшает экологическую устойчивость сельского хозяйства.

Солнечные панели, установленные над оросительными каналами, создают тень, что помогает уменьшить испарение воды. Это особенно важно в засушливых регионах, где каждая капля воды на счету.

Практические примеры и кейс-стади. В Индии, Китае и США уже реализованы успешные проекты по установке солнечных батарей на оросительных каналах. Эти проекты продемонстрировали как экономическую, так и экологическую эффективность таких систем. Например, проект в индийском штате Гуджарат показал значительное снижение потерь воды и экономию на энергозатратах [4].

Анализ успешных проектов выявил несколько ключевых факторов успеха, включая тщательное планирование, регулярное техническое обслуживание и адаптацию к местным условиям. Эти уроки могут быть полезны для будущих инициатив.

Вызовы и ограничения. Солнечные батареи требуют регулярного обслуживания, включая очистку от пыли и мусора. Кроме того, необходимо учитывать возможные проблемы с долговечностью и эффективностью панелей в условиях изменчивой погоды.

Эффективность солнечных батарей зависит от уровня солнечной радиации, который может варьироваться в зависимости от местоположения и сезона. В регионах с низким уровнем солнечного излучения может потребоваться использование гибридных систем, сочетающих солнечную и традиционную энергию [4].

Инвестиции в солнечные системы могут быть значительными, и для их реализации могут потребоваться государственные субсидии и льготные кредиты. Кроме того, нормативные и бюрократические барьеры могут замедлить процесс внедрения новых технологий.

Перспективы и инновации. Технологии солнечной энергетики продолжают развиваться, предлагая все более эффективные и доступные решения. Новые разработки, такие как двухсторонние панели и системы хранения энергии, могут значительно повысить эффективность солнечных оросительных систем [5].

Государственные программы и субсидии могут сыграть ключевую роль в стимулировании использования солнечных батарей в сельском хозяйстве. Введение льготных условий и финансовой поддержки может ускорить внедрение этих технологий и сделать их более доступными для фермеров.

Заключение. Использование солнечных батарей на оросительных каналах представляет собой перспективное решение для повышения эффективности и экологической устойчивости сельского хозяйства. Несмотря на вызовы и первоначальные затраты, долгосрочные выгоды, включающие экономию средств, снижение углеродного следа и сохранение водных ресурсов, делают эту технологию привлекательной для широкого внедрения. Реализация успешных проектов по всему миру подтверждает потенциал солнечной энергии в сельском хозяйстве, открывая новые возможности для устойчивого развития.

Список источников

1. Абдразаков, Ф. К. Актуальные вопросы обслуживания оросительных каналов и рациональное управление водными ресурсами / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Основы рационального природопользования : Материалы IX Национальной конференции с международным участием, Саратов, 12–13 октября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 7-15.
2. Андреева, Н. С. Солнечные батареи в сельском хозяйстве / Н. С. Андреева, Э. А. Багаутдинова // Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития: Сборник научных трудов XXIII Международной технической научно-практической конференции, Чебоксары, 15 февраля 2024 года. – Чебоксары: ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 2024. – С. 14-17.
3. Микитаева, И. Р. История успеха "зеленой экономики" / И. Р. Микитаева // "Зеленая экономика" в агропромышленном комплексе: вызовы и перспективы развития: Материалы всероссийской научной конференции, Краснодар, 18 октября 2018 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2018. – С. 285-291.
4. Носко П.А. Экологизация мировой энергетики: зарубежный опыт и Российская специфика развития чистой энергии // П.А. Носко. – Вестник Института экономики Российской академии наук. 2018. №4. – с. 150-163.
5. Серебряков, Р. А. Энергетика и технологии для сельского хозяйства / Р. А. Серебряков, Е. Д. Сорокодун // Инструменты, механизмы и технологии современного инновационного развития: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Ижевск, 30 января 2023 года. – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2023. – С. 111-119. – EDN NKIAFP.

© Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А. 2024

Научная статья
УДК 621.31

ОСОБЕННОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Абзалов Муслим Аликович ¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ muslim47464@gmail.com

Аннотация: В статье рассматриваются различия и принцип действия активных, пассивных и комбинированных датчиков.

Ключевые слова: активные и пассивные датчики, термоэлектрический эффект, пирозлектрический эффект.

Для цитирования: Абзалов М.А. Особенности средств измерения влажности почвы// Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Scientific article

FEATURES OF SOIL MOISTURE MEASURING INSTRUMENTS

Abzalov Muslim Alikovich ¹

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ muslim47464@gmail.com

Abstract: The article discusses the differences and the principle of operation of active, passive and combined sensors.

Keywords: active and passive sensors, thermoelectric effect, pyroelectric effect.

For citation: Abzalov M.A. Features of soil moisture measuring instruments// Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Conference with international participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Физическая величина m , характеризующая объект измерения (температура, давление и др.), называется измеряемой величиной. Совокупность операций, направленных на установление численного значения физической величины, составляет процесс измерения. Если при измерении используются электронные средства обработки сигнала, необходимо сначала преобразовать измеряемый параметр в эквивалентную электрическую величину, причем как можно точнее. Это значит, что полученная электрическая величина должна содержать всю информацию об измеряемом параметре. Датчик-это устройство,

которое, подвергаясь воздействию физической измеряемой величины, выдает эквивалентный сигнал, обычно электрической природы (заряд, ток, напряжение или импеданс), являющийся функцией измеряемой величины:

$$s = F(m).$$

Здесь s -выходная величина датчика, а m -входная величина. Измерив значение s , можно определить тем самым значение m . Соотношение $s = F(m)$ выражает в общей теоретической форме физические законы, положенные в основу работы датчиков. Будучи выраженными численно, эти законы определяют выбор конструкций (геометрии и размеров) и материалов для их изготовления, допустимые характеристики окружающей среды, при которых датчики могут работать, и условия применения. Для всех датчиков характеристика преобразования соотношение $s = F(m)$ в численной форме определяется экспериментально в результате градуировки, при проведении которой для ряда точно известных значений m измеряют соответствующие значения s , что позволяет построить градуировочную кривую. Из этой кривой для всех полученных в результате измерения значений s можно найти соответствующие значения искомой величины m . Для удобства измерений датчик стараются построить или, по крайней мере, использовать таким образом, чтобы существовала линейная зависимость между малыми приращениями выходной ΔS и входной Δm величин:

$$\Delta s = S \Delta m.$$

Здесь S - чувствительность датчика.

Активные датчики

Принцип действия активного датчика основан на том или ином физическом явлении, обеспечивающем преобразование соответствующей измеряемой величины в электрическую форму энергии.

Датчик, реализующий *термоэлектрический эффект*, -термопара -содержит два проводника M_1 и M_2 различной химической природы. Их спай, находящиеся при температурах T_1 и T_2 , являются местом возникновения термо-э.д.с. e (T_1 и T_2). Термо-э.д.с. e пропорциональна измеряемой температуре T_1 , когда температура T_2 известна (соответствующий нерабочей спай термопары помещен в среду с постоянной температурой, равной, например, 0°C).

В датчике с *пироэлектрическим эффектом* определенные кристаллы, называемые пироэлектриками (например триглицинсульфата), испытывают спонтанную электрическую поляризацию, зависящую от их температуры, и на двух противоположных поверхностях появляются электрические заряды противоположных знаков, пропорциональные этой поляризации.

Поглощенный кристаллом поток излучения приводит к росту его температуры и к соответствующему изменению поляризации, которое измеряется по изменению напряжения на зажимах конденсатора.

Пассивные датчики

В пассивных датчиках некоторые параметры выходного импеданса могут меняться под воздействием измеряемой величины. Импеданс датчика, с одной

стороны, обусловлен геометрией, и размерами его элементов, а с другой стороны -свойствами, материалов: удельным сопротивлением ρ , магнитной проницаемостью μ , и диэлектрической постоянной ϵ .

Изменения импеданса могут быть, таким образом, вызваны воздействием измеряемой величины либо на геометрию и размеры элементов датчика, либо на электрические и магнитные свойства его материала, либо, что реже, на то и на другое одновременно. Геометрические размеры датчика и параметры его импеданса могут изменяться, если датчик содержит подвижный или деформирующийся элемент.

Комбинированные датчики.

При измерениях некоторых неэлектрических величин не всегда удастся преобразовать их непосредственно в электрическую величину. В этих случаях осуществляют двойное преобразование исходной (первичной) измеряемой величины - в промежуточную неэлектрическую величину, которую преобразуют затем выходную электрическую величину. Совокупность двух соответствующих измерительных преобразователей образует комбинированный датчик (рис.1).

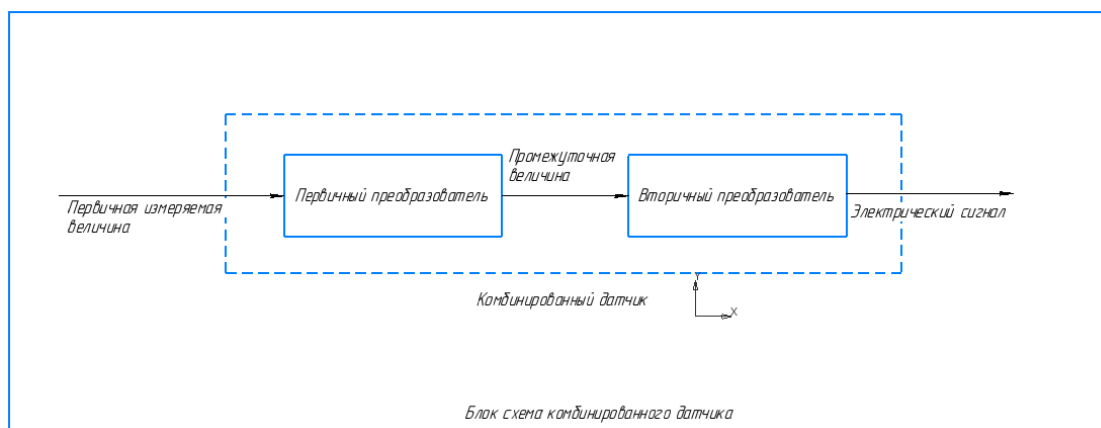


Рисунок 1

Подобные преобразования удобны для измерения механических величин, вызывающих в первичном преобразователе деформацию или перемещение выходного элемента, к которым чувствителен вторичный преобразователь.

Заключение. Важнейшей проблемой при проектировании и использовании датчика является обеспечение постоянства чувствительности, которая должна как можно меньше зависеть от значений m (предопределяя линейность характеристики преобразования) и частоты их изменений, от времени и от воздействия других физических величин, характеризующих не сам объект, а его окружение (они называются влияющими на результаты измерений величинами).

Различие между активными и пассивными датчиками обусловлено их эквивалентными электрическими схемами, отражающими фундаментальные отличия в природе используемых в датчиках физических явлений. Активный датчик является источником непосредственно выдаваемого электрического сигнала, а измерение изменений параметров импеданса пассивного датчика

производится косвенно, по изменению тока или напряжения в результате его обязательного включения в схему с внешним источником питания.

Список источников.

1. *Аш, Ж.* Датчики измерительных систем / Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон. – Москва. Изд-во «Мир», 1992 – 8-102 стр.
2. *Агаханян, Т. М.* Интегральные микросхемы : учебное пособие для вузов / Т. М. Агаханян. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 464 с.
3. *Бакалов, В. П.* Основы теории электрических цепей и электроники : учебник для вузов / В. П. Бакалов, А. Н. Игнатов, Б. И. Крук. – М. : Радио и связь, 1989. – 528 с.
4. *Бакиров, С. М.* Актуальность разработки робота-исследователя параметров почвы / С. М. Бакиров, Д. В. Митрофанов // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов : ЦеСАин, 2019. – С. 28–31.

© Абзалов М.А. 2024

Обзорная статья
УДК 636.5

АНАЛИЗ МИКРОКЛИМАТА И БРУДЕРОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ

Абрамова Виктория Сергеевна¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия, vikaabramova16@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5539-3479>

Аннотация. В статье описаны основные требования к содержанию и выращиванию цыплят. Рассмотрены существующие брудеры и основные параметры для выращивания цыплят. Описаны брудеры разных производителей, используемых на фермах. Изучены основные параметры температуры, освещения и влажности.

Ключевые слова: микроклимат, брудеры, сельское хозяйство, выращивание цыплят, энергетический показатель.

Для цитирования: Абрамова В.С. Анализ микроклимата и брудеров для выращивания цыплят / В.С. Абрамова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

ANALYSIS OF THE MICROCLIMATE AND BROODERS FOR GROWING CHICKENS

Abramova Victoria Sergeevna¹

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia, vikaabramova16@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5539-3479>

Annotation. The article describes the basic requirements for the maintenance and rearing of chickens. The existing brooders and the main parameters for growing chickens are considered. Brooders from different manufacturers used on farms are described. The main parameters of temperature, lighting and humidity have been studied.

Keywords: microclimate, brooders, agriculture, chicken farming, energy index.

For citation: Abramova V.S. Analysis of microclimate and brooders for growing chickens / V.S. Abramova // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National scientific and practical conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Для выращивания и содержания цыплят нужны определенные условия микроклимата. Существует проблема падежа цыплят в возрасте от 0 до 30 дней. К основным параметрам, которые всегда необходимо поддерживать относятся отопление, освещение, вентиляция, влажность. В первые дни температура должна быть 35 °С. Для цыплят младшего возраста важен равномерный обогрев по всей площади [1].

Таблица 1. Температурный режим при выращивании цыплят

Возраст цыплят, дней	Температура воздуха, °С	
	под нагревателем	в помещении
Суточные	35—34	23—24
1—5	33—30	22—23
6—10	29—27	22—23
11—20	26—24	22—23
21—30	24—22	21—22
31—40	22—20	20—18
41—60	—	20—18
Свыше 60	—	18—16

Существуют лампы для обогрева цыплят следующих видов.

-Люминесцентные – самые экономичные из всех видов ламп, но дают мало тепла. Они предназначены в качестве подсветки, хотя могут доставлять дискомфорт курам из-за постоянного мерцающего эффекта. Замечено, что он негативно отражается на поведении птиц.

-Светодиодные – более дорогой вариант, но выгодный и эффективный за счет долговечности, регулируемости, низкого потребления электроэнергии, безопасности для пернатых.

-Инфракрасные (ИК) – такие лампы являются отличным обогревателем, они хорошо освещают и не создают нервозности в курятнике. Специалисты рекомендуют использовать инфракрасные лампы для птиц не старше 1-1,5 месяца.

-Комбинированные – оптимальное сочетание ультрафиолетового и инфракрасного источника света и тепла. Ультрафиолет способствует гибели бактерий и полезен для роста цыплят. А ИК излучение повышает у птиц аппетит, дает постоянное тепло и свет.

Материалы и методы. Существуют 2 основные системы температурного контроля, применяемого в начальный период выращивания цыплят:

Точечное выращивание (применяя брудерные лампы). При использовании точечного источника тепла цыплята могут передвигаться ближе и дальше от брудера, выбирая наиболее комфортную температуру.

Выращивание на площади всего птичника. При посадке на всю площадь птичника источник тепла имеет большую площадь, что ограничивает возможность цыплят передвигаться и выбирать более комфортную температуру. Выращивание на площади всего птичника означает, что обогревается весь птичник или определенная часть птичника, и целью является достижение однородной температуры всего помещения или всего воздушного пространства [5].

Вентиляция так же является основным фактором контроля микроклимата птичника. Вентиляция поддерживает удовлетворительное качество воздуха в птичнике и температуру, комфортную для организма птицы. Вентиляция обеспечивает доступ свежего воздуха, а также удаляет из птичника избыточную влагу, потенциально вредоносные газообразные вещества и продукты обмена, находящиеся в воздухе. При соблюдении оптимального уровня влажности цыплята имеют меньший риск обезвоживания и достигают более высоких результатов в начальный период выращивания [2, 3].

Результаты исследования. На сегодняшний день для выращивания цыплят используют разного вида брудеры. У каждого брудера разный энергетический показатель на одно цыпленка. Основные затраты идут на отопление и освещение.



Рисунок 1 – брудер

]

Таблица 2. Характеристики брудера

Вместимость	до 30 цыплят (3-х недельные) или 50 только вылупившихся
Инфракрасная лампа	175Вт
Питание	~210-240V
Мощность	175 Вт



Рисунок 2 – брудер NBF-140

Таблица 3. Характеристики брудера NBF-140

Вместимость	140шт.
Керамическая лампа нагрева, лампа накаливания	
Питание	~210-240V
Мощность	500-600 Вт



Рисунок 3 – брудер БП-1

Таблица 4. Характеристики брудера БП-1

Вместимость	500шт.
-------------	--------

Диапазон регулирования температуры	15-35°C
Питание	~210-240V
Мощность	1,04Квт

Заключение. Требования к брудеру сводятся к поддержанию оптимального температурного режима, освещения и влажности. Так же к возможности обеспечения полноценного кормления и поения птенцов для получения жизнеспособного молодняка. По поведению цыплят можно понять, комфортна ли для них заданная температура. Если птенцы больше находятся возле стенок брудера, это значит, что внутри жарко. Если цыплята скучиваются и стараются собраться под источником тепла, им холодно [4]. За температурой и влажностью необходимо регулярно наблюдать: минимум два раза в день в первые 5 дней. Сенсорные датчики температуры и влажности при автоматической системе необходимо устанавливать на высоте птицы, максимум - 30 см над уровнем пола. Датчики следует располагать в 2 м от брудерной границы, а при выращивании на площади всего птичника нужно установить минимум 2 равномерно расположенных датчика в каждом птичнике [6].

Список источников

1. НПК Фарминдустрия. Справочник по выращиванию бройлерного стада [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pharminindustria.com/projects/spravochnik-po-vyrashchivaniyu-broylernogo-stada/> (дата обращения 18.05.2024).
2. Кочиш И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Птицеводство. – М.: Колос, 2004. – 407 с.
3. Балашов, Кирилл Владимирович Содержание и разведение домашней птицы / Балашов Кирилл Владимирович. - М.: Рипол Классик, 2018. - 948 с.
4. Горбунов, В. В. Куры. Разведение, содержание, уход / В.В. Горбунов. - М.: АСТ, ВКТ, 2021. - 192 с.
5. Лемешева, Марья Михайловна Справочник по птицеводству / Лемешева Марья Михайловна. - М.: Феникс, 2021. - 971 с.
6. Рахманов, А. И. Инкубация яиц сельскохозяйственных птиц в личном хозяйстве. Руководство для птицеводов / А.И. Рахманов. - М.: Аквариум-Принт, 2022. - 891 с.

© Абрамова В.С., 2024

Научная статья
УДК 631.21

СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.

**Сергей Владимирович Аникеев¹, Игорь Олегович Коннов²,
Сергей Иванович Богданов³**

^{1,2,3} Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград,
Россия

¹anikeevvlg@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1297-7980>

²igor-konnov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1129-3286>

³bsi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3111-2895>

Аннотация: В статье рассматриваются различные методы хранения энергии, включая аккумуляторы, маховики, системы хранения энергии в сжатом воздухе и гидроаккумуляторы. Основное внимание уделяется их применению в агропромышленном комплексе. Статья описывает преимущества и недостатки каждого из этих методов, а также их потенциал в обеспечении энергоснабжения для агропромышленных процессов. В заключении обсуждается роль этих систем в стремлении к более устойчивому и экологически чистому энергетическому будущему.

Ключевые слова: системы хранения энергии, возобновляемые источники энергии, агропромышленный комплекс.

Для цитирования: Аникеев С.В. Способы хранения энергии и их использование в агропромышленном комплексе / С.В. Аникеев, И.О. Коннов, С.И. Богданов // Актуальные проблемы энергетике АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.В. Аникеев – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет, 2024.

METHODS OF ENERGY STORAGE AND THEIR USE IN THE AGRICULTURAL INDUSTRIAL COMPLEX.

**Sergei Vladimirovich Anikeev, Igor Olegovich Konnov², Sergey Ivanovich
Bogdanov³**

^{1,2,3} Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

¹anikeevvlg@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1297-7980>

²igor-konnov@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1129-3286>

³bsi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3111-2895>

Abstract: The article discusses various methods of energy storage, including batteries, flywheels, compressed air energy storage systems, and hydro accumulators. The main focus is on their application in the agro-industrial complex. The article describes in detail the advantages and disadvantages of each of these methods, as well as their potential in providing energy supply for agro-industrial processes. In conclusion, the role of these systems in striving for a more sustainable and environmentally friendly energy future is discussed

Keywords: energy storage systems, renewable energy sources, agro-industrial complex.

For citation: Anikeev S.V. Methods of energy conservation and their use in the agro-industrial complex / S.V. Anikeev, I.O. Konnov, S.I. Bogdanov // Current problems in the energy sector of the agro-industrial complex: Materials of the II National Conference with International Participation / Ed. S.V. Anikeev – Volgograd: Volgograd State Agricultural University, 2024

Введение В стремительно развивающемся мире, энергетика играет ключевую роль в его создании, значительную роль занимает агропромышленный комплекс и увеличивающиеся масштабы его развития. В то время как хранения энергии в самом распространенном ее виде (электричество) не набрало значительной популярности в связи с возможными техническими трудностями. Вместо этого ее преобразуют в другие различные формы энергии хранения для последующего обратного преобразования в электрическую. Быстрый генерирующий рост энергии в различных точках земли, в том числе благодаря альтернативным и возобновляемым источникам, в частности ветрогенерации, солнечной энергетике, геотермальным источникам повышают спрос на различные системы хранения энергии для последующего ее использования в сети, с последующей возможностью стабилизации нагрузочных режимов. В связи с постоянно увеличивающимися мощностями производства и потребления электроэнергии, в том числе благодаря многократно увеличивающимся источникам ветрогенерации и источников на базе солнечного света, которые характеризуются нестабильными выработками объемов энергии, зависящими от многочисленных внешних факторов, возникает потребность в хранения энергии как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.[1]

Иногда при использовании слова «мощность» имеется ввиду «электричество», что не является верным, так как это два разных понятия. В устройствах хранения «мощность» накапливается или разряжается, но на самом деле это «энергия», которая хранится. Это важное различие, которое необходимо понимать для правильного восприятия энергетической структуры. Понимание разницы между «мощностью» и «энергией» помогает в создании более эффективных систем хранения энергии и внедрении возобновляемых источников энергии. Уровень развития технологий аккумулирования и хранения энергии в дальнейшем будет определять уровень внедрения и использования альтернативных источников энергии в будущем, в котором возобновляемые источники энергии будут замещать источники энергии управляемой мощности, периодически получая избыточную мощность и используя ее в периоды недостатка. Существуют вопросы масштабирования – мощности и емкости – которые играют не мало важную роль в процессе осваивания данных технологий и их использование в агропромышленном комплексе и транспортировки энергии. Важно понимать, что эффективное использование и хранение энергии обеспечат устойчивое энергетическое будущее. Понимание разницы между «мощностью» и «энергией» помогает в создании более эффективных систем

хранения энергии и внедрении возобновляемых источников энергии. В дополнение к этому, обычно ожидается, что определенная доля накопленной энергии будет доступна в форме электричества на протяжении нескольких дней или недель, несмотря на наличие множества возможностей для краткосрочного хранения в течение нескольких минут и часов. Себестоимость сохраненной энергии играет важную роль, поэтому сравнивая различные технологии и системы хранения энергии в различных условиях необходимо четко определить ценность, и стоимость возвращенной энергии. Понимание разницы между «мощностью» и «энергией» - важное различие, которое необходимо понимать для правильного восприятия энергетической составляющей моделей хранения энергии и их использования в сцепки с возобновляемыми источниками энергии. [2]

Электрическая энергия, в своей сущности, не поддается непосредственному хранению в любых значительных объемах в течение относительно длительного периода времени. Однако, любая форма энергии может быть трансформирована в различные виды, которые в дальнейшем могут быть сохранены и, при необходимости, обратно преобразованы. В данный момент есть разные системы хранения электроэнергии, включая, но не ограничиваясь: аккумуляторы, маховики, системы хранения энергии в сжатом воздухе и гидроаккумуляторы и многие другие. Каждая из этих систем ограничивается количеством энергии способной храниться в течение определенного времени. Энергетическая емкость этих систем измеряется в мегаватт-часах, в то время как их мощность или максимальная мощность, которую они могут выдать в данный момент времени, измеряется в мегаваттах электрической мощности. Системы хранения энергии могут быть специально разработаны для предоставления вспомогательных услуг системе передачи электроэнергии, включая регулирование частоты. На сегодняшний день, это является основной функцией сетевых аккумуляторов. Важно отметить, что эффективность этих систем хранения энергии может варьироваться в зависимости от множества факторов, включая их конструкцию, используемые материалы, окружающую среду и многие другие. Несмотря на эти ограничения, системы хранения энергии играют важную роль в обеспечении надежности и стабильности электрической сети, позволяя более эффективно использовать возобновляемые источники энергии и уменьшая зависимость от ископаемых источников энергии. [3]

Материалы и методы. Анализ текущей ситуации с использованием альтернативных способов хранения энергии для агропромышленного комплекса и прогнозирование дальнейших перспектив.

Результаты исследования Насосные гидроаккумуляторы (Рис. 1) в основном используются для баланса суточной генерирующей мощности. Во время пониженного потребления мощности или в выходные дни они перекачивают воду в водохранилище, расположенное значительно выше установленного уровня, используя избыточную вырабатываемую энергию, например, от газовых или дизельных источников питания. В часы пиковой нагрузки вода сбрасывается

через турбины в нижний резервуар, где она преобразуется в гидроэлектроэнергию. Реверсивные агрегаты насос-турбина/двигатель-генератор могут работать как насосы, так и турбины. Системы гидроаккумулирования эффективны для удовлетворения пиковых изменений спроса, а также прибыльны из-за разницы в оптовых ценах в пиковые и непиковые периоды. Однако основным вопросом является невысокий КПД, который составляет около 70%. Помимо выше указанного, места для потенциального расположения гидроаккумулирующих подстанций часто не совпадают с локациями, где требуется электроэнергия. Большая часть перекачиваемой накопительной емкости связана с установленными гидроэлектростанциями на реках, где вода перекачивается обратно в высокую накопительную дамбу. Такие соединительные точки могут быть дополнены напорными ГЭС, для чего необходимы небольшие резервуары в холмистой местности, соединенные с насосом и турбиной. Гидроаккумулирующие системы имеют и ряд недостатков: сложное расположение и его зависимость от местности, инвестиционный цикл велик, и потери высоки, включая потери при сливе и хранении плюс потери в линии, на данном этапе это также ограничено ценовой политикой на электроэнергию, так же испарение воды в процессе хранения в зависимости от температуры и влажности окружающей среды. Предполагаемое применение данной технологии в АПК возможно в основном вблизи больших водоемов и холмистой местности, для крупных хозяйств, сконцентрированных на относительно небольшой площади. [5]

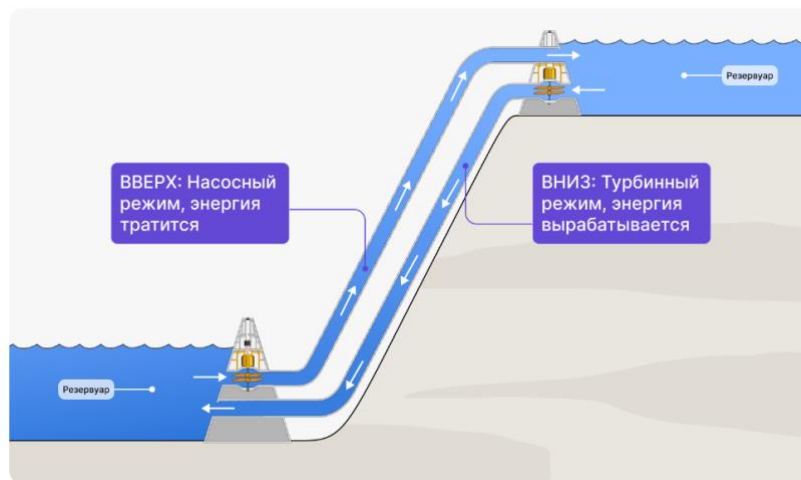


Рисунок 1.

Батареи аккумулируют и отдают энергию посредством электрохимических процессов. Ключевые характеристики для батарей включают высокую энергетическую плотность, большую мощность, продолжительный жизненный цикл (циклы заряд-разряд), высокую эффективность, безопасность и конкурентоспособную цену. Дополнительные параметры, которые так же учитывают при выборе, это продолжительность разряда и скорость зарядки. Среди этих критериев существуют различные компромиссы, которые подчеркивают ограничения аккумуляторных систем хранения энергии по

сравнению с регулируемыми источниками генерации. Возникает вопрос о возврате энергии в зависимости от вложенной, который тесно связан с тем, как долго батарея работает и как сохраняется ее эффективность на протяжении этого времени. Батареям требуется система преобразования энергии, включающая инвертор, для подключения к стандартной сети переменного тока, это добавляет около 15 процентов к стоимости батарейных установок хранения энергии. Различные проекты мегаваттного масштаба показали, что батареи эффективно сглаживают изменчивость вырабатываемой мощности ветряных и солнечных источников в течение короткого промежутка времени — минут и даже часов для краткосрочного восстановления мощности от зеленых источников энергии в сеть. Они также показали, что батареи могут реагировать быстрее и точнее, чем традиционные способы, такие как вращающиеся резервы и пиковые установки. В результате большие аккумуляторные батареи становятся предпочтительной технологией стабилизации для краткосрочной интеграции возобновляемых источников энергии. Это функция мощности, а не накопления энергии. Длительные простои плохо сказываются на АКБ: батарея разряжается; разрядка или низкий уровень заряда приводят к появлению налета сернистого свинца на пластинах аккумулятора (сульфатация); разряженную батарею может замкнуть, что полностью выведет ее из строя, так же утечка или повреждение АКБ не благоприятны для окружающей среды и являются токсичными. Из-за относительно малых габаритов и невысокой стоимости, в сравнении с такими системами, как гидроаккумулирующие, их применение более возможно в агрокомплексе для краткосрочного восполнения потребляемой мощности.

На протяжении многих десятилетий ученые проводят исследования в области маховиков, в 1964 году профессор Гулиа представил свою версию маховика, который был предназначен для хранения энергии, маховик состоял из сердечника, на который было намотано множество слоев стальной ленты. Сердечник был помещен в специальный кожух, в котором создавалась вакуумная среда, чтобы снизить потери на трение, возникающие во время работы. Современные супермаховики с намоткой из углеродного волокна имеют удельную энергоемкость до 130 Вт·ч/кг. Это немного меньше, чем у лучших литий-ионных аккумуляторов, но у накопителей на маховиках есть свои преимущества: они значительно дешевле, более долговечны и безопасны. Американские эксперты разработали комплект стационарных супермаховиков, предназначенных для подключения к промышленным энергосетям. Они изготовлены из большого количества слоев сверхпрочных материалов на основе углеродных волокон (устойчивы к большим нагрузкам). Маховики на магнитных подвесках вращаются в цилиндрических емкостях высотой около 1 м, внутри которых создан вакуум. Масса такой конструкции может достигать 1 т. На стальном валу маховика установлен ротор обратной электрической машины — мотор-генератор на постоянных магнитах, который и раскручивает маховик, запасая энергию, или отдает ее, вырабатывая электрический ток, при подключении нагрузки. Расчетный срок службы такой конструкции 20 лет, диапазон рабочих температур от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$. Недостатки: по сравнению с

батареями, их плотность энергии приводит к относительно низкому хранению энергии при том же весе, что напрямую приводит к плохому сроку службы батареи и зависит от рождения новых материалов, которые способствуют дальнейшему развитию данных систем хранения.

Системы хранения энергии на основе сжатого воздуха включают в себя большие контейнеры, такие как резервуары, или естественные структуры, такие как пещеры. Система компрессии наполняет эти контейнеры воздухом под давлением. Затем воздух может быть освобожден и использован для привода турбины, генерирующей электричество. Текущие системы хранения энергии на сжатом воздухе часто используют освобожденный воздух как часть энергетического цикла на природном газе для генерации электричества. Адиабатический аккумулятор продолжает сохранять энергию, полученную в результате сжатия, и возвращает ее в воздух при его расширении для генерации электричества. Теоретическая эффективность адиабатического хранилища приближается к 100% при идеальной изоляции, но на практике ожидается, что эффективность будет около 70% для одного направления. Тепло можно сохранять в твердых материалах, таких как бетон или камень, или в жидкостях, таких как горячее масло (до 300 °С) или расплавленные солевые растворы (600 °С). Хранение тепла в горячей воде может дать КПД около 65 %. Одним из основных недостатков является низкая эффективность, причина в том, что температура воздуха увеличивается при его сжатии и уменьшается, когда воздух высвобождается и расширяется в процессе использования. В процессе сжатия воздуха часть сберегаемой энергии теряется в виде тепла, и перед расширением его необходимо повторно нагреть для обеспечения стабильного процесса и повышения производительности, в этом случае обычно используется природный газ в качестве источника тепла для нагрева воздуха, что приводит к снижению эффективности хранения энергии. Другими возможными недостатками являются необходимость в крупных хранилищах газа, определенные геологические условия и зависимость от сжигания ископаемого топлива.[2]

Система хранения энергии на основе водорода применяет разнообразные методы и инструменты для добычи водорода, который затем может быть сохранен и использован. Методы получения водорода включают электролиз воды, возобновляемые источники энергии и газификацию биомассы или топлива, что является наиболее распространенным подходом. Хранение водорода обычно включает использование технологий восстановления топливных элементов, которые приводят выработке водорода и последующему внедрению сеть после переработки в виде электричества, для этого требуются: системы электролиза воды, для электрохимического разложения воды на водород и кислород; система топливных элементов; система хранения водорода и система преобразования электроэнергии. Устройства для электролиза бывают различных типов, включая щелочные электролизеры и полимерно-электролитную мембрану. Единственным побочным продуктом является сливная отработанная вода. Благодаря модульной конструкции, данные системы имеют высокую пиковую мощность: более 10 МВт, для систем высокой

мощности – более 100 МВт час. Они также имеют нулевой саморазряд, что позволяет хранить энергию длительные промежутки времени – около 15 лет. Однако эта система имеет низкую эффективность – около 42 %, что приводит к повышению стоимости электроэнергии в конечной точки.[7]

Еще одна технология, разработанная для сохранения энергии — это магнитное хранение энергии с использованием сверхпроводников, которое является передовой технологией. Она предусматривает сохранение энергии в магнитном поле благодаря прохождению постоянного тока через сверхпроводящую катушку при криогенных температурах. Эта система использует сверхпроводящие катушки, которые могут быть разделены на катушки высокой температуры и катушки низкой температуры. При выборе наиболее подходящей технологии для использования важно учесть как стоимость, так и системные требования. Эта система способна достигать высокой емкости, близкой к показателям, получаемым в маховиках и обычных батареях. Она также обладает высоким уровнем энергоэффективности до 90 %, а также очень долгим сроком службы, достигающим десятков тысяч циклов. Кроме того, эта система способна генерировать или поглощать большое количество энергии за очень короткое время. Однако из-за высокой стоимости системы, капитальные затраты на которую составляют от 1000 до 10 000 долларов за кВт, было создано очень мало таких объектов.[6].

Заключение В свете современных тенденций в области энергетики, химические и электрохимические методы накопления энергии выделяются на фоне других технологий. Они представляют собой наиболее привлекательные варианты для разработки больших систем накопления энергии, способных собирать излишки электроэнергии от возобновляемых источников. Эти системы накопления энергии могут играть ключевую роль в переходе к зеленой энергетике, поскольку они способны аккумулировать избыточную электрическую энергию, производимую возобновляемыми источниками энергии. Однако успешная реализация этих технологий будет зависеть от решения ряда сложных задач. Одной из таких задач является прогресс в области исследований, направленных на обеспечение теплового режима крупных систем накопления энергии. Это важный аспект, поскольку тепловой режим может значительно влиять на эффективность и долговечность этих систем. Они могут помочь сгладить колебания в производстве энергии, вызванные изменчивостью возобновляемых источников и обеспечить стабильное и надежное энергоснабжение в том числе и в системе АПК, как для малых, так и для больших хозяйств, что поможет избежать потерь при передаче электроэнергии на большие расстояния и небаланса сети, который негативно сказывается на оборудовании и конечном продукте. Таким образом, развитие технологий накопления энергии может стать ключевыми элементами зеленой энергетике будущего. Однако для их успешного внедрения потребуются дальнейшие исследования и инновации.

Список источников

- 1.Электричество и хранение энергии. [Электронный ресурс] – URL: <https://ru.dsisolar.com/info/electricity-and-energy-storage-80681909.html>.
- 2.Где хранить энергию? Шахта, соль ,песок и другие способы хранения энергии. [Электронный ресурс] – URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/gde-khranit-energiiu-shakhta-sol-pesok-i-drugie-neobychnye-sposoby>.
- 3.Арутюнян А. А. Основы энергосбережения / А.А. Арутюнян. - М.: Энергосервис, 2016. - 600 с.
- 4.Сибикин Ю. Д. Альтернативные источники: / Ю.Д. Сибикин,. – М.: РадиоСофт, 2014. - 248 с.
- 5.Накопительная гидроэлектростанция [Электронный ресурс] – URL: https://ru.wikibrief.org/wiki/Pumped-storage_hydroelectricity
6. Мухаметова Л.Р., Ахметова И.Г., Стриелковски В. Инновации в области хранения энергии / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2016 Т21 №4 С 33-40.
- 7.Kravchenko E.V. Overview of Modern Energy Storage Technologies, 'Kompetentnost' / Competency (Russia), 2023, no. 1, pp. 33–38.

©Аникеев С.В., Коннов Н.О. , Богданов С.И., 2024

УДК 631.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ПРОГРАММЕ SIMINTECH

Виктория Сергеевна Афанасьева¹, Николай Сергеевич Баракин²

¹ ФГКОУ Ставропольское президентское кадетское училище

² ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина

¹ [e-mail: avs_25@mail.ru](mailto:avs_25@mail.ru).

² barakin85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5086-2360>

Аннотация. В статье приводятся этапы разработки имитационной модели, которая применяется для проверки корректности определения мощности солнечной панели и ёмкости аккумулятора в независимой солнечной энергетической системе с учётом поддержания энергетического равновесия при заданных условиях работы. В процессе эксплуатации солнечной энергетической системы имитационное моделирование позволяет оценить выходные энергетические параметры солнечной электростанции, например, при временном режиме перегрузки, отличающемся от номинального.

Ключевые слова: солнечная панель, аккумулятор, освещенность, инвертор, график нагрузки.

Для цитирования: Афанасьева В.С. Анализ развития роботизации процессов сельскохозяйственного производства / В.С. Афанасьева, Н. С. Баракин // II Национальная научно-практическая конференция с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

SIMULATION OF A SOLAR POWER PLANT IN THE SIMINTECH PROGRAM

Victoria Sergeevna Afanasyeva¹, Nikolai Sergeevich Barakin²

¹FGKOU Stavropol Presidential Cadet School

²Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

¹ e-mail: avs_25@mail.ru.

² barakin85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5086-2360>

Annotation. The article describes the stages of developing a simulation model that is used to verify the correctness of determining the power of a solar panel and battery capacity in an independent solar energy system, taking into account the maintenance of energy equilibrium under specified operating conditions. During the operation of a solar energy system, simulation modeling allows you to estimate the output energy parameters of a solar power plant, for example, under a temporary overload regime that differs from the nominal one.

Keywords: solar panel, battery, illumination, inverter, load graph.

For citation: Afanasyeva V.S. Analysis of the development of robotization of agricultural production processes / V.S. Afanasyeva, N. S. Barakin // II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G. P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В наше время во всем мире набирает популярность использование энергоустановок в сельском хозяйстве, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии. Все большее количество сельскохозяйственных процессов оснащается различным электрооборудованием. Так для агрохимического анализа почвы применяется мобильное лабораторное электрооборудование, требующее автономного питания [4, 5]. При разработке электротехнических систем с солнечными батареями стандартным методом для изучения функционирования компонентов энергоснабжения в разных условиях служит имитационное моделирование. Анализ свойств фотоэлемента включает создание его модели, электрически подобной реальной энергетической установке [2]. Идеальный солнечный элемент можно представить как постоянный источник тока I_{pv} , подключённый параллельно диоду (рисунок 1).

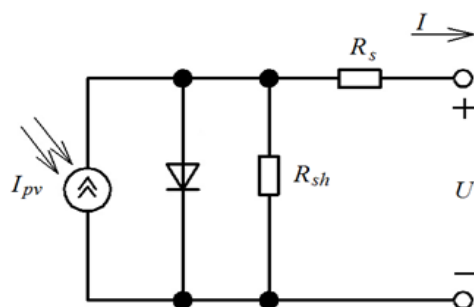


Рисунок 1 – Схема замещения фотоэлемента.

Результатом расчета схемы замещения является крутопадающая внешняя характеристика

Материалы и методы. В настоящее время возможно моделирование сложных электрических систем с использованием специализированного программного обеспечения, такого как Comsol, MathLab и SimInTech. Эти программы позволяют создавать сложные имитационные компьютерные модели. SimInTech даёт возможность создавать имитационные компьютерные модели с применением стандартных блоков, представленных в библиотеке программы в виде принципиальных электрических схем [1]. В статье [3] исследуется моделирование асинхронного ветрогенератора с конденсаторным возбуждением с использованием российского программного комплекса SimInTech. Преимущество этого программного обеспечения заключается в наличии библиотеки графических блоков, соответствующих стандартам ГОСТ, что позволяет моделировать систему энергоснабжения, которая выглядит как электрическая схема, где каждый элемент может быть настроен индивидуально. Так математическая модель фотоэлемента в SimInTech описывается известным уравнением.

$$I = I_{pv} - I_s \left(\exp \left(\frac{U + I \cdot R_s}{N V_t} \right) - 1 \right) - \frac{U + I \cdot R_s}{R_{sh}}$$

где: N – коэффициент, учитывающий разницу, полученную при сравнении теоретической и экспериментальной вольт-амперной характеристиками; I_s – ток насыщения; $V_t = kT/q$ – тепловой потенциал, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура; q – заряд электрона.

Результаты исследования. Имитационная модель (ИМ) в программе SimInTech (рисунок 1) разработана для электроснабжения сельскохозяйственной нагрузки. Для примера использован график нагрузки фермы для содержания коров, а именно работы электрооборудования для реализации процесса дойки коров. Параметры блока фотоэлектрический полупроводниковый элемент (ФЕР) настроен согласно мощности 15 кВт. Для аккумулирования энергии используется электрический аккумулятор (АВ) емкостью 400 Ач. Чтобы реализовать выходное напряжение на солнечной панели 48 В в ИМ используется 24 фотоэлементов. Нагрузка (Load) подключена через инвертор (INV) который представляет собой однофазный мостовой преобразователь, управляемый блоком генератором широтно-импульсной модуляции (PWM) настроенный на

выходную частоту модуляции 50 Гц с коэффициентом заполнения 0,999 и несущей частотой 1000 Гц.

Изменение светового режима в течении дня реализован с помощью блока кусочно- постоянная S1 в виде ломанной функции. Индуктивно емкостной фильтр L1 и C1 на выходе позволяет снизить уровень гармонических составляющих напряжения. График нагрузки (Load) реализован функцией кусочно постоянной R. В SimInTech в базе данных сигналов записываются данные RFPPP с блока R (рисунок 2). Адрес полученных данных записывается в блок Load.

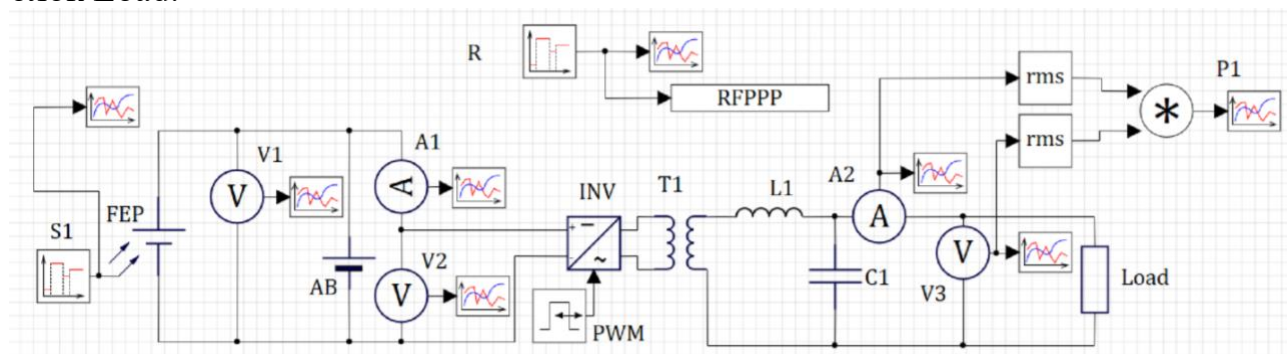


Рисунок 1 — Система электроснабжения предприятия АПК с использованием ВИЭ выполненная в виде имитационной модели в программе SimInTech

Максимальное потребление появляется в момент включения доильных аппаратов – мощность 5 кВт (сопротивление нагрузки 9 Ом), в течении суток возможно включение другого электрооборудования – системы освещения, электроинструмент и нагревательные установки. ИМ позволяет рассмотреть электрические параметры солнечной электростанции в условиях переменной нагрузки. В результате моделирования видно что в течении суток отсутствуют срывы электроснабжения и при изменении нагрузки от 100 Вт до 5 кВт выходное напряжение варьируется от 224 В до 218 В (рисунок 3).

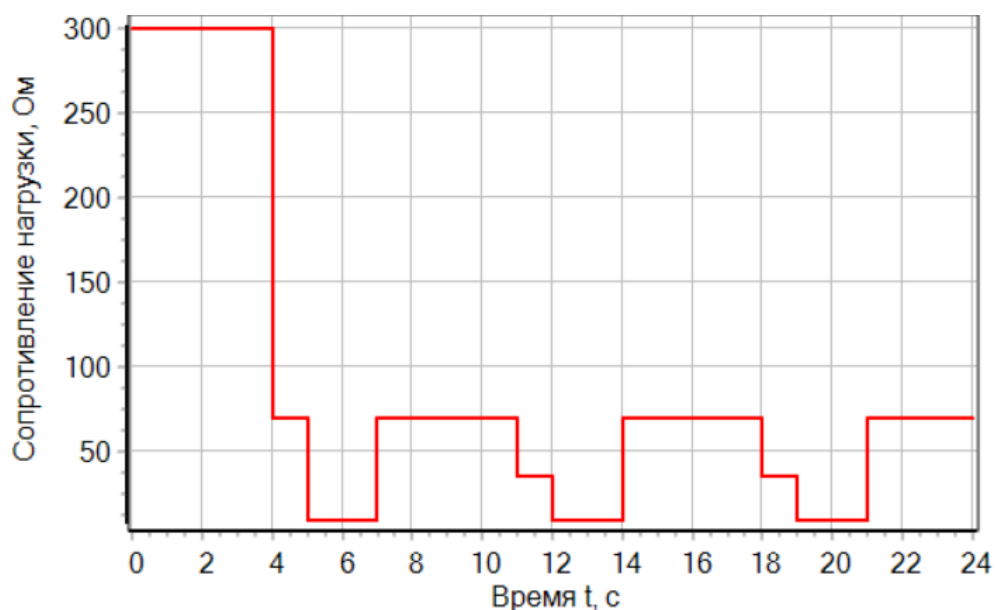


Рисунок 2 — Временной график изменения сопротивления нагрузки

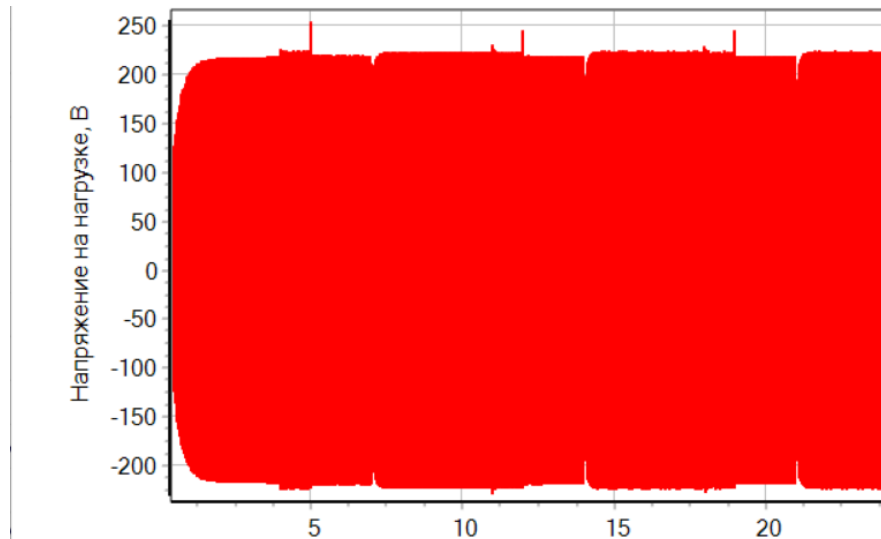


Рисунок 3 — Временной график изменения напряжения на нагрузке

Заключение. Таким образом компьютерная модель позволяет рассматривать солнечную электростанцию с учетом изменения освещенности в течении суток, режима работы АКБ и изменением нагрузки. То есть имитировать реальную работу солнечной электростанции. Разработчик реальной энергетической системы с солнечными панелями может оценить её работу на стадии проектирования и продемонстрировать результаты заказчику. Это дает возможность рассмотреть работу АКБ и заложить необходимую емкость. Так при изменяющейся переменной нагрузке от 100 Вт до 5 кВт в течении суток достаточно использовать солнечные панели мощностью 15 кВт и АКБ емкостью 400 Ач. При этом наблюдается устойчивое электроснабжение электрооборудования – напряжение на нагрузке не превышает 224 В и не падает ниже 218 В.

Список источников

1. Калачев, Ю.Н. Моделирование в электроприводе. – М. : ДМКПресс, 2021. – 106 с. ил.
2. Колосов, Р.В. Моделирование солнечных батарей / Интеллектуальная электротехника. – 2019. – № 2. – С. 85-93.
3. Моделирование ветроэнергетической установки в программе SimInTech / Н. С. Баракин, С. В. Оськин, Д. А. Овсянников, Д. А. Таранов // Сельский механизатор. – 2023. – № 5. – С. 35-37. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-5-35-36-37.
4. Патент № 2525080 С1 Российская Федерация, МПК E02D 1/04, G01N 1/04. Устройство для отбора почвы : № 2013130569/03 : заявл. 02.07.2013 : опубл. 10.08.2014 / Н. И. Богатырев, В. И. Терпелец, Н. С. Баракин, Е. Е. Баракина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".
5. Терпелец, В. И. Мониторинг гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, Е. Е. Баракина, Ю. С.

Плитинь // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика : материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова, Ставрополь, 25–26 сентября 2013 года. – Ставрополь: Параграф, 2013. – С. 215-218.

© Афанасьева В.С., Баракин Н. С., 2024

Научная статья
УДК 621.313

ПРОПИТКА И СУШКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Афонькина Валентина Александровна¹, Гусейнов Руслан Тофикович², Левинский Василий Николаевич³

^{1,2,3}Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк, Россия.

¹afva82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9743-5278>

²ruslan-ural8@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-4784-4249>

³lv_74rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9778-3168>

Аннотация. В статье проведен анализ существующих методов пропитки, используемых в зависимости от типа обмоток и габаритов электрической машины. Установлено, что несмотря на достигнутый прогресс в области технологий пропитки, который привел к улучшению многих характеристик электрических машин и увеличению их срока службы, в настоящее время существует ряд вопросов, связанных с пропиткой и сушкой, которые требуют дальнейших исследований и разработок.

При проведении капитального ремонта электрических машин одной из неотъемлемых операций является процесс пропитки обмоток и их сушка. Пропитка обмоток представляет собой важное технологическое действие, заключающееся в заполнении или покрытии обмоток специальными изоляционными составами с целью обеспечения их надежной защиты и изоляции. Этот процесс имеет первостепенное значение для обеспечения долговечности и безопасности работы электрических машин. Пропитка и сушка обмоток позволяет улучшить изоляционные свойства и устойчивость к воздействию влаги, вибрации, тепловых и химических воздействий. Таким образом, этот процесс играет ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности работы электротехнического оборудования. Пропитка обмоток выполняется с применением специальных изоляционных и пропитывающих материалов, выбор которых зависит от типа и условий эксплуатации конкретного оборудования. Этот процесс требует строгого соблюдения технологических регламентов и нормативов, а также контроля за качеством исполнения операции.

Существуют классические технологии сушки элементов электрооборудования, однако инфракрасный способ сушки на сегодняшний день является перспективным, ввиду появления новых генераторов ИК-излучения и новых способов расчета сушильных камер, способных обеспечить снижение энергетических затрат при сохранении качества изоляционного материала.

Ключевые слова: пропитка, сушка, электрическая машина, пропиточные материалы, методы пропитки, обмотка, изоляция.

Для цитирования: Афонькина В.А. Пропитка и сушка электрооборудования / В.А. Афонькина, Р.Т. Гусейнов, В.Н. Левинский // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Scientific article

IMPREGNATION AND DRYING OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Afonkina Valentina Alexandrovna¹, Huseynov Ruslan Tofikovich², Levinsky Vasily Nikolaevich³

^{1,2,3} South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia.

¹afva82@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9743-5278>

²ruslan-ural8@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-4784-4249>

³lv_74rus@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9778-3168>

Annotation. The article analyzes the existing impregnation methods used depending on the type of windings and dimensions of the electric machine. It has been established that despite the progress made in the field of impregnation technologies, which has led to improvements in many characteristics of electric machines and an increase in their service life, there are currently a number of issues related to impregnation and drying that require further research and development.

When carrying out major repairs of electric machines, one of the essential operations is the process of impregnating the windings and drying them. Impregnation of the windings is an important technological action consisting in filling or coating the windings with special insulating compounds in order to ensure their reliable protection and insulation. This process is of paramount importance to ensure the durability and safety of electrical machines. Impregnation and drying of the windings improves the insulation properties and resistance to moisture, vibration, thermal and chemical influences. Thus, this process plays a key role in ensuring the reliability and safety of electrical equipment. The impregnation of the windings is performed using special insulating and impregnating materials, the choice of which depends on the type and operating conditions of the specific equipment. This process requires strict compliance with technological regulations and standards, as well as control over the quality of the operation.

There are classical technologies for drying electrical equipment elements, but the infrared drying method is promising today, due to the emergence of new IR

radiation generators and new methods for calculating drying chambers that can reduce energy costs while maintaining the quality of the insulating material.

Keywords: impregnation, drying, electric machine, impregnating materials, impregnation methods, winding, insulation.

For citation: Afonkina V.A. Impregnation and drying of electrical equipment / V.A. Afonkina, R.T. Huseynov, V.N. Levinsky // Actual problems of agro-industrial complex energy: materials of the II National Conference with international participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение Процессу пропитки электрических обмоток всегда предшествует этап сушки, которая необходима для удаления влаги из обмоток, а также для снятия внутренних напряжений в изоляции проводов, которые обязательно возникают при намотке проводников в виде катушек. Этот этап сушки играет важную роль в обеспечении качества изоляции и стабильной работы электрических систем, поскольку влага и внутренние напряжения могут негативно сказываться на работоспособности и надежности обмоток. После пропитки, изделия подвергаются процессу сушки для удаления растворителя и обеспечения отвердевания поверхности лаков. Это важный этап, направленный на обеспечение стабильных физико-химических свойств изоляционных материалов и обеспечение их долговечности в условиях эксплуатации. Процесс сушки обеспечивает устойчивость и надежность изоляционных материалов, что является ключевым аспектом в обеспечении рабочей надежности электротехнического оборудования [1, 2].

Материалы и методы. Обеспечение надежности электрических машин при их создании или выполнении капитального ремонта является одним из важнейших аспектов в области электротехники. Это требует не только совершенствования пропиточных материалов, но и применения оптимальных методов пропитки, обеспечивающих наивысшее качество изготавливаемых электродвигателей.

Результаты исследования. На рисунке 1 представлены методы пропитки, используемые в зависимости от типа обмоток и габаритов электрической машины [2].

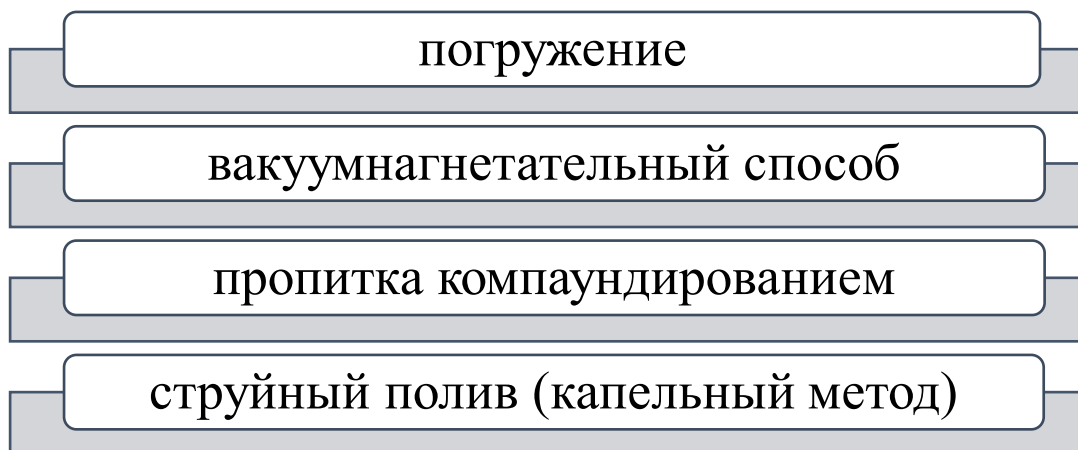


Рисунок 1 – Способы пропитки обмоток электрических машин.

Как видим из информации, представленной на рисунке 1, существует несколько основных способов пропитки обмоток электрических машин, каждый из которых имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Осуществление выбора и применение конкретного метода пропитки обмоток производится с учетом технических особенностей конкретного типа машины, ее характеристик и условий эксплуатации. Погружение обмоток в пропиточный состав, вакуумный способ, пропитка компаундированием или струйный полив представляют собой различные подходы к обеспечению обмоток электрических машин высококачественной и эффективной изоляцией. Сравнительный анализ этих методов позволяет выявить их эффективность и применимость в различных условиях эксплуатации [3-5].

Один из методов пропитки обмоток статора электрических машин представляет собой его погружение в пропиточный состав с последующей сушкой в печи. Этот способ довольно прост и часто применяется в производственных условиях. Однако данному методу присущ ряд недостатков, которые ограничивают его эффективность и безопасность при использовании.

Во-первых, слабое проникновение лака в обмотку является серьезным недостатком данного метода. Это особенно заметно при использовании проводов малого диаметра, когда проникновение пропиточного состава внутрь обмотки может быть недостаточным для обеспечения надежной защиты и изоляции. Во-вторых, высокая пожаровзрывоопасность и загазованность также составляют серьезные недостатки данного метода пропитки. Пожарные риски могут возникать в связи с использованием пропиточных материалов, которые могут быть легковоспламеняющимися, а также в результате высоких температур, необходимых для процесса сушки в печи. Также следует отметить низкую производительность данного метода, которая связана с необходимостью проведения процесса погружения и сушки в печи, либо в сушильной камере, что требует значительного времени и ресурсов. На сегодняшний день ведутся исследования в области инфракрасной сушки, как наиболее перспективного, ввиду появления новых генераторов ИК-излучения и новых способов расчета сушильных камер, способных обеспечить снижение энергетических затрат при сохранении качества изоляционного материала, что тоже будет рассмотрено нами в дальнейших исследованиях [6-9].

Однако на сегодняшний день, учитывая перечисленные недостатки, метод пропитки, основанный на погружении статора в пропиточный состав с последующей сушкой, нельзя назвать оптимальным с точки зрения эффективности и безопасности [9].

Струйный полив, или капельный метод пропитки, осуществляется орошением обмоток изоляционным составом с помощью специальных устройств. Однако этот метод пропитки сопровождается рядом особенностей, которые следует учитывать при его применении.

При капельной пропитке, поскольку отсутствует растворитель, пропиточный состав заполняет паз обмотки практически полностью. Это создает монолитную структуру паза, что способствует усилению изоляции и защите

проводников от внешних воздействий. Однако следует отметить, что при этом методе существует вероятность непопадания пропиточного состава между пазовой изоляцией и пакетом статора в пазу, что может снижать эффективность защиты и изоляции. Обмотка статора, пропитанная капельным методом, не представляет собой упорядоченную структуру, а скорее имеет многочисленные перекрестные проводники. Это может затруднять проникновение пропиточного состава внутрь обмотки, особенно в местах перекрестий, что снижает полноту пропитки и эффективность защиты проводников. Как видим, хотя капельная пропитка позволяет создать монолитную структуру паза и повысить степень защиты обмотки, метод сопряжен с некоторыми недостатками, такими как возможное непопадание пропиточного состава в некоторые области обмотки и сложность пропитки упорядоченной структуры обмотки из-за перекрещивания проводников.

Технология компаундирования представляет собой способ пропитки обмоток электрических машин жидким битумом или смесью битума, масла и канифоли. Процесс компаундирования происходит в специальных котлах, также известных как автоклавы, обладающих двойными стенками, между которыми циркулирует пар или нагретое масло для обогрева. Котел связан трубами с другим резервуаром, в котором находится компаундная масса. Обмотки, подлежащие компаундированию, помещают в корзины, которые загружаются в автоклав и герметически закрываются крышкой. Процесс компаундирования включает в себя несколько этапов, начиная с сушки обмоток при атмосферном давлении, затем переходя к подаче вакуума, создаваемого с помощью вакуумного насоса в автоклаве, и заканчивая пропиткой обмоток компаундом под давлением. Для этого после всасывания компаундной массы под воздействием вакуума в автоклав подается сжатый воздух. Описанный процесс компаундирования имеет свои преимущества и недостатки. Среди преимуществ следует отметить эффективное проникновение компаунда внутрь обмоток под давлением, что способствует надежной защите проводников. Кроме того, этот метод позволяет обеспечить равномерное распределение изоляционного материала внутри обмоток. Как видим, этот метод обладает высокой эффективностью, однако может быть менее универсальным из-за специфики используемых материалов.

Наиболее распространенным методом пропитки изоляции обмоток электрических машин является применение компаунда, эффективность которого подтверждена десятилетиями производственной и эксплуатационной практики. Один из вариантов этого метода - вакуумно-нагнетательный процесс, который используется для удаления воздуха из капиллярно-пористой структуры изоляционной конструкции и последующее заполнение ее пропиточным составом под действием избыточного давления, создаваемого инертными газами. Основной целью вакуумно-нагнетательного процесса пропитки является удаление воздуха из капиллярной структуры изоляции. Глубокая вакуумация обмотки позволяет удалить воздух из ее пор, что способствует повышению проницаемости материала для пропиточного состава. Следующим этапом

является нагнетание пропиточного состава под давлением, созданным инертными газами. Этот процесс приводит к тому, что пропитываемый материал проникает внутрь изоляции, заполняя ее поры и обеспечивая равномерное покрытие обмотки [4].

Преимущества этого метода включают высокую степень проникновения пропиточного состава внутрь обмотки, что способствует созданию равномерной и надежной изоляции проводников. Это не только улучшает электрические характеристики обмоток, но также повышает их устойчивость к внешним воздействиям. Однако вакуумно-нагнетательный процесс также имеет свои недостатки. В частности, он требует специального оборудования для создания вакуума и для нагнетания пропиточного состава. Кроме того, этот метод может быть затратным и требовать длительного времени для проведения процесса пропитки.

Однако, как показывают исследования [10], правильно подобранные технологические параметры вакуум-нагнетательной пропитки (ВНП) способны обеспечить содержание компаунда в системах изоляции, основанных на непропитанных лентах, на уровне примерно 38-42%. Кроме того, ВНП демонстрирует способность к дополнительному насыщению систем изоляции, в случае предварительно пропитанных лент, в среднем на 4-6%. Это обстоятельство предопределяет возможность формирования монолитных изоляционных структур с высокими функциональными свойствами. Эти результаты говорят о значительных преимуществах использования ВНП в процессе пропитки изоляционных конструкций. В частности, высокое содержание компаунда обеспечивает улучшенную защиту проводников и повышенную надежность изоляции. Дополнительное насыщение систем изоляции при использовании предварительно пропитанных лент также является важным фактором, способствующим формированию стабильных и высокопрочных изоляционных структур. Эти результаты открывают перспективы для развития и совершенствования методов ВНП с целью обеспечения еще более эффективного проникновения компаунда в изоляцию и повышения функциональных свойств изоляционных материалов.

Заключение. Таким образом, несмотря на достигнутый прогресс в области технологий пропитки, который привел к улучшению многих характеристик электрических машин и увеличению их срока службы, в настоящее время существует ряд вопросов, связанных с пропиткой, которые требуют дальнейших исследований и разработок.

Список источников

1. Емелин А. В., Зименский А. С. Пропитка обмоток электрических машин мощностью до 15 кВт // Евразийское Научное Объединение. 2020. № 8-2(66). С. 102-104.
2. Кучеренко Д. Е., Трифонов Д. К. Сушка статорных обмоток электродвигателей сельскохозяйственного назначения // Уральский научный вестник. 2023. Т. 2, № 2. С. 64-66.

3. Применение термопластичных полимеров при создании аксиального синхронного электродвигателя для агрессивных сред / А. И. Власовский, Д. М. Ахмелкин, Д. В. Андреев [и др.] // Электронные информационные системы. – 2023. – № 4(39). – С. 65-73. – EDN XJJAUU.
4. Боннет, Я. В. Анализ показателей работы асинхронного двигателя в процессе загрузки / Я. В. Боннет, А. Ю. Логинов, А. Ю. Прудников // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России : Материалы IV международной научной конференции, Красноярск, 23–24 ноября 2023 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2024. – С. 22-27. – EDN GSENBQV.
5. Гусейнов, Р. Т. Зависимость скорости изнашивания элементов подшипниковых узлов от действующих факторов / Р. Т. Гусейнов, Е. В. Бабыкин // Достижения науки - агропромышленному производству : Материалы LII международной научно-технической конференции, Челябинск, 24–26 января 2013 года. Том Часть V. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013. – С. 155-158. – EDN UJOJOX.
6. К вопросу разработки методики оценки сушильных установок с применением тепловизора / В. М. Попов, В. А. Афонькина, В. Н. Левинский, И. В. Новик // Актуальные вопросы агроинженерных наук в сфере технического сервиса машин и энергетики: теория и практика : Материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции Института агроинженерии, Челябинск, 06–09 декабря 2022 года / Под редакцией Н.С. Низамутдиновой. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 244-251. – EDN JYPTGA.
7. Левинский, В. Н. К вопросу выбора пленочных электронагревателей как элемента конструкции сушильных установок / В. Н. Левинский // Актуальные вопросы агроинженерных наук в сфере энергетики агропромышленного комплекса: теория и практика : Материалы национальной научной конференции Института агроинженерии, Челябинск, 10–13 марта 2020 года / Под редакцией С.А. Гриценко. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2020. – С. 93-99. – EDN HWDUAZ.
8. Designing the infrared drying machines of cylindrical type with an active reflector / V. Popov, V. Afonkina, V. Levinskii [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol. 403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012008. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012008. – EDN UWFNTR.
9. Левинский, В. Н. Исследование характеристик ИК-излучателей / В. Н. Левинский // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VIII международной научно-практической конференции, Саратов, 01–30 апреля 2017 года. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. – С. 148-150. – EDN ZQZBGV.
10. Ванчиков В.Ц. Электрическая изоляция обмоток тяговых двигателей локомотивов//Вестник ВНИИЖТ. 2006. №2. С. 41-43.

©Афонькина В.А., Гусейнов Р.Т. , Левинский В.Н., 2024

Научная статья
УДК 621.314.263

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ПИТАЮЩУЮ СЕТЬ

Сергей Мударисович Бакиров¹, Всеволод Михайлович Абрамов²

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²ПАО «Россети Волга», г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²<mailto:Sewal@inbox.ru>

Аннотация. В статье поднимается проблема обширного использования зарядных станций ускоренного заряда аккумуляторов. Рассматриваются результаты статистического анализа уровня напряжения сети и потребляемой мощности при моделировании сети электроснабжения поселка, в котором используются зарядные станции для ускоренного заряда аккумуляторных батарей электромобилей в вечернее время суток.

Ключевые слова: электромобиль, электрическая сеть, уровень напряжения, потребляемая мощность, зарядная станция.

Для цитирования: Бакиров С.М. Оценка влияния станций для заряда аккумуляторных батарей электромобилей на питающую сеть / С.М. Бакиров, В.М. Абрамов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF STATIONS FOR CHARGING ELECTRIC VEHICLES BATTERIES ON THE SUPPLY NETWORK

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Vsevolod Mikhailovich Abramov²

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia

²PJSC Rosseti Volga, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²<mailto:Sewal@inbox.ru>

Annotation. The article raises the problem of the extensive use of charging stations for accelerated battery charging. The results of a statistical analysis of the network voltage level and power consumption when modeling the power supply network of a village in which charging stations are used to accelerate the charging of electric vehicle batteries in the evening are considered.

Key words: electric vehicle, electrical network, voltage level, power consumption, charging station.

For citation: Bakirov S.M. Assessment of the influence of stations for charging batteries of electric vehicles on the power supply network / S.M. Bakirov, V.M. Abramov // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Тенденция стремительного роста электромобилей (Electric Vehicle) наблюдается каждый год, средний показатель роста составляет около 30% в год. В Российской Федерации активно реализуются программы по реализации всероссийской программы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта следующими компаниями: ПАО «Россети» и ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» [1].

При реализации зарядной инфраструктуры в РФ электромобили следует относить к особому виду потребителей в электроэнергетической системе, включая полностью электрические транспортные средства и подключаемые гибридные электромобили. Вместе с этим электрические сети РФ развиваются, следуя мировым тенденциям к автоматизации и объединению производителей и потребителей электроэнергии в единую интеллектуальную сеть (Smart Grid), подключение электромобилей может оказать серьезное влияние на будущую интеллектуальную сеть [2].

Активное использование электромобилей и ускоренное развитие технологий быстрой зарядки аккумуляторных батарей (АКБ) для них в ближайшей перспективе может привести не только к резкому увеличению потребления электроэнергии, но и к значительным пиковым нагрузкам на энергетическую систему. Такое прогнозирование требует разработки научно-обоснованных решений, связанных с развитием технических средств, устройств генерирующих мощностей, совершенствованием распределительных сетей [3].

Результаты исследований. Рассмотрим на примере смоделированной сети поселка, в котором жильцы используют электромобили. Определим значения потребляемой мощности по часам в течении суток и уровень напряжения при резком увеличении потреблении электроэнергии для заряда АКБ, причем зарядные станции ускоренного заряда (рисунок 1).

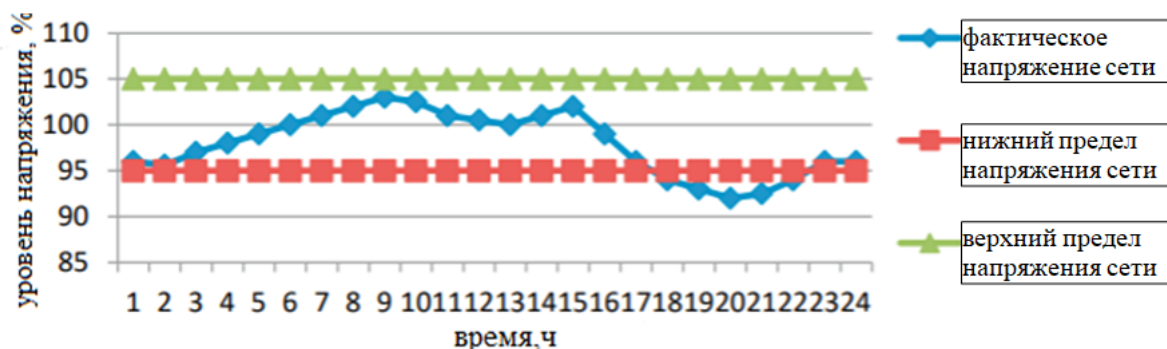


Рисунок 1- Изменение фактического напряжения сети в течение суток

При подключении электрических транспортных средств к общей сети на рисунке видно, что действие зарядных станций [4] приводит к ряду негативных фактов для всей энергетической системы:

1. Токи заряда в 1-5 кА высокой частоты изнашивают материал проводников, которые не рассчитаны на такие токи. Вследствие изменения кристаллической решетки проводников изменяется (увеличивается) сопротивление энергообъектов (обмотки трансформатора, аппаратов распределительных устройств и т.п.). Это приводит к увеличению расчетного тока короткого замыкания, смещения уставок аппарат защит и т.п.

2. Уровень напряжения в общей сети падает ниже допустимого регулируемого предела во временном промежутке подключения зарядных станций ускоренного заряда (рисунок 1, промежуток времени от 18:00 до 22:00).

3. Образование дефицита мощности в промежутки времени заряда АКБ при одновременном включении в сеть (рисунок 2).

4. Ускоренное старение и преждевременный выход из строя электрооборудования питающей сети как на стороне 0,4 кВ так и на стороне 10 кВ.

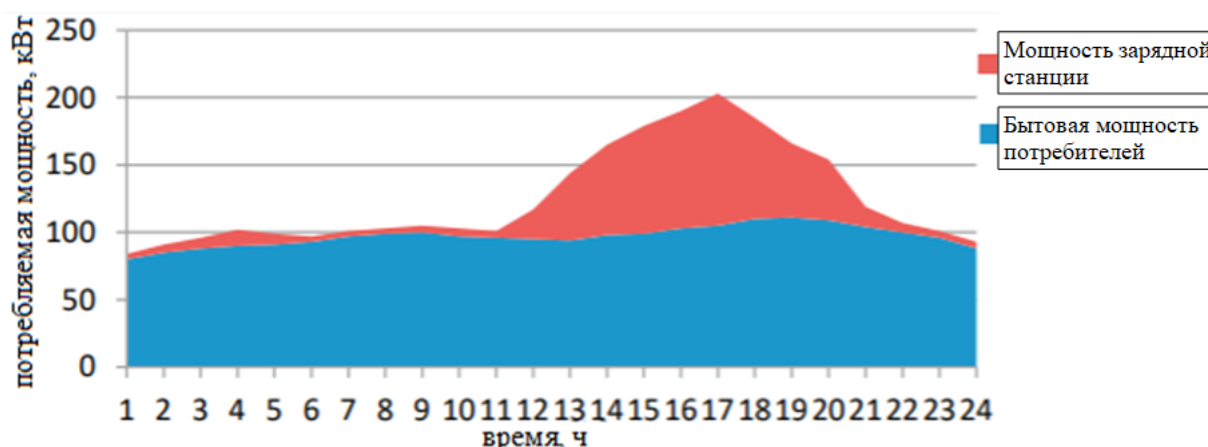


Рисунок 2 – Образование дефицита мощности для потребительской трансформаторной подстанции 160 кВА с зарядными станциями

На рисунках 1 и 2 представлена оценка изменения параметров сети (напряжения и потребляемой мощности) при подключении к ним устройств ускоренного заряда АКБ электромобилей, которые требуют в режиме заряда формирование тока высоких значений высокой частоты. Это вызывает существенное изменение параметров сети, которое негативно сказывается как на оборудовании так и на показателях качества электрической энергии.

Заключение. Статистический анализ при моделировании режимов работы сети с уникальной нагрузкой в виде зарядной станции показывает, что в будущем увеличение количества зарядных станций и одновременное подключение к ним электромобилей для заряда АКБ в одно и тоже время существенно снижает эксплуатационные показатели сети за счет резкого превышения потребляемой мощности от номинальной мощности подстанционного оборудования, падения уровня напряжения сети в промежутки времени заряда, ускоренного старения

оборудования. Такое положение требует создания решений регулирования времени заряда, создания тарифов на конкретные промежутки времени заряда АКБ электромобилей и разработки новых способов и технических средств заряда АКБ.

Список источников

1. ПАО «Россети». Зарядная инфраструктура для электротранспорта. [Электронный ресурс] URL: https://rossetimr.ru/спец_projects/moesk_ev/#span1 (дата обращения: 26.05.2024).
2. Chaudharu K., Kandasamy N.K., Krishan A., Ukill A., Gooi H. B. Agent Based Aggregated Behavior Modelling For Electric Vehicle Charging Load// IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol.15, no 2, 2019. pp 856-868. doi 10.1109/TII.2018.2823321.
3. A. Zhuk, E. Buzoverov, The impact of electric vehicles on the outlook of future energy system, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 315, pp. 1-10, 2018.
4. Dulăua L.I., Bică D. Effects of Electric Vehicles on Power Networks// 13th International Conference Interdisciplinarity in Engineering. Romania, 2020. pp. 370-377.

© Бакиров С.М., Абрамов В.М. 2024

Научная статья
УДК 62.523

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ РОБОТА ПЫЛЕСОСА ЗЕРНОСКЛАДА

Сергей Мударисович Бакиров¹, Александр Сергеевич Грачев², Рамиль Шамилевич Рамазанов³, Илья Алексеевич Блинов⁴

^{1,2,3,4}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²grachev-as@mail.ru

Аннотация. В статье приведен анализ взаимосвязи узлов промышленного робота пылесоса для уборки зерноскладов. Рассмотрены основные параметры вакуумной системы. Выделена зависимость давления вакуумной системы от действующей площади сопла всасывающего раструба, объема вакуумной системы, включая камеру сбора мусора, а также мощности электродвигателя вакуумного насоса. Представлен график зависимости давления от энергопотребления.

Ключевые слова: робот-пылесос зерносклада, вакуумная система, электродвигатель вакуумного насоса, баланс энергопотребления робота, запас энергии аккумуляторной батареи.

Для цитирования: Бакиров С.М. Обоснование параметров вакуумной системы робота пылесоса зерносклада / С.М. Бакиров, А. С. Грачев, Р. Ш. Рамазанов, И.А. Блинов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE VACUUM SYSTEM OF THE ROBOT VACUUM CLEANER OF THE GRAIN STORAGE

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Alexander Sergeevich Grachev², Ramil Shamilevich Ramazanov³, Ilya Alekseevich Blinov⁴

^{1,2,3,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²grachev-as@mail.ru

Annotation. The article provides an analysis of the relationship between the components of an industrial robot vacuum cleaner for cleaning grain warehouses. The main parameters of the vacuum system are considered. The dependence of the pressure of the vacuum system on the effective area of the suction bell nozzle, the volume of the vacuum system, including the waste collection chamber, as well as the power of the vacuum pump electric motor is highlighted. A graph of pressure versus energy consumption is presented.

Key words: robot vacuum cleaner of a grain warehouse, vacuum system, electric motor of a vacuum pump, balance of robot energy consumption, battery energy reserve.

For citation: Bakirov S.M. Justification of the parameters of the vacuum system of a robot vacuum cleaner for a grain warehouse / S.M. Bakirov, A. S. Grachev, R. Sh. Ramazanov, I.A. Blinov // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Повышение конкурентоспособности фермерского товарного зерна за счет использования различных способов является одной из приоритетных направлений деятельности сельхозтоваропроизводителей. Известно, что цены на зерно растут весной, поэтому фермеры используют специальные склады - зернохранилища, ведь зерно это продукт имеющий тенденцию портиться. Однако после продажи всего зерна склад нужно очищать от остатков зерна,

пыли, камней и прочего мусора, чтобы избавиться от рисков прорастания остатков зерна, их гниения, поедания грызунами и возможности попадания в урожай следующего года (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – зернохранилище и его поверхность пола, которую необходимо очищать

Ручная уборка зернохранилищ имеет ряд серьезных недостатков, в первую очередь это вред для здоровья человека. Из-за создания пылевого облака из мелких частиц страдают органы дыхания, обоняния и зрения работников. Возникает риск возникновения аллергических и хронических заболеваний в данных условиях труда. Это приводит к тому, что данную работу следует выполнять механизированным способом, используя робота пылесоса.

Механизированная уборка общедоступным оборудованием невозможна в силу ограниченной функциональности агрегатов – бытовых или строительных роботов пылесосов, а именно низкая проходимость и малые объем мусоросборника общедоступных роботов-пылесосов, необходимость присутствия оператора при работе с ручным пылесосом.

Целью данной работы является обосновать параметры вакуумной системы робота-пылесоса с учетом требований к уборке помещения зерносклада.

Результаты исследований. Разработка вакуумной системы робота пылесоса заключается в создании такой системы, которая в совокупности позволит учесть все факторы производственной эксплуатации робота. На первом этапе необходимо задаться площадью зерносклада, на основании которой можно определить объем бака накопителя отходов робота, как составляющего вакуумной системы (рисунок 1).

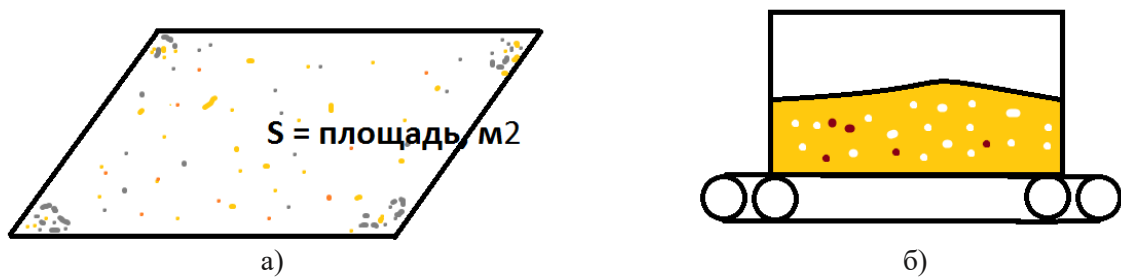


Рисунок 1 – Основные параметры робота-пылесоса: а) площадь зерносклада; б) внешний вид робота с баком отходов

На следующем этапе необходимо задать алгоритм перемещения робота по зерноскладу с целью тщательной уборки всей поверхности помещения, а также систему навигации с возможностью ориентации в пространстве на основе лидара [2] с учетом наименьших энергозатрат (рисунки 2 и 3).

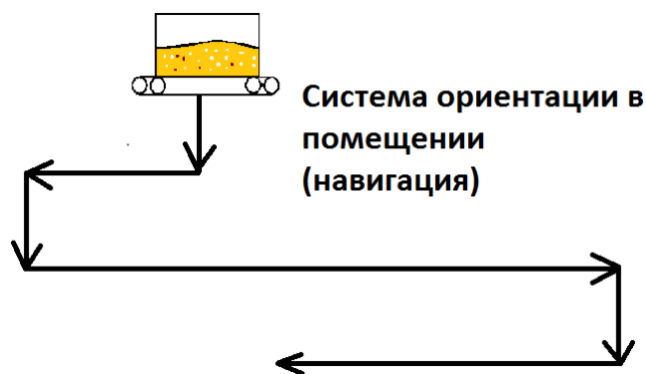


Рисунок 2 – Визуализация алгоритма перемещения робота по зерноскладу



Рисунок 3 – Визуализация оптимизации затрат энергии на перемещение

При перемещении по зерноскладу следует также учесть возможность оптимального сброса отходов, исключающий перерасход энергии аккумуляторной батареи при перемещении в загруженном состоянии (рисунки 4).



Рисунок 4 – Устройство сброса отходов

Вакуумная система робота-пылесоса зерносклада характеризуется подъемной силой частиц. Причем частицы в диаметре могут достигать 5-10 мм как с плотностью зерна до $0,7 \text{ т/м}^3$, так и с плотностью камня бетона, из которого выполнена поверхность пола, $2,0 \dots 2,5 \text{ т/м}^3$ (рисунок 5).

F - подъемная сила, Н

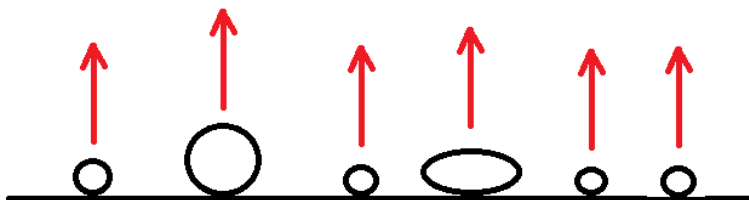


Рисунок 5 – Разнообразие частиц на поверхности зерносклада, которое необходимо убрать

Подъемная сила определяется формой раструба (рисунок 6) и действующей площадью его захвата (рисунок 6, б).

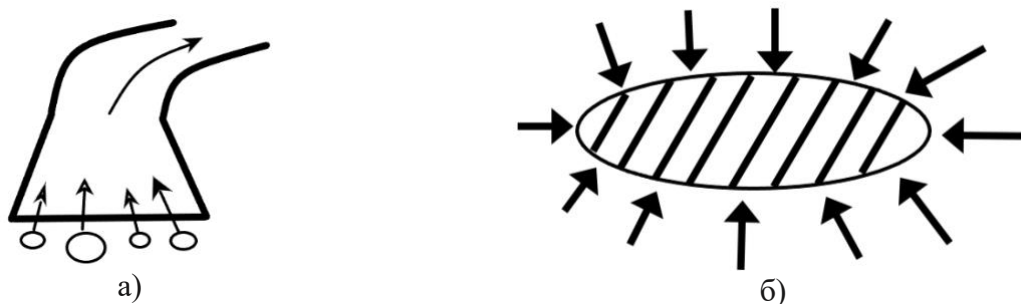


Рисунок 6 – Форма (а) и действующая площадь (б) раструба вакуумной системы

Количественно подъемная сила определяется по 3 закону Ньютона и равна отношению давления вакуума (Па) к действующей площади раструба (м^2). Однако реальная подъемная сила также формируется высотой расположения раструба [3-5] относительно поверхности пола зерносклада h (м), как показано на рисунке 7. Причем чем ближе раструбы к поверхности пола, чем выше подъемная сила и меньше давление вакуума.

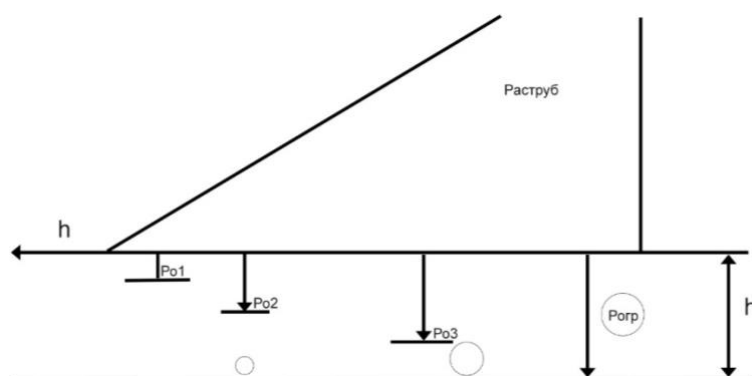


Рисунок 7 – Геометрические параметры вакуумной системы около раструба

Анализ показывает, что давление, создаваемое электродвигателем, обратно пропорционально объему вакуумной системы робота пылесоса и прямопропорционально мощности электрического двигателя

$$p = \frac{P_{эд} t}{2V} = \frac{W_{ээ}}{2V},$$

где p – давление вакуумной системы, Па; $P_{эд}$ – мощность электродвигателя, Вт; V – объем вакуумной системы, м³; $W_{ээ}$ – количество потребленной электроэнергии, кВт*ч.

Представим графическую зависимость создания вакуума от энергопотребления при разном объеме вакуумной системы (рисунок 8).

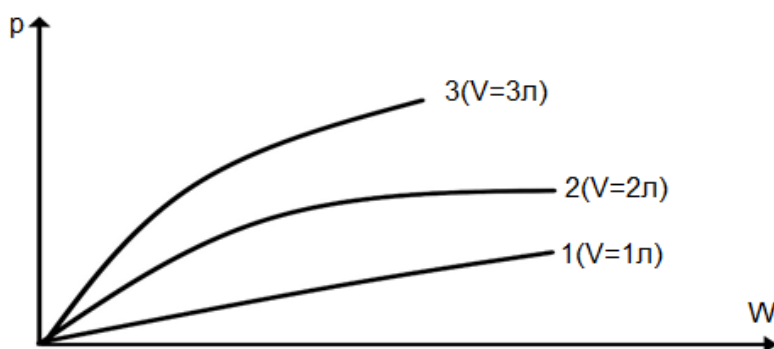


Рисунок 8 – Зависимость давления вакуумной системы от энергопотребления при разном объеме вакуумной камеры

Из рисунка 8 видно, что создание глубокого вакуума около выходного сопла раструба резко зависит от мощности электродвигателя, а также от объема вакуумной системы. Причем объем вакуумной системы складывается из камеры хранения отходов, объема циклонного фильтра для сброса тяжелых частиц объема воздуховода и геометрических параметров раструба, в том числе действующей площади захвата.

Заключение. Разработка вакуумной системы является сложной многокритериальной задачей, требующей научно-технического обоснования связанных между собой технических параметров:

1. В зависимости от размеров площади зерносклада необходимо ограничиться объемом камеры хранения отходов.
2. Провести исследования изменения давления вакуумной камеры от площади выходного сопла раструба при максимальном сборе (90-95%) мусора в действующей площади раструба.
3. Определить мощность электродвигателя вакуумного насоса с учетом потерь вакуума в местах соединения узлов и деталей.
4. Провести исследования зависимости запаса мощности аккумуляторной батареи робота-пылесоса зерносклада с учетом затрат мощности на вакуумную и ходовую систему.
5. Разработать алгоритм оптимального перемещения робота по критерию баланса запаса энергии аккумуляторной батареи и площади уборки зерносклада.

Список источников

1. Липов, А.И. К вопросу модернизации зерноскладов напольного типа хранения. – Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 57-61.
2. Алексеев, В.Л. Перспективы использования строб-лидаров в автономных мобильных роботах / Алексеев В.Л., Горячкин Д.А., Грязнов Н.А., Купренюк В.И., Соснов Е.Н. – Робототехника и техническая кибернетика. 2021. Т. 9. № 2. С. 133-141.
3. Svichkar E. V., Nikulin N. K., Demikhov K. E. Calculation method of pumping characteristics of high-vacuum system with turbomolecular vacuum pump //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2018. – Т. 2007. – №. 1.
4. Demikhov K. E., Ochkov A. A., Gordeeva U. S. Development of calculation method of main parameters of vacuum liquid transportation system //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 387. – №. 1. – С. 012014.
5. Pearson R. E., Atkinson G. M. Teaching vacuum technology using spreadsheet calculations //Proceedings of the 15th Biennial University/Government/Industry Microelectronics Symposium (Cat. No. 03CH37488). – IEEE, 2003. – С. 332-335.

© Бакиров С.М., Грачев А.С., Рамазанов Р.Ш., Блинов И.А.

Научная статья
УДК 62.523

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТА-ПАУКА ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Сергей Мударисович Бакиров¹, Никита Валерьевич Долгов², Ильдар Рафикович Мухамеджанов³, Илья Алексеевич Смоленков⁴

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²rob spider@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты разработки робота паука исследователя параметров растениеводства, который представляет собой самоходное устройство, перемещающееся по обозначенным в программе границам поля для непосредственного определения состояния растений с помощью камер (машинного зрения), а также определения основных параметров окружающей среды.

Ключевые слова: робот-паук исследователь, ходовая часть робота, шаговый двигатель, навигация робота, запас энергии аккумуляторной батареи.

Для цитирования: Бакиров С.М. Определение основных параметров робота-паука исследователя / С.М. Бакиров, Н. В. Долгов, И. Р. Мухамеджанов, И.А. Смоленков // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

DETERMINING THE BASIC PARAMETERS OF THE SPIDER ROBOT RESEARCHER

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Nikita Valerievich Dolgov², Ildar Rafikovich Mukhamedzhanov³, Ilya Alekseevich Smolenkov⁴

^{1,2,3,4}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²robspider@yandex.ru

Annotation. The article presents the results of the development of a spider robot for researching crop production parameters, which is a self-propelled device that moves along the field boundaries designated in the program to directly determine the state of plants using cameras (machine vision), as well as determine the main environmental parameters.

Key words: spider robot explorer, robot chassis, stepper motor, robot navigation, battery energy reserve.

For citation: Bakirov S.M. Determination of the main parameters of the research spider robot / S.M. Bakirov, N.V. Dolgov, I.R. Mukhamedzhanov, I.A. Smolenkov // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Полевые работы, проводимые в растениеводстве, требуют непрерывного контроля роста растений, чтобы своевременно выполнить агротехнические мероприятия. На принятие решений по выполнению агротехнических мероприятий влияет множество факторов. Как правило, фермер ориентируется на график посева, рост растения на крайних участках поля и т.п. и не может оценить фактическое состояние всех посевов внутри поля. Мониторинг состояния растений в реальном времени может решить ряд проблем со своевременным принятием решения [1].

Выполнить оценку состояния растений вручную связано с большими трудозатратами. Во-первых, пешком пройти все поле занимает большое количество времени, например поле площадью 100 га при скорости перемещения 3-4 км/ч с фиксацией состояния растений в 10 точках займет около 3-5 часов. Во-

вторых, выполнение работ в поле в летний жаркий период может привести к получению теплового или солнечного удара, так как работа выполняется под действием прямых солнечных лучей.

Предлагаемым решением для мониторинга посевов является робот-паук исследователь. Робот-паук исследователь параметров растениеводства (РПИ) представляет собой самоходное устройство, перемещающееся по обозначенным в программе границам поля для непосредственного определения состояния растений с помощью камер (машинного зрения), а также определения основных параметров окружающей среды [2]. Результатом работы такого робота-паука является советующая система последующих агротехнических мероприятий, позволяющая определять оптимальные параметры (дату полива, дату обработки гербицидами и пестицидами, больные участки поля и т.п.), повышающее урожайность (рисунок 1).

Результаты исследования. Функция РПИ осуществляется путем определения фактического состояния по листьям растений и совокупности влияющих факторов температуры, влажности почвы и воздуха с помощью использования измерительной системы, выполняющей мониторинг каждого участка поля с помощью машинного зрения и программного обеспечения обработки данных с камер.

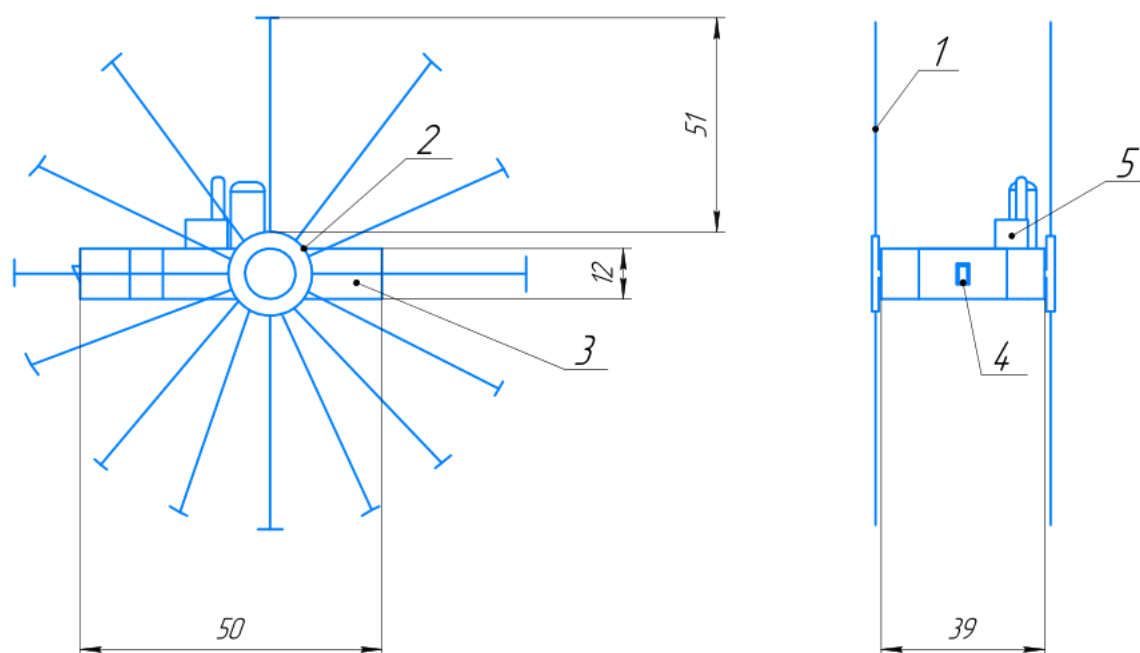


Рисунок 1 – Внешний вид и габариты РПИ (1 – ходовые спицы; 2 – редуктор; 3 – корпус; 4 – камера; 5 – антенна радиопередачи сигналов)

Подобного робота предлагает компания Мерору [3] как экспериментальную пока цифровую модель (рисунок 2).



Рисунок 2 – Цифровая модель робота компании Мерору

Основные технические параметры, включая обоснование функциональных возможностей, выносятся на обсуждение при разработке робота-паука исследователя со следующими техническими характеристиками:

- габаритные размеры тела робота (не более) - 500мм x 700мм x 300мм;
- габаритные размеры ходовой части (не более) - 2000 мм;
- масса устройства (не более) - 40 кг;
- количество электроприводов (не более) - 3 шт.;
- мощность электродвигателя (не более) - 200 Вт;
- емкость аккумуляторной батареи (не более) - 30 Ач;
- количество датчиков (не более) - 6 шт.;
- количество камер машинного зрения (не более) - 3шт.

Главной технической задачей РПИ является выполнение маршрутного задания, которое заключается в перемещении по конкретным локациям поля, что позволит поэтапно собрать картину состояния посевов (рисунок 3).



Рисунок 3 – Устройство сброса отходов

Основные преимущества РПИ:

- локальный контроль параметров растениеводства и окружающей среды;
- увеличенная продолжительность работы относительно летательных аппаратов (до 4 часов);
- возможность управления перемещением робота по полю в нужную точку посевов;
- автономная система энергоснабжения;
- машинное зрение, позволяющая определять скорость роста растений, вегетационный период, наличие болезней (рисунок 4), насекомых вредителей, наличие болезней на листьях с последующей разработкой более обученных нейронных сетей определения состояния растений.



а)



б)

Рисунок 4 – Камера машинного зрения робота (а) и лист растения (б)

При создании опытного образца РПИ следует провести исследования:

- зависимости изменения показателей электропривода в реальных условиях перемещения робота;
- работоспособности электрической схемы соединений элементов измерительно-вычислительной системы микропроцессора;
- отладка и проверка программы работы измерительной системы с передачей, хранением и обработкой данных;
- обоснование параметров, архитектуры и вида нейронной сети обработки данных машинного зрения робота-паука;
- обоснование геометрической формы ходовой части робота-паука.

Заключение. Создание технических средств и в целом способов выполнения точного земледелия позволит повысить производительность труда и качественные показатели деятельности сельскохозяйственных предприятий. Мониторинг состояния посевов внутри поля предложено выполнить с помощью робота-паука исследователя параметров растениеводства с возможностью оценки параметров микроклимата, состояния растений. Разработка опытного образца требует проведение исследований:

1. Обоснование зависимости изменения показателей электропривода в реальных условиях перемещения робота и его ходовой части.
2. Определение работоспособности электрической схемы соединений элементов измерительно-вычислительной системы микропроцессора.

3. Программирование системы передачи, хранения и обработки данных, развитие алгоритмов (создание нейронных сетей) машинного зрения.

Список источников

- 1.Боровой С.Е. Киберфизические системы в мониторинге орошаемых агроценозов / Боровой С.Е., Комарова О.П., Козенко К.Ю. – Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 552-562..
- 2.Галкин В.И. Автономная информационно-измерительная системы мониторинга биоклиматических характеристик состояния окружающей среды / Галкин В.И., Крутиков В.А., Кураков С.А., Ушаков В.Г., Трофимов Ю.С. – Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S18. С. 150-151..
- 3.Робот паук [электронный ресурс] – Режи доступа: <https://meropy.com/robot.html>. (дата 11.05.2024 г.).

© Бакиров С.М., Долгов Н.В., Мухамеджанов И.Р., Смоленков И.А.

Научная статья
УДК 697.31

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ АПК

Сергей Мударисович Бакиров¹, Илья Алексеевич Смоленков², Елена Леонидовна Верзина³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Аннотация. В работе представлены существенные факторы, формирующие исходные данные для проектирования систем теплоснабжения сельскохозяйственных помещений. Определяющим фактором является наличие биологического звена, к которому в комплексе требуется создавать условия микроклимата. Представлены варианты энергосбережения при сочетании теплоснабжения и вентиляции в животноводческих помещениях, позволяющие экономить до 15 % энергоресурсов. Представлен способ подогрева воды с использованием солнечной инсоляции.

Ключевые слова: теплоснабжение сельскохозяйственных объектов, способы энергосбережения, рекуперация воздуха, геотермальный способ энергосбережения.

Для цитирования: Бакиров С.М. Особенности теплоснабжения помещений АПК / С.М. Бакиров, И. А. Смоленков, Е.Л. Верзина // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной научно-практической

конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

FEATURES OF HEAT SUPPLY FOR AGRICULTURAL INDUSTRIAL PREMISES

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Ilya Alekseevich Smolenkov², Elena Leonidovna Verzina³

^{1,2,3}Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Annotation. The paper presents the essential factors that form the initial data for the design of heat supply systems for agricultural premises. The determining factor is the presence of a biological link, to which the complex requires the creation of microclimate conditions. Options for energy saving are presented when combining heat supply and ventilation in livestock buildings, allowing savings of up to 15% of energy resources. A method for heating water using solar insolation is presented.

Key words: heat supply to agricultural facilities, energy saving methods, air recovery, geothermal energy saving method.

For citation: Bakirov S.M. Features of heat supply to premises of the agro-industrial complex / S.M. Bakirov, I.A. Smolenkov, E.L. Verzina // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Проектирование теплоснабжения помещений сельскохозяйственного назначения имеет свои особенности, связанные с спецификой таких объектов: высокая влажность (повышенная влажность из-за наличия биологических объектов: животных, растений, почвы и воды) – это требует применения материалов, устойчивых к влаге, и систем вентиляции с возможностью конденсатоотведения; значительные теплопотери из-за большой площади помещений, высоких потолков, наличие ворот и оконных проемов больших размеров, а также наличие вентиляционных систем; необходимость равномерного распределения тепла для комфортного содержания животных или роста растений важно обеспечить равномерное распределение тепла по всему помещению, без образования холодных зон; специфические требования к температурному режиму, а именно для конкретного вида животных или растений (например, для содержания крупного рогатого скота температура в зимний период должна быть ниже, чем для кур) [1].

Особенности проектирования теплоснабжения сельскохозяйственных объектов заключаются в выборе типа системы отопления. Для этого необходимо

учитывать экономическую целесообразность, доступность ресурсов, особенности объекта и требования к температурному режиму. Например, централизованные системы теплоснабжения с расчетом котельных, тепловых насосов, магистральных трубопроводов подходят для тепличных хозяйств, где присутствует высокая инерционность процессов производства.

Децентрализованные системы: локальные тепловые пушки, конвекторы, электрические обогреватели используют в птичниках, так как птица имеет высокую чувствительность к перепаду температур, то есть на объектах, где требуется срочно выдать тепловую энергию в большом количестве.

На сельскохозяйственных объектах используют практически все виды топлива, так как при выборе топлива для отопления важно учитывать прежде всего его доступность, а потом уже цену, экологические характеристики и безопасность. Например, твердое топливо: дрова, уголь, пеллеты можно добыть или привезти в любую точку земли, так же как и жидкое топливо: дизельное топливо, мазут и выполнить систему теплоснабжения на их основе. Однако при использовании газа: природный газ, пропан-бутан рядом с сельскохозяйственным предприятием должна быть инфраструктура (газопроводы, сервисные службы и т.п.), чтобы использовать этот вид топлива. Подобная инфраструктура системы электроснабжения для использования тепловых насосов, электрических котлов, обогревателей и т. п.

Существенную экономию энергии определяют другие мероприятия: оптимизация теплоизоляции: для снижения теплопотерь через стены, крышу и пол; вентиляция для нормальной жизнедеятельности, удаления влажного воздуха и обеспечения притока свежего воздуха; автоматизация для управления оборудованием системы теплоснабжения, что позволяет поддерживать оптимальный температурный режим.

Вместе с этим системы теплоснабжения должны отвечать требованиям безопасности, экологичности и экономической целесообразности. Отопление должно быть выполнено в соответствии с нормами пожарной безопасности, а также с учетом безопасности для животных и персонала. Требуется вести учет экологических последствий выбора топлива и системы отопления. Проектирование системы теплоснабжения должно учитывать экономические аспекты, такие как стоимость оборудования, установки, эксплуатации и обслуживания.

Проектирование теплоснабжения помещения сельскохозяйственного назначения требует комплексного подхода, учитывающего все вышеперечисленные особенности.

Результаты исследований. Рассмотрим различные варианты расчета требуемого количества теплоты для помещений сельскохозяйственного назначения (например, птичник и теплица) на основе уравнения теплового баланса при эксплуатации его в течение календарного года с учетом современных способов энергосбережения

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{о}}, \quad (1)$$

$Q_{п}$ – количество теплоты, поступающее в помещение от разных источников, Дж;
 $Q_{о}$ – количество теплоты, отдаваемое через ограждающие конструкции помещения, Дж.

В зимний период времени для различных помещений существует грубый расчет тепловой мощности по объему помещений [2] для конкретной местности. Используя данную методику для Саратовской области в среднем расчет тепловой мощности для зимнего периода времени составляет порядка 1 кВт/10 м² помещения. Применяя различные дополнительные источники данный показатель можно снизить (рисунки 1-3).

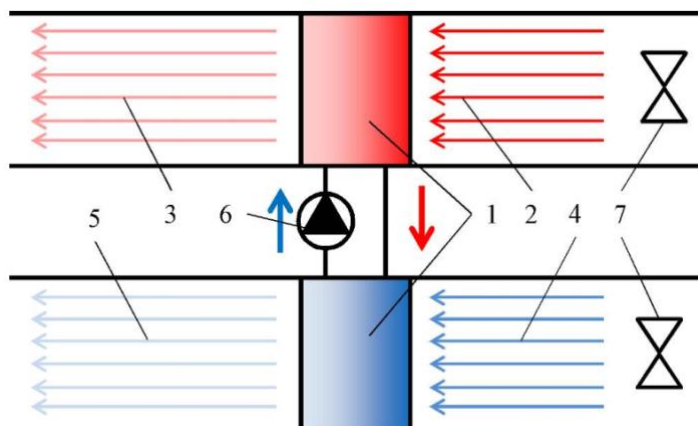


Рисунок 1 – Использование геотермальной энергии с тепловым насосом (1 – поверхность теплообмена; направления движения воздуха; 2 – из помещения; 3 – во внешнюю среду; 4 – из внешней среды; 5 – в помещение; 6 – тепловой насос; 7 – вентилятор) авторы работы В. Яропуд, И. Гончарук [3]

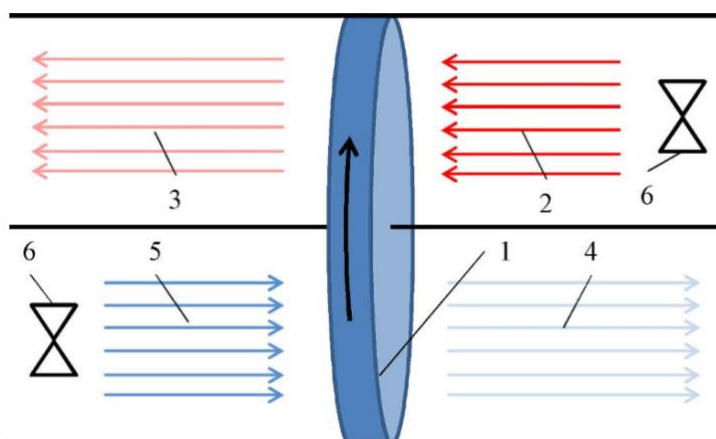


Рисунок 2 - Технологическая схема регенеративного роторного барабана (1 – теплообменная регенеративная поверхность; направления движения воздуха; 2 – из помещения; 3 – во внешнюю среду; 4 – в помещение; 5 – из внешней среды; 6 – вентилятор) авторы работы В. Яропуд, И. Гончарук [3]

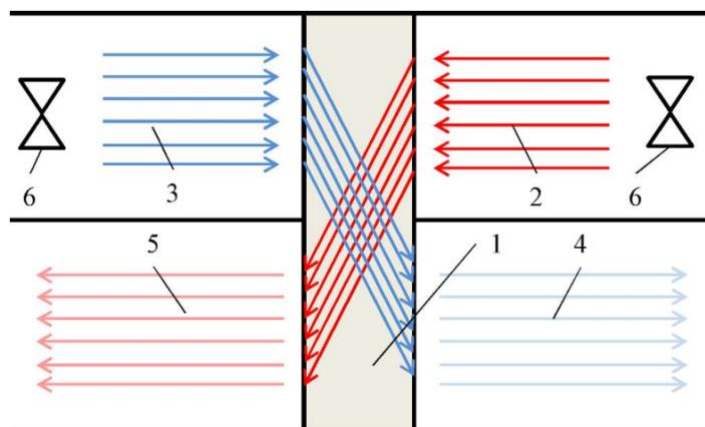


Рисунок 3 - Технологическая схема рекуператора-рециклера (1 – теплообменная регенеративная поверхность; направления движения воздуха; 2 – из помещения; 3 – из внешней среды; 4 – в помещение; 5 – во внешнюю среду; 6 – вентилятор) авторы работы В. Яропуд, И. Гончарук [3]

Представленные на рисунках 1-3 технологические схемы рекуперации воздуха в помещениях с животными существенно позволяют повысить эффективность теплоснабжения и снизить затраты на производство тепловой энергии на 10-15 %.

Для подогрева воды в летний период можно полностью использовать энергию солнца (рисунок 4).



Рисунок 4 - Фото солнечной тепловой станции и деталь параболического желоба (справа)

Использование гелиоустановок и установок параболического желоба (рисунок 4) позволяет экономить на подогреве воды в летний период и исключить использование котла малой мощности для этих целей.

Заключение. Проектирование систем теплоснабжения помещений сельскохозяйственного назначения требует комплексного подхода, который заключается в использовании различных способов энергосбережения при вентиляции воздуха, энергии поверхностного слоя земли и энергии солнца. Такое комплексное проектирование позволит экономить порядка 20 % энергетических ресурсов. Причем срок окупаемости капиталовложений в оборудование конкретного способа энергосбережения составит от 3 до 14 лет.

Список источников

1. Мунц В. А., Мунц Ю. Г. Энергосбережение при производстве тепловой энергии и анализ его экономической эффективности: учебное пособие. – 2018.
2. Приказ Министра России от 17.03.2014 N 99/пр «Об утверждении Методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя» (Зарегистрировано в Минюсте России 12.09.2014 N 34040)
3. Yaropud V., Honcharuk I. Development and justification of constructive-regime parameters of the automated system of microclimate provision in apc premises // Publishing House “Baltija Publishing”. – 2022.
4. Ахмяров Т.А., Беляев В.С., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла // Энергосбережение. 2013. № 4. С. 36–46.

© Бакиров С.М., Смоленков И.А., Верзина Е.Л.

Научная статья
УДК 621.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Сергей Владимирович Бахтеев¹, Сергей Александрович Кифарак²

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²Центральное производственное отделение филиала ПАО «Россети Волга», г. Саратов, Россия

¹sergey678s64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²sa.kifarak@cpo.rossetivolga.ru: <https://orcid.org/0009-0001-3788-8192>

Аннотация. Важным параметром силовых маслонаполненных трансформаторов (СМНТ) является рабочая температура. Она оказывает большое влияние на старение изоляции и срок службы трансформатора. Информация о величине «горячей точки» в обмотке позволит оценить степень деградации трансформаторного масла и бумажной изоляции.

Ключевые слова: силовой маслонаполненный трансформатор, ресурс трансформатора, изоляция, остаточный ресурс.

Для цитирования: Бахтеев, С.В. Определение остаточного ресурса силовых маслонаполненных трансформаторов / С.В. Бахтеев, С.А. Кифарак // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

DETERMINATION OF THE RESIDUAL LIFE OF OIL-FILLED POWER TRANSFORMERS

Sergei Vladimirovich Bakhteev¹, Sergei Alexandrovich Kifarak²

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Central Production Control Department of the PJSC Branch «Rosseti Volga», Saratov, Russia

¹sergey678s64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²sa.kifarak@cpo.rossetivolga.ru <https://orcid.org/0009-0001-3788-8192>

Abstract. An important parameter of power oil-filled transformers (POFT) is the operating temperature. It has a great influence on the aging of the insulation and the service life of the transformer. Information about the size of the "hot spot" in the winding will allow us to assess the degree of degradation of the transformer oil and paper insulation.

Keywords: power oil-filled transformer, transformer life, insulation, residual life.

For citation: Bakhteev, S.V. Determination of the residual life of oil-filled power transformers / S.V. Bakhteev, S.A. Kifarak // Actual problems of the energy sector of the agro-industrial complex: materials of the II National scientific and practical conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Общеизвестно, что деградация изоляции приблизительно удваивается с каждым 10 °С повышением температуры. Причем деградация изоляции, вызванная перегревом, носит необратимый характер. Повышенная температура твердой изоляции – главный фактор старения трансформатора. Со временем повышенная температура приводит к процессу деполимеризации целлюлозы. Цепь целлюлозы становится короче, механические свойства бумаги, такие как прочность и эластичность деградируют. В результате бумага становится ломкой и не способной к противостоянию силам короткого замыкания и даже нормальным колебаниям, вызванных эксплуатационными режимами трансформатора и ведет к пробое изоляции.

Важное значение имеет информация о точности расположения и температуры горячей точки. Эта информация может быть получена от проектировщика трансформатора. Температура горячей точки и ее расположение определяются в процессе проектирования, а также предположительно определяются начальные состояния. На практике, температура и расположение горячей точки остаются неизвестными параметрами.

Материалы и методы. Что касается температурного поля СМНТ, то информация получается от указателей температуры верхних слоев масла и температуры обмотки. Следует отметить, что температурный датчик обмотки физически не находится на обмотке, он расположен недалеко от главного

датчика температуры верхнего уровня масла и измеряет ту же самую температуру. Однако, это датчик откалиброван с учетом добавления некоторого числа градусов к температуре масла и отображает значение как температура обмотки.

На практике, значения температуры верхних слоев масла и температуры обмотки непосредственно не считываются. Датчики разработаны так, чтобы только обеспечить тревогу или сигналы тревоги, если, по какой-то причине значения температуры превышают установленные значения. Практически, нет никаких данных об этих показаниях температуры, пока не произойдет превышение температуры, включится сигнализация и появится сигнал тревоги.

Современные трансформаторы используют специальную бумагу, которая химически обработана для повышения стабильности структуры целлюлозы. Номинальная температура горячей точки для этого вида бумаги – 110 °С и замечено, что увеличение температуры на 7 °С удваивает фактор ускорения старения. Для более старых трансформаторов с обмоткой из крафт-бумаги, номинальная температура горячей точки – 97 °С (согласно данным МЭК). Эта бумага также очень чувствительна к температуре и в случае превышения горячей точки 140 °С ускорение старения составляет порядка 100, что означает: один час в таком состоянии эквивалентен 100 часам при номинальной температуре.

Увлажнение твердой изоляции более чем на 2% подвергает трансформатор дополнительному риску при работе в условиях высоких температур. Доказано, что остатки воды в бумаге могут достигать точек кипения и испаряться из бумаги в виде пузырей водяного пара. Эти пузыри могут перемещаться с потоком масла, или попасть в обмотку, и в обоих случаях это создает угрозу для пробоя изоляции. Следовательно, оператору, наблюдающему за работой трансформатора, необходимо контролировать температуру горячей точки обмотки трансформатора наилучшим доступным способом.

Следует отметить, что традиционный метод вычисления температуры горячей точки не учитывает следующее:

- температура масла в охлаждающем трубопроводе предполагается такой же, как и температура масла в верхних слоях;
- изменение сопротивления обмотки в связи с изменением температуры;
- изменение вязкости масла при изменении температуры;
- наличие влаги в масле;
- влияние изменений температуры окружающей среды на температуру масла.

При попытке восполнить этот недостаток, стараются применить сложные модели, стремящиеся к более точному представлению температуры масла внутри обмотки, учитывая изменения в сопротивлении обмотки, вязкости и инерции масла. Прямые измерения температуры обмотки с применением оптоволоконных датчиков наиболее предпочтительны по сравнению с методиками определения значений температуры, рассчитанным по параметрам, представленными производителями и уравнениям, характеризующим механизм охлаждения.

Факторы, влияющие на срок службы СМНТ в значительной степени зависят от исключительных воздействий, такие как перенапряжения, короткие замыкания в сети и аварийные перегрузки. Такие воздействия возникают отдельно или в сочетании и зависят в основном от: амплитуды и длительности воздействия тока; конструкции трансформатора; температуры различных частей трансформатора; содержания влаги в изоляции и масле; содержания кислорода и других газов в изоляции и масле; количества, размера и вида частиц примесей.

Температурные поля в СМНТ определяют его продолжительность работы и надежность элементов. Самый важный элемент трансформатора, ограничивающий продолжительность его работы – это бумажная изоляция обмоток. Скорость старения зависит от рабочей температуры, влаги, кислорода и кислотности масла, а также от типа бумаги. Основным процесс старения – деполимеризация (ДП) целлюлозных полимерных цепей. Поскольку фактор ДП снижается, механическая прочность бумаги уменьшается. Остаточный срок службы СМНТ может быть более точно определен с помощью измерения фактора ДП.

Результаты исследования. *Определение термического износа изоляции СМНТ.*

Кроме всех прочих воздействий, которыми можно было бы пренебречь, изоляция подвергается термохимическому износу. Этот процесс является кумулятивным и приводит к недопустимому ее состоянию по некоторым критериям. Согласно закону Аррениуса, период времени до достижения этого состояния в зависимости от скорости химической реакции и описывается формулой

$$t_{сл} = e^{\left(\alpha + \frac{\beta}{T+273}\right)}, \quad (1)$$

где $t_{сл}$ – срок службы трансформатора; α и β – постоянные; T – температура изоляции, °С.

Для ограничения диапазона температуры можно пользоваться более простым экспоненциальным отношением Монтсингера:

$$t_{сл} = e^{-\rho \cdot T}, \quad (2)$$

где ρ – постоянная; T – температура изоляции, °С.

Приведенная выше зависимость Монтсингера, является упрощенным выражением закона Арениуса и используется в руководствах по нагрузке относительно термохимического износа. Пока не существует единственного и простого критерия окончания срока службы, который мог бы быть использован для количественной оценки полезного срока службы изоляции трансформатора, однако можно сделать сравнения, основанные на скорости износа изоляции. Эта величина, обратная сроку службы, выражаемая отношением зависимости Монтсингера

$$v_{из} = C \cdot e^{\rho \cdot T}, \quad (3)$$

где C – некоторая постоянная.

Значение постоянной в этом уравнении зависит от многих факторов: первоначального состава целлюлозных продуктов (смесь исходных материалов,

химические добавки) и параметров окружающей среды (содержание влаги, свободного кислорода в системе).

Однако независимо от этих изменений в интервале температуры от 80 до 140 °С, соответствующей реальным условиям, коэффициентом изменения температуры допускается принимать постоянное значение ρ . При определении его значения учитывают тот факт, что скорость износа удваивается при каждом изменении температуры приблизительно на 6 °С.

Скорость износа определяется температурой наиболее нагретой точки. Для трансформаторов, соответствующих требованиям ГОСТ 11677, эталонное значение этой величины при номинальной нагрузке к нормальной температуре охлаждающей среды принимается равным 98 °С. В настоящем стандарте относительная скорость износа при этой температуре принимается равной единице.

Во многих трансформаторах применяется термически высококачественная изоляция. Поскольку в ГОСТ 3484.2 этот вид изоляции для масляных трансформаторов не рассматривается, то допустимые пределы превышения температуры, обусловленные улучшением термической стойкости изоляции, устанавливаются по согласованию между изготовителем и потребителем. В большинстве случаев трансформаторы с такой изоляцией имеют нормальный предполагаемый срок службы, при базовой температуре наиболее нагретой точки 110 °С.

Заключение:

1. Способность СМНТ выдерживать нагрузки ограничена в основном температурой обмотки. На практике эта температура оценивается по измерениям температуры масла в верхних слоях бака и с учетом дополнительной поправки, вычисленной от тока нагрузки и характеристик обмотки. Практикой установлено, что при частых перегрузках такой упрощенный подход не является подходящим для некоторых типов перегрузки и конструкций трансформаторов.
2. Управлять расходом ресурса изоляции СМНТ является достаточно проблематично, однако использование приведенных зависимостей позволит держать на контроле этот процесс и иметь информацию о степени износа изоляции и тем самым оптимально использовать ресурс изоляции.

Список источников

1. 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.
2. Трушкин, В.А. Исследование зависимости электрической прочности трансформаторного масла от влажности и наличия механических примесей / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, О.Н. Чурляева, А.А. Верзилин // Техника и оборудование для села. 2022. №8 (302). С. 35-38.

3. 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. Под общей редакцией В.А. Трушкина. Саратов, 2020. С. 123-125.
4. Рыбаков, Л.М. Обзор существующих средств диагностирования силовых трансформаторов высокого напряжения / Рыбаков Л.М., Макарова Н.Л. Вестник Марийского государственного университета. 2011. №6. С. 137-140.
5. Овчаров, В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В. В. Овчаров // Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.

© Бахтеев С.В., Кифарак С.А., 2024

Научная статья
УДК 621.315.175

ПРОБЛЕМА ПРОФИЛАКТИРОВАНИЯ ГОЛОЛЕДОБРАЗОВАНИЯ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

**Сергей Владимирович Бахтеев¹, Сергей Мударисович Бакиров²,
Геннадий Григорьевич Угаров³**

^{1,2,3} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹sergey678s64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Аннотация. Выявлены предпосылки профилактирования гололедо-образования на проводах воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) путем их прогрева выше критических температур. Определены эти температуры.

Ключевые слова: гололед, профподогрев, плавка гололеда, воздушные линии электропередачи.

Для цитирования: Бахтеев, С.В. Проблема профилактирования гололедообразования на проводах воздушных линий электропередачи / С.В. Бахтеев, С.М. Бакиров, Г.Г. Угаров // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

THE PROBLEM OF PREVENTION ICE FORMATION ON OVERHEAD POWER LINES

Sergei Vladimirovich Bakhteev¹, Sergey Mudarisovich Bakirov²,

Gennady Grigorievich Ugarov³

^{1,2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹sergey678s64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

Abstract. The prerequisites for preventing ice formation on overhead power transmission lines (OPTL) wires by heating them above critical temperatures have been identified. These temperatures have been determined.

Keywords: ice, professional heating, ice melting, overhead power lines.

For citation: Bakhteev, S.V. The problem of preventing ice formation on overhead power lines / S.V. Bakhteev, S. M. Bakirov, G.G. Ugarov // Actual problems of the energy sector of the agro-industrial complex: materials of the II National scientific and practical conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В настоящее время и на перспективу (50 и более лет) транспорт электрической энергии осуществляется преимущественно по ВЛЭП. Такой способ канализации электроэнергии обусловлен технико-экономическими соображениями, несмотря на серьезное негативное влияние природных климатических факторов: ветер, гололедообразование, солнечная радиация, гравитация, действующих как индивидуально, так и в совокупности.

Способы устранения или ослабления этих факторов (сверхпроводниковые или элегазовые системы, кабели, беспроводные электропередачи) пока не являются абсолютно альтернативными виду их не разработанности и экономической нецелесообразности. В связи с этим, проблемы качества электроэнергии и надежности как основных показателей при транспорте электроэнергии, решаются методами различной эффективности.

Особенно опасным для ВЛЭП является воздействие на них гололедно-ветровых механических нагрузок. В России такие ситуации наблюдаются на территориях Северного Кавказа, побережьях Черного, Азовского и других морей, в том числе и у водохранилищ. В центре России, на Урале, Сибири гололедообразование наблюдается реже, однако климат за последние 15-20 лет серьезно изменился и гололедно-изморозевые отложения на проводах ВЛЭП появляются и в других районах.

Материалы и методы. Аварии, обусловленные гололедными и ветровыми нагрузками, составляют более 50% от общего числа повреждений на ВЛЭП, а продолжительность перерывов в энергоснабжении потребителей в связи с этим авариями – более 60% от общей продолжительности всех аварийных отключений [1, 4].

Таким образом, проблема предотвращения аварий на ВЛЭП все более актуализируется и требует адекватного реагирования со стороны электроэнергетических служб. Тем более, что по данным Института проблем

климата к концу настоящего столетия температура на Земле может повыситься на 2-6 °С, а в максимуме до 10 °С.

В практике предупреждения гололедно-ветровых аварий на ВЛЭП в настоящее время утвердились два главных направления, одно из которых связано с увеличением механической прочности ВЛЭП, второе заключается в плавке отложений на проводах и грозотросах ВЛЭП электрическим током (постоянным или переменным промышленной частоты).

Первое направление для современной России экономически менее целесообразно, так как предполагает существенное увеличение капиталовложений при модернизации, реконструкции и техническом перевооружении электрических сетей. Поэтому, учитывая также кратковременность существенных гололедно-ветровых нагрузок (0,03-0,5%) от полного срока эксплуатации ВЛЭП, более предпочтительным как экономически оправданное, следует считать второе направление.

Отметим, что традиционный способ борьбы с гололедом посредством его плавки при коротком замыкании в ВЛЭП имеет серьезные недостатки: нарушается электроснабжение потребителей, большой расход электроэнергии, требующийся для нагрева проводов до 100-130 °С, снижения ресурса проводов и др. [4]

Компромиссным между этими направлениями является концепция, при которой до некоторой степени (варианты прорабатываются путем сравнения отдельных технико-экономических показателей) увеличивают механическую прочность ВЛ, при частичной плавке гололеда.

Представляет интерес известный, но не разработанный для широкого практического применения подход защиты ВЛЭП в гололедных районах путем отказа от плавки гололеда посредством перехода к профилактике его образования на проводах ВЛЭП. Для его реализации необходима проработка различных способов: за счет нагрева проводов в период до наступления гололедной обстановки на 10-20 °С, применением «горячих проводов», воздействием на провода комбинацией физических и химических факторов и т.д. Наибольшую эффективность на перспективу имеет первый способ. Этот подход, по нашему мнению, должен стать основой новой технологии защиты ВЛЭП в гололедных районах.

Реализация профподогрева проводов с целью недопущения гололедообразования успешно осуществлена для горных районов [3]. Для этого использовались провода с повышенным электрическим сопротивлением на гололедоопасных трассах ВЛЭП и различные режимы их работы (постоянном и циклическом протекании токов).

Для повышения эффективности способа профподогрева необходимо решить ряд задач: создать автоматизированную систему управления токовой нагрузкой на проводах, обеспечивающую необходимую температуру провода и создать устройство увеличения токов на фазных проводах сверх рабочих значений. Необходимо обосновать пороговые значения температур проводов, при которых гололедообразование на ВЛЭП не происходит.

Результаты исследования. Для проводов ВЛЭП с рабочим током необходимо его увеличение до значений, при котором температура провода будет препятствовать образованию гололедно-изморозевых отложений (ГИО). По распространенному мнению, для этого необходимо, чтобы температура провода превосходила на 1 °С температуру окружающей среды [1]. В [2] было показано, что условие отсутствие ГИО достигается при превышении температуры поверхности провода T в области отрицательных температур значений точек росы T_a и десублимации T_i , которые определяются следующим образом:

$$T_a = \frac{243,12 \cdot \left[\ln(RH) + \frac{17,62 \cdot T_\theta}{243,12 + T_\theta} \right]}{17,62 - \left[\ln(RH) + \frac{17,62 \cdot T_\theta}{243,12 + T_\theta} \right]}, \quad (1)$$

$$T_i = \frac{272,62 \cdot \left[\ln(RH) + \frac{22,46 \cdot T_\theta}{272,62 + T_\theta} \right]}{22,46 - \left[\ln(RH) + \frac{22,46 \cdot T_\theta}{272,62 + T_\theta} \right]}, \quad (2)$$

где RH – относительная влажность воздуха, о.е.; T_θ – температура воздуха, °С.

Подставляя в (1) и (2) значения RH на уровне 0,9 получим значения T_a и T_i соответственно –11,33 °С и –11,16 °С. Расчетные значения T_a и T_i свидетельствуют о том, что надежное предотвращение образования ГИО не требует нагрева провода выше 1 °С, так как достаточно поддерживать температуру их поверхности на 5 °С выше расчетных значений T_a и T_i (примерно – 6°С). К такому выводу приходят авторы в [4].

Этот подход позволяет снизить расход электроэнергии при прогреве проводов ВЛЭП и уточнить параметры автоматизированной системы мониторинга за состоянием проводов вовремя их профподогрева.

Заключение.

1. Выявлены предпосылки профилактики гололедообразования на проводах ВЛЭП путем их прогрева до критических температур.
2. Рекомендованы значение критических температур на проводах ВЛЭП в гололедный период.

Список источников

1. Башкевич, В.Я. Мониторинг воздушных линий электропередачи, эксплуатируемых в экстремальных метеоусловиях / В.Я. Башкевич, Г.Г. Угаров, П.А. Кузнецов, С.Б. Стебеньков – Саратов, СГТУ, 2013. – 244 с.
2. Титов, Д.Е. Мониторинг интенсивности гололедообразования на воздушных линиях электропередачи и в контактных сетях: дис... кандидата технических наук: 05.09.03 / СГТУ, 2014.

3. Холодов, В.В. Ветровые и гололедные воздействия на конструкции воздушных линий / В.В. Холодов. Изд-во «Наука», 2004.
4. Дементьев, С.С. Интеллектуальная система предотвращения гололедных аварий на воздушных линиях электропередачи сверхвысокого напряжения / С.С. Дементьев, П.Д. Кутейников // Энергобезопасность и охраны труда. 2022. №2/104, – С. 5-10.

© Бахтеев С.В., Бакиров С. М., Угаров Г.Г., 2024

Научная статья
УДК 621.314

СТАРЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Сергей Владимирович Бахтеев¹, Сергей Михайлович Сарайкин², Юрий Александрович Сонников³

^{1,2,3} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹sergey678s64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²s.saraykin98@gmail.com

³sonnikov2010@yandex.ru

Аннотация. Свойства масла могут быть многократно восстановлены проведением профилактических мероприятий. Однако твердая изоляция стареет необратимым образом. Поэтому качеству масла в трансформаторах следует уделять особое внимание.

Ключевые слова: трансформаторное масло, эксплуатация, старение масла, силовой трансформатор, влагосодержание.

Для цитирования: Бахтеев, С.В. Старение трансформаторного масла в процессе эксплуатации / С.В. Бахтеев, С.М. Сарайкин, Ю.А. Сонников // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

AGING OF TRANSFORMER OIL DURING OPERATION

Sergey Vladimirovich Bakhteev¹, Sergey Mikhailovich Saraikin²,

Yuri Alexandrovich Sonnikov³

^{1,2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹sergey678s64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2840-2306>

²s.saraykin98@gmail.com

³sonnikov2010@yandex.ru

Annotation. The properties of the oil can be restored many times by carrying out preventive measures. However, solid insulation ages irreversibly. Therefore, special attention should be paid to the quality of the oil in transformers.

Keywords: transformer oil, operation, oil aging, power transformer, moisture content.

For citation: Bakhteev, S.V. Aging of transformer oil during operation / S.V. Bakhteev, S.M. Saraykin, Yu.A. Sonnikov // Actual problems of the energy sector of the agro-industrial complex: materials of the II National scientific and practical conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. При длительной эксплуатации масло в трансформаторе изменяет свои физико-химические и эксплуатационные свойства (оно стареет). Показатели качества его достигают предельных значений по нормам, регламентирующим срок эксплуатации масла [1].

Старение масла происходит не только вследствие окисления составляющих его углеводородов кислородом воздуха под воздействием повышенной температуры и в присутствии металлов, но и под влиянием электрического поля, обводнения, загрязнения механическими примесями и т.п.

Материалы и методы. Процесс окисления состоит из нескольких периодов. Начальный период называется индукционным и характерен для свежих масел. В этот период масло при невысоких температурах поглощает в небольших количествах кислород и выделяет его, не образуя при этом продуктов окисления, так как в нем присутствуют антиокислители. Происходящие изменения в масле не обнаруживаются обычными способами анализа. При повышении температуры и под влиянием катализаторов (медь, железо и др.) продолжительность данного периода быстро сокращается.

При дальнейшей эксплуатации в масле начинают появляться устойчивые продукты окисления: низкомолекулярные органические кислоты, вода, а также некоторые органические перекиси. Этот процесс идет непрерывно, нарастая и усиливаясь. Свойства масла ухудшаются: оно темнеет, из светлого становится коричневым, а иногда и мутным из-за появления воды. Увеличивается его кислотное число и зольность, появляются низкомолекулярные водорастворимые кислоты, а затем и осадки в виде твердых продуктов полимеризации и конденсации, которые могут закупорить охлаждающие масляные каналы и нарушить охлаждение трансформатора.

В заключительной стадии окисления некоторые продукты фенольного характера, образующиеся при окислении смол, начинают играть роль отрицательных катализаторов, тормозящих процесс окисления.

Скорость процесса окисления, глубина его и характер образующихся продуктов зависят от химической природы масла, давления воздуха, температуры, площади соприкосновения масла с воздухом, наличия веществ, способных каталитически ускорять или замедлять этот процесс, и т.д. По интенсивности воздействия катализаторы составляют следующий ряд: влага, температура, электрическое поле, металлы и примеси.

Влага появляется в масле из окружающей среды при изменении температурного градиента, а также как продукт его окисления и разложения элементов изоляционных конструкций. Полагают, что влага находится в масле в виде дипольных молекул воды или эмульсии. Между этими формами влаги происходят взаимные переходы, которые определяются в основном температурными режимами [2].

Причиняемый водой вред не ограничивается только снижением электрической прочности масла. Во влажном масле под действием электрической дуги образуется почти в 3 раза больше угля, чем в «сухом». При наличии свободной воды увеличивается каталитическая активность железа и выделяется больше осадков из масла. В среднем считается, что влажное масло стареет в 5 раз быстрее, чем «сухое». В присутствии воды повышается скорость окисления масла и происходит разрушение целлюлозной изоляции, особенно хлопчатобумажной нити витковой изоляции обмоток трансформатора. Кроме того, усиливается коррозионное воздействие масла на стальные части, имеющиеся в трансформаторе.

С ростом температуры усиливается окисление масла, ускоряется образование шлама и активизируется действие влаги. Помимо этого, температура влияет на динамику влагосодержания. При ее снижении большая часть полярной влаги переходит в эмульсионное состояние, находясь в котором она уменьшает электрическую прочность масла. С повышением температуры динамическое равновесие сдвигается в сторону увеличения содержания молекулярно-растворенной воды в масле [5].

На старение масла значительно влияет комбинация электрического поля и воды. В работе [3] установлено, что под воздействием электрического поля повышается скорость окисления масла. При этом в нем увеличивается содержание воды и количество асфальтенов в осадке, которые образовались в результате старения масла в процессе эксплуатации.

В электрическом поле все химические реакции протекают очень интенсивно. Нейтральные молекулы масла поляризуются и более активно соединяются с кислородом, в результате чего окисление масла усиливается и количество шлама в нем увеличивается. Электрическое поле влияет на осадкообразование, причем действие его выражается в коагуляции образующихся при окислении осадков, находящихся в масле в мелкодисперсном состоянии. Это способствует более интенсивному отложению их в масле.

Металлы по каталитическому действию на окисление масла расположены следующим образом: медь, латунь (наиболее эффективные катализаторы), никель, железо, цинк, олово и алюминий (менее активные). Каталитическое

действие солей происходит только на начальной стадии окисления масла. После этого соли разлагаются или адсорбируются продуктами окисления, нерастворимыми в масле, и выходят из сферы реакции. Металлы катализируют окисление в том случае, если они образуют соли с кислотами, что чаще происходит в присутствии воды и кислорода воздуха. Каталитическое действие металла прекращается, если он покрывается защитной пленкой, образуемой продуктами окисления.

Кроме металлов и солей, окисление масел катализируют в той или иной мере органические соединения. Они либо легко активируются и образуют с молекулярным кислородом перекиси, либо содержат в своем составе активные молекулы и служат первичными элементами в реакции окисления.

Результаты исследования. Главный показатель, свидетельствующий о старении масла, – рост его кислотного числа, являющегося критерием их годности. При этом необходимо учитывать не только величину кислотного числа, но и характер образующихся кислот. Растворенные в масле кислоты, в особенности низкомолекулярные, по отношению к металлам более агрессивны, чем высокомолекулярные, и поэтому даже кислая реакция водной вытяжки из масла может быть причиной его замены, особенно когда в масле присутствует влага. В «сухом» масле даже низкомолекулярные кислоты не представляют серьезной опасности.

Среди различных факторов, от которых зависит скорость окисления масла, важное место занимает кислород. Часть кислорода (от 17 до 34%), вошедшего в реакцию, остается в масле в виде свободных кислот, а остальной образует соединения другого типа. Поэтому кислотное число нельзя рассматривать как единственный и самый полный показатель окисления масла. Число омыления определяет сумму связанных и свободных кислот точнее, чем кислотное число характеризует степень старения масла. Водорастворимые низкомолекулярные кислоты на первичной стадии старения образуются во всех недоочищенных маслах, содержащих смолистые вещества и парафиновые углеводороды. Низкомолекулярные кислоты составляют 20-60% от общей суммы кислот, находящихся в эксплуатационных маслах [4].

В процессе эксплуатации вязкость и температура вспышки масла незначительно увеличиваются в результате испарения легких фракций и присутствия воды. В некоторых случаях температура вспышки понижается из-за разложения масла, вызванного местным перегревом в трансформаторе вследствие его неисправности. Также она может понизиться, если в масло случайно попало небольшое количество светлых нефтепродуктов (бензина, керосина и т.п.).

Продукты физико-химических превращений масла, а также вредные примеси, попадающие извне и делающие его непригодным для дальнейшей эксплуатации, составляют лишь незначительную часть от всей их массы и могут быть удалены при помощи определенных способов очистки. После регенерации (удаления загрязняющих веществ) можно восстановить первоначальные свойства масла и использовать его повторно наравне со свежими маслами либо

в смеси с ними, либо с присадками. Выбор способа очистки определяется характером содержащихся в маслах загрязнений и продуктов старения: для одних масел достаточна очистка от механических примесей и воды, для других необходима глубокая переработка, иногда с использованием химических реагентов.

Заключение. Анализ процессов старения масла показал, что главным катализатором, ускоряющим процесс старения, служит появление воды в масле. Это воздействие усиливается кислородом, температурой, каталитическим действием металлов, окислением и другими факторами. В связи с этим главная задача эксплуатационной службы должна состоять в постоянном контроле влажности масла.

Список источников

1. 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.
2. Трушкин, В.А. Исследование зависимости электрической прочности трансформаторного масла от влажности и наличия механических примесей / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, О.Н. Чурляева, А.А. Верзилин // Техника и оборудование для села. 2022. №8 (302). С. 35-38.
3. Брай, И. В. Регенерация трансформаторных масел / И. В. Брай. – М. : Химия, 1972. – 168 с.
4. Шлюпиков, С.В. Совершенствование диагностирования масла трансформаторов : дис. канд. техн. наук / Шлюпиков С.В. – Саратов, 2016. – 136 с.
5. Трушкин, В.А. Электротехнические материалы / В.А. Трушкин, С.В. Шлюпиков, О.В. Логачёва, А.П. Ищенко // Учебное пособие, Саратов: Амирит, 2020. – 72 с.

© Бахтеев С.В., Сарайкин С.М., Сонников Ю.А., 2024

Научная статья
УДК 621.2.25:536.664

СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ИЗЛИШКОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРЕМЕНЯЕМЫХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ И АПК

Бибко Дмитрий Анатольевич¹², Скворок Денис Владимирович¹

¹Филиал Майкопского государственного технологического университета, пгт. Яблоновский, Республика Адыгея, Россия

²Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

¹²Bebko.d1978@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы использования солнечной энергии на примере солнечных панелей и гелиоколлекторов и способы отвода лишней тепловой энергии от данных устройств.

Известно, что солнечные панели имеют свои плюсы такие как применение отдаленных источников энергии для снабжения электрической энергией, мобильностью и экологичностью и соответственно минусы — это зависимость от солнечной активности, пыле загрязненность и перегрев панелей от солнечного ультрафиолетового облучения. Такой проблемой уже занимались ученые применяя системы теплоотвода для отопления тепличных комплексов небольших размеров для подогрева почвы или просто утилизация в земли с применением системы подземных трубопроводов.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная панель, гелиоколлектор, тепловая энергия, перегрев панелей, применение лишнего тепла.

Для цитирования: Бебко Д.А. Способы использования и утилизации излишков солнечной энергии на примере солнечных панелей применяемых в нефтегазовой отрасли и АПК / Д.А. Бебко Д.А., Д.В. Скворок //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. Д.А. Бебко - Филиал Майкопского государственного технологического университета, пгт. Яблоновский, Республика Адыгея, Россия. Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

Scientific article

UDC 621.2.25:536.664

METHODS OF USING AND DISPOSING OF EXCESS SOLAR ENERGY ON THE EXAMPLE OF SOLAR PANELS USED IN THE OIL AND GAS INDUSTRY AND AGRICULTURE

Dmitry Anatolyevich Bebko ¹², Denis Vladimirovich Skvorok ¹

¹ Branch of the Maikop State Technological University, village. Yablonovsky, Republic of Adygea, Russia

² Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia.

¹²Bebko.d1978@mail.ru

Annotation. This article discusses the use of solar energy using the example of solar panels and solar collectors and ways to remove excess thermal energy from the devices. It is known that solar panels have their advantages such as the use of remote energy sources to supply electric energy, mobility and environmental friendliness, and, accordingly, the disadvantages are dependence on solar activity, dust pollution and overheating of panels from solar ultraviolet irradiation. Scientists have already dealt with this problem using heat sink systems for heating small greenhouse complexes for heating the soil or simply recycling into the ground using an underground pipeline system.

Keywords: solar energy, solar panel, solar collector, thermal energy, overheating of panels, the use of excess heat.

For citation: Bebko D.A. Ways of using and disposing of excess solar energy on the example of Solar panels used in the oil and gas industry and the agro-industrial complex / D.A. Bebko D.A., D.V. Skvorok //Actual problems of Agro-industrial energy: Materials of the II National Conference with International Participation / Edited by D.A. Bebko – Branch of the Maikop State Technological University, village. Yablonovsky, Republic of Adygea, Russia. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia.

Введение Применение нетрадиционных источников энергии в частности солнечных электрических панелей и солнечных гелиоколлекторов в различных отраслях в частности для обеспечения удаленных потребителей нефтегазового сектора, как теплом так и электричество весьма было бы рационально применять в условиях дальнего севера или в условиях южных регионов с учетом запроса потребителей. [1] Так нами предлагается использовать солнечные панели для обеспечения коммунальных условий работников нефтегазового сектора. [2]

Материалы и методы Для расчета расхода тепловой энергии потребления электрической энергии необходимо просчитать по нормативам расходы на тепловую энергии и и электроэнергию далее покажем как это произвести.

Потребление электрической энергии оборудованием

При проведении энергетического обследования энергоаудиторами проведён расчёт нормативного потребления электрической энергии оборудованием.

Для этого использовались:

– информация, собранная в ходе энергетического обследования;

– нормативно-технические и методические документы:

а) учебное пособие Томского политехнического университета А.В. Кабышев, С.Г. Обухов «Расчёт и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию»;

б) РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей», РАО ЭЭ «ЕЭС России» Министерства топлива и энергетики Российской Федерации.

Нормативное потребление электроэнергии оборудованием рассчитывали по формуле:

$$W_{оборуд} = P_{оборуд} * N * t * n * K_u \quad (кВт*ч) \quad (1)$$

где, $P_{оборуд}$ - мощность оборудования, (кВт);

N – количество единиц данного вида оборудования;

t – время работы оборудования в день, (часов);

n – время работы оборудования в расчётном периоде, (дней);

K_u – коэффициент использования мощности оборудования см. в таблице нормативов [5]

Для электроприемника в основном выбрали осветительные нагрузки для освещения автомобильного корпуса показанные в таблице 1

Таблица 1 Расчёт нормативного потребления электрической энергии оборудованием

№ п/п	Наименование оборудования	Установленная мощность, Вт	Кол-во	Установленная мощность всего, Вт	Коэффициент использования мощности	Время работы, часов в сутки	Потребляемая энергия в сутки, кВт*час
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Светильник и наружные	18	7	126	0,5	8	0,50
2	Светильник и автобокс	36	42	1512	0,5	8	6,05
3	Светильник и кабинеты	18	77	1386	0,5	8	5,54

Солнечная электростанция может питать множество потребителей энергии с условием, что общая энергия мощность потребителей не будет превышать мощность СЭС. Список потребителей содержит нагрузки, работающие либо постоянно (освещение), либо непостоянно (оргтехника, шиномонтажный станок, подъемник.). Но также, нагрузки, которые работают непостоянно, разбиваются на две категории, одни работают с фиксированным интервалом, другие же с плавающим (например как холодильник из таблицы 1). Поэтому, важно правильно определять суммарную выходную мощность солнечной электростанции. Для снижения стоимости СЭ надо построить также и график изменения потребления нагрузки в день, то есть составить таблицу по времени и вписать туда время работы нагрузки. Важно следить за тем, чтобы не было одновременно включено несколько потребителей с большой мощностью, либо большое количество потребителей с небольшой мощностью. При построении такого графика очень тяжело точно понять, когда включается потребитель с плавающей нагрузкой (подъемник, таблица 1). Чтобы наверняка обезопасить себя, и не промахнуться, предположим, что такие потребители работают постоянно. С учетом вышеперечисленного можно построить таблицу

изменения нагрузки в сутки (таблица 1). Общая мощность нагрузок, на выбранных интервалах времени, можно рассчитать по формуле:

$$P_{н, j} = \sum_{i=1}^N P_{ос, i} \quad (2)$$

где N – число потребителей, включенных в сеть на j -м интервале времени. Таблица 1 – График изменения нагрузки за сутки

Тогда легко определить по формуле общую мощность солнечной электростанции (1) По таблице 2 будут подключаться электроприемники №1, №2, №3 находим мощность солнечной электростанции. $P_{н} = 3024$ Вт. Эта мощность и будет использована мной для расчета инвертора и мощности солнечной электростанции. Рассмотренная выше методика расчета выходной мощности АСЭ учитывает изменение во времени значения мощности нагрузки и является общим случаем. В частном случае нагрузка АСЭ не изменяется, т.е. является постоянной. К таким потребителям относятся сотовые станции, системы оперативного питания электрических станций и подстанций, светофоры и др. В этом случае выходная мощность автономной солнечной электростанции должна соответствовать суммарной мощности нагрузок [3].

Расчет мощности солнечных панелей автономной солнечной электростанции. Одним из главных расчетов, является правильно рассчитать количество солнечных панелей, для требуемой автономной солнечной электростанции. Сколько энергии сможет выработать солнечная панель, немало важно зависит от погоды. Для того чтобы это приблизительно понять, надо узнать сколько энергии вырабатывается солнцем на этом участке поверхности. Необходимо учесть два фактора: среднегодовую солнечную радиацию, и ее среднемесячное значение в наихудших условиях. В первом варианте, где систему рассчитывают с помощью среднегодового коэффициента, в некоторые месяцы энергии будет избыток, в какие-то недостаток. Во втором варианте же, энергии должно всегда хватать, при условии отсутствия слишком длинных периодов с неблагоприятной погодой. Таким образом, можно вычислить номинальную мощность модуля. Взяв из таблиц значение солнечной радиации за интересующий нас период и разделив его на 1000, получим так называемое количество пика часов, т.е. условное время, в течение которого солнце светит как бы с интенсивностью 1000 Вт/м^2 [3]. Один модуль с мощностью P_w в период выбранного времени сможет выработать следующее количество энергии:

$$W = \frac{k \cdot E \cdot P_w}{1000} \quad (2)$$

где E – значение инсоляции за выбранный период;

k – коэффициент, равный 0,5 и 0,7 в летний и зимний периоды, соответственно [3]. Этот коэффициент берет во внимание нагрев солнечных панелей на солнце, а также угол падения в течение дня. А разница в его значении летом и зимой из-за разного нагрева панелей в этот период. Значение инсоляции $E=2,29 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$ в сутки для г. Сочи в январе. Январь взят за основу расчётов, так как это самое наименьшее значение инсоляции в г. Сочи за солнечные месяцы.

Исходя из значений инсоляции за выбранный период и количества общей потребляемой энергии, можно рассчитать суммарную мощность модуля за день, а потом, разделив всю потребляемую мощность на мощность одного модуля, получим необходимое нам количество.

$$W = \frac{0,7 \cdot 2,29 \cdot 125}{1000} = 200 \text{Вт}$$

Такое количество энергии будет выделять в день в июне один солнечный модуль мощностью 125Вт.

$$N = \frac{3024}{200} = 15,12 \text{шт.}$$

К при примеру для нашего объекта количество фотопанелей выбираем 16 шт.

Меняя мощность фотоэлектрических панелей, или их количество, можно легко построить солнечную батарею нужной нам мощности. Таким образом, появляется два варианта, или переизбыток мощности или ее недостаток. В первом варианте, избыток энергии следует аккумулировать и запасать. Во втором следует подключить дополнительные источники энергии. Расчет инвертора АСЭ. Одним из ключевых приборов, в построении автономной солнечной электростанции является инвертор. Инвертор рассчитывается путем увеличения суммарной мощности всей нагрузки на 10%. Благодаря этому, инвертор позволит включать такие электроприборы, которые потребляют пусковую мощность в 2 раза превышающую их паспортную. В данной системе мы имеем потребляемую мощность порядка 1500 Вт, увеличением ее на 10% минимум, мы получим минимальную мощность нужного нам инвертора – 2000 Вт.

Выбор элементов солнечной электростанции

На основе расчетов, необходимо выбрать нужные нам элементы, для этого приведем таблицы различных элементов СЭС и выберем подходящие.

Выбор солнечной панели

Таблица 2 – Различные производители солнечных панелей

№	Производитель	Мощность, Вт	Напряжение при работе на нагрузку, В	Напряжение холостого хода, В	Ток при работе на нагрузку, А	Напряжение в точке максимальной мощности, В	Габариты, мм
1	Модуль ФСМ160М Sunways	160	12	22,7	8,51	30	1476x667 x35

2	Модуль ФСМ200П Sunways	200	24	30,3	8,06	24,8	1324x9 92 x45
3	Модуль AC260P/156- 60S AXITEC	260	24	38	8,43	30,92	1956x9 92 x40
4	Фотоэлектричес кий модуль ТСМ-90 А (12) Telecom-STV	90	18	22,5	1,2	22	1183x5 63 x43
5	МСРН Р7 PRAMAC (HEVEL)	125Вт	96,2	100	1,30	131,4	1200 x 1400 x 1200

Результаты исследований Из показанных моделей фотоэлектрических панелей в таблице 3 остановимся на модуле мощностью 125 Вт, МСРН Р7 PRAMAC (HEVEL), данный модуль позволяет реализовать основные тепловые и электрические характеристики, в конструкции комбинированной гелиоколлекторной установке, в частности особенности конструкции является характеристика пропускать через себя ультрафиолетовую часть спектра облучения и косвенно нагревать абсорбированную поверхность гелиоколлектора, что позволяет максимальным коэффициентом преобразовывать солнечное облучение в тепловую и электрическую энергию, по сравнению с другими фотоэлектрическими панелями.

Нами предлагается использовать для решения этой проблемы с применением комбинированного устройства использование электрической панели для получения электричества и одновременно использование от перегрева панелей систему охлаждения, которая позволит снижение перегрева и соответственно повышения КПД солнечной панели, а отведенное тепло использовать в зимний период, для отопления помещений в летний для горячего водоснабжения санузлов потребителя.

Предлагаемая гелиоколлекторная установка может снять ряд вопросов по применению лишней тепловой энергии установка показана на рисунке 1.



Рисунок 1. Гибридная гелиоколлекторная установка Российская разработка «Россети Кубань»

Принцип работы у данного устройства следующий: по гидравлическим трубам поступает охлаждающая жидкость в гибридный гелиоколлектор, то есть в 1 часть теплоотдающей поверхности, где расположена солнечная панель, последующим протеканием по первому теплообменнику жидкость через отверстия попадает во вторую часть гелиоколлектора, где поверхность теплообменника нагревается от солнечных лучей на прямую в отличие от первого, где нагревание поверхности происходит косвенно, то есть через солнечный модуль. Одним отличием из существующих аналогов гибридных гелиоколлекторов которые, могут генерировать электрическую и тепловую энергию одновременно, является нахождение теплообменников в одном корпусе, наличие теплообменного элемента в конструкции теплообменника, что дает дополнительные контур для охлаждения в случае перегрева жидкости в теплообменнике, применение солнечных панелей которые, могут преобразовывать, как видимый, так и инфракрасный спектр солнечного излучения.

Иной особенностью также является изменение протекания скорости жидкости внутри теплообменника, что позволяет быстрее охлаждать солнечный модуль и первый теплообменник и при этом нагревать жидкость, в втором теплообменнике коллектора.[3]

Заключение Если рассматривать существующие сферы использования солнечных источников энергии распространены в использовании электроснабжении баз производственного обслуживания компании ПАО «Татнефть» предприятие «Татнефть-Энергосервис», также солнечные панели в комплексе с ветровыми установками используются в компании в ПАО «Лукойл» для автозаправочных станций Краснодарский край, компания НК «Роснефть»

использует солнечные панели в регионе Калининградской области, Ямало-Ненецкого автономного округа, в ПАО «Россети Кубань» для снабжения тепловой энергией и электроснабжения [4] То есть область применения достаточно широка. Наши исследования продолжаться следующим этапом будет обоснование тепловой эффективности гелиоколлекторной установки.

Возможность рассмотреть солнечные панели в совокупности с системой отопления для энергетических объектов нужно знать потребные тепловые и электрические затраты к примеру фермерского хозяйства или тракторной бригады непосредственно на сельскохозяйственных угодьях. Для этого существуют методики расчета, которые показаны в данной статье.

Список источников

1. Бутузов Виталий Анатольевич, доктор технических наук «Проектирование систем солнечного горячего водоснабжения. Анализ российского опыта и нормативных документов» Электронный журнал «Экологические системы». г. Краснодар 2009 г.
2. Амерханов Р.А., Гарькавый К.А., Трубилин А.И. Необходимость решения проблем экономии энергетических ресурсов путем использования современных энергосберегающих технологий / Труды Кубанского госагроуниверситета, Выпуск № 3 (36). - Краснодар: КубГАУ, 2012. ISBN 5- 94672-211-5. С. 281-283.
3. Альтернативные источники энергии и энергосбережение практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, земли, воды, биомассы Германович В., Турилин А. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2014. – 320 с.
4. Ахметшина Г.Р. Солнечные электростанции: эксплуатация на площадках нефтегазового комплекса <https://magazine.neftegaz.ru/articles/vozobnovlyаемые-istochniki-energii/697644-solnechnye-elektrostantsii-ekspluatatsiya-na-nezadeystvovannykh-ploshchadkakh-neftegazovogo-kompleks/>
5. РД 34.20.185-94 «Инструкция по проектированию городских электрических сетей», РАО ЭЭ «ЕЭС России» Министерства топлива и энергетики Российской Федерации.

©Бибко Д.А., Скворок Д.В. 2024

Научная статья
УДК 621.1.016.4

МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ АУДИТОРНОГО ФОНДА

Марина Юрьевна Бузунова¹

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

¹bmirk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8911-5784>

Аннотация. В современных условиях непрерывно развивающегося научно-технического прогресса и активного внедрения программ энергосбережения особое внимание уделяется вопросам экономии электроэнергии и повышения энергоэффективности зданий. Окна и двери любого аудиторного фонда являются наиболее уязвимыми и через них происходят значительные потери тепловой энергии. Правильный расчет этих потерь позволяет оптимизировать систему отопления и кондиционирования, что в свою очередь приводит к экономии энергии и ресурсов. В работе проведен мониторинг тепловых потерь через оконные проемы лабораторий физики Иркутского ГАУ на основе общепринятых методик расчета, учитывающих различные факторы: площадь оконного или дверного проема, тип конструкции стеклопакетов, вид заполнения, коэффициент теплопроводности материала рамы и заполнения, а также климатические условия региона. Основная цель исследования: выявление наиболее проблемных зон утечки тепловой энергии для возможности последующей оптимизации микроклимата аудиторного фонда и реализации программы энергосбережения в целом. При проведении измерений использовали сертифицированный прибор - тепловизор testo степень разрешения которого лежит в пределах 320x240, активно применяемый для аудита в различных сферах. Представлены экспериментальные суточные вариации тепловых потерь на 1 м² и на общую площадь окон в зимний период низких температур региона. Проведен анализ экспериментальных термограмм исследуемых объектов. Представлены краткие рекомендации по оптимизации микроклимата аудиторного фонда. Обоснована актуальность задачи повышения энергоэффективности помещения, как важного фактора для создания комфортной и энергоэффективной среды.

Ключевые слова: тепловые потери, тепловизор, энергоаудит, теплопроводность, электрическая энергия.

Для цитирования: Бузунова М.Ю. Мониторинг тепловых потерь аудиторного фонда / М.Ю. Бузунова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article
UDC 621.1.016.4

MONITORING OF HEAT LOSSES OF THE AUDITORY FUND

Marina Yurievna Buzunova¹

¹Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

¹bmirk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8911-5784>

Annotation. In modern conditions of continuously developing scientific and technological progress and the active implementation of energy saving programs, special attention is paid to the issues of saving energy and increasing the energy efficiency of buildings. Windows and doors of any classroom are the most vulnerable

and significant losses of thermal energy occur through them. Correct calculation of these losses allows you to optimize your heating and air conditioning system, which in turn leads to savings in energy and resources. The work monitored heat losses through the window openings of the physics laboratories of the Irkutsk State Agrarian University based on generally accepted calculation methods that take into account various factors: the area of the window or door opening, the type of double-glazed window construction, the type of filling, the thermal conductivity coefficient of the frame and filling material, as well as the climatic conditions of the region. The main goal of the study: to identify the most problematic areas of thermal energy leakage for the possibility of subsequent optimization of the microclimate of the classroom fund and the implementation of the energy saving program as a whole. When carrying out the measurements, we used a certified device - a testo thermal imager, the resolution of which is within the range of 320x240, which is actively used for auditing in various fields. Experimental daily variations in heat loss per 1 m² and per total window area during the winter period of low temperatures in the region are presented. An analysis of experimental thermograms of the studied objects was carried out. Brief recommendations for optimizing the microclimate of the classroom fund are presented. The relevance of the task of increasing the energy efficiency of premises as an important factor for creating a comfortable and energy-efficient environment is substantiated.

Key words: heat losses, thermal imager, energy audit, thermal conductivity, electrical energy.

For citation: Buzunova M.Yu. Monitoring of thermal losses of the classroom fund / M.Yu. Buzunova // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В настоящее время вопросы энергоэффективности и экономии ресурсов становятся все более актуальным. Особенно это касается аудиторных помещений, где необходимо обеспечить комфортные условия для эффективной трудовой деятельности. Одной из основных проблем при этом является значительная потеря тепла аудиторного фонда через окна и двери, являющиеся слабыми местами с точки зрения теплоизоляции и играющие важную роль в сохранении теплового баланса. Значительные потери тепла через них могут привести к существенному повышению расходов на отопление и кондиционирование помещений. Поэтому необходимо проводить регулярный мониторинг тепловых аудиторного фонда, чтобы определить эффективность имеющейся системы утепления и выявить возможности для ее совершенствования.

Целью данной статьи является определение и расчет тепловых потерь через окна аудиторного фонда лабораторий физики в целях оптимизации расходов на отопление в целом, улучшения энергоэффективности здания и экономии энергоресурсов.

Материалы и методы. На сегодняшний день существует несколько различных подходов к расчету тепловых потерь через окна и двери. Они отличаются друг от друга по используемым моделям и уровню детализации. Рассмотрим некоторые из них.

Первым наиболее простым подходом является метод упрощенных расчетов, который основывается на использовании усредненных значений коэффициентов теплоотдачи и теплоизоляции. Однако он не учитывает особенности конкретных окон и дверей, а также внешние факторы, такие как погода и режим работы системы отопления.

Второй подход – более точный метод теплопроводности, который основывается на принципах теплопередачи через материалы окон и дверей. В этом случае необходимо знать теплопроводность материалов и их геометрические параметры. Однако метод не всегда доступен для применения, так как требует проведение сложных лабораторных исследований и наличие специализированного оборудования.

Третий подход – это метод компьютерного моделирования на основе специализированных программ, которые позволяют смоделировать конкретную ситуацию и рассчитать тепловые потери через конкретное окно или дверь [6]. Метод учитывает все важные факторы: геометрические параметры, материалы, теплопроводность, а также внешние условия и режим работы отопительной системы. Этот метод является наиболее точным и надежным, так как учитывает все возможные влияющие факторы.

Каждый из описанных методов имеет свои преимущества и недостатки. Выбор метода расчета зависит от целей и условий конкретной задачи, а также от доступности необходимых данных и оборудования. В некоторых случаях достаточно использования упрощенного метода, однако при повышении требований к точности и надежности расчетов стоит обратить внимание на более сложные методы, такие как метод теплопроводности или компьютерного моделирования.

В статье представлены результаты энергоаудита тепловых потерь аудиторного фонда через окна согласно общеизвестной методике расчета, как наиболее значимые, на основе формул теплопередачи [1,2,4,8]. Так как до 45% утечки тепла происходит именно через оконные проемы.

Цель исследования - определение участков значимых потерь тепловой энергии для последующей оптимизации микроклимата в лабораториях и создания комфортных условий на рабочем месте.

Обследование энергоэффективности помещения проводилось при помощи тепловизорной сертифицированной установки (тепловизор testo со степенью разрешения в пределах 320x240), позволяющей выявить равномерность теплового обогрева, получить безконтактно достоверную информацию в инфракрасном спектре излучения, сделать термограмму и рассчитать величину тепловых потерь [5,7,9].

Результаты исследования. Эксперимент проходил в учебных лабораториях ИрГАУ. Длительность эксперимента составила 14 дней. При помощи

тепловизора проведены замеры температурного режима всех окон, как внутри так и снаружи помещения, температуры батарей и влажности. Соответствующие данные и термограммы занесены в базу персонального компьютера, затем проведены расчеты тепловых потерь для всех дней эксперимента. Эксперимент проведен для зимнего периода низких температур в регионе, вариации которой лежат в интервале от -10° до -36° . Проведенный анализ экспериментальных данных показал, что в аудиториях с нарушенным теплоизоляционным слоем потери теплоты увеличиваются в среднем на 20-30% при неизменном температурном режиме.

На рис.1 приведена экспериментальная зависимость тепловых потерь в результате теплопроводности в расчете на 1 м^2 и на общую площадь окна в целом, а также вариации уличной температуры за исследуемый период. График наглядно показывает наличие корреляции тепловых потерь с температурой на улице, максимум тепловых потерь составляет $164,4 \text{ Вт/м}^2$ при понижении температуры до -34° . Расчет тепловых потерь теплопроводностью через окно из расчета на 1 м^2 проводился по ф. (1), общие тепловые потери через окно по ф.(2).

$$q = \frac{t_{\text{ср.ок.}} + t_{\text{ул}} + t_{\text{пом}}}{\left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} * 2\right) + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad (1); \quad Q_r = qS \quad (2).$$

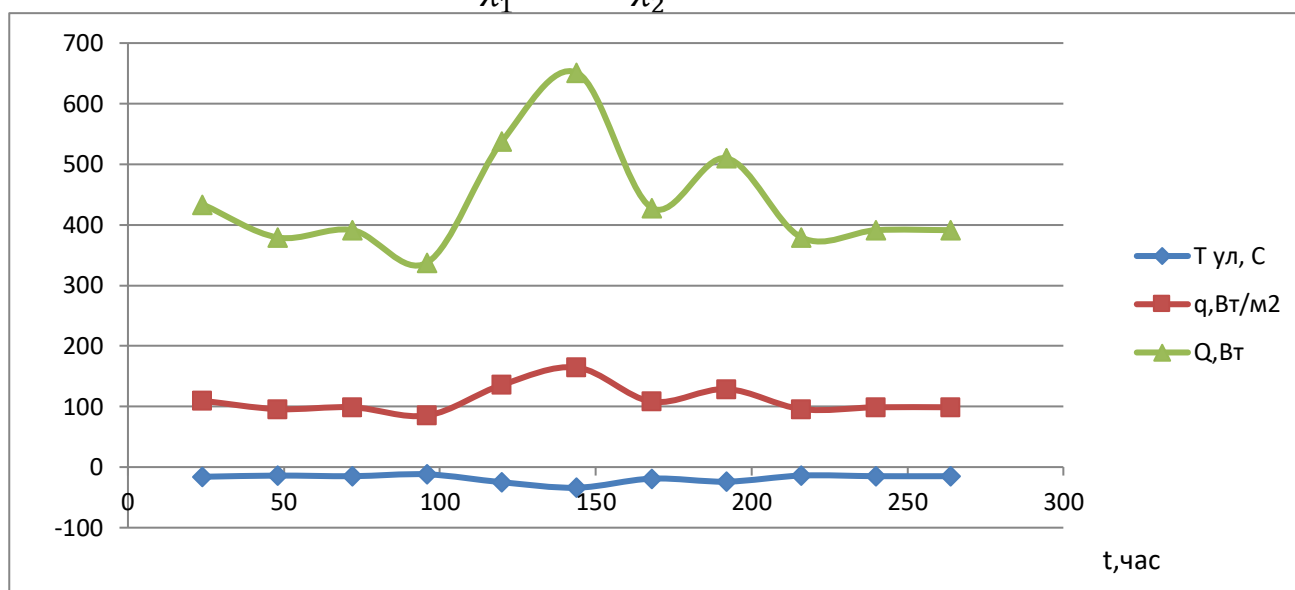


Рисунок 1. Вариации потерь теплоты теплопроводностью (из расчета на 1 м^2 и через общую площадь оконного проема) и температуры улицы от времени.

Общие тепловые потери через окно теплопроводностью за период эксперимента изменяются в среднем в 1,93 раза (от $337,73 \text{ Вт}$ до $651,04 \text{ Вт}$. С). В расчете на общее количество окон в лабораториях тепловые потери весьма значимы, что требует принятия комплексных мер для устранения соответствующих негативных факторов, таких как дополнительная термоизоляция оконных проемов, запенивание щелей, проверка крепежей и т.д. Реализация данных мероприятий позволит выровнять температурный режим в аудиториях, сделать

его комфортным и обеспечит экономию энергоресурсов[10]. Таким образом, проведенный энергоаудит несомненно эффективен и полезен в целях последующей оптимизации потребления энергоресурсов в целом.

Заключение. Энергоаудит при помощи тепловизора достаточно надежен, представляет возможность выявить зоны нарушения теплоизоляции исследуемого объекта, сделать фото проблемных мест и оперативно решать вопросы по оптимизации тепловых потерь. Расчет тепловых потерь через окна и двери аудиторного фонда является важной задачей, которая помогает оптимизировать энергопотребление и создать комфортные условия в помещениях. Кроме того реализация рекомендаций по снижению теплопотерь поможет улучшить энергоэффективность здания, снизить энергозатраты и создать оптимальный для трудовой деятельности микроклимат в помещении.

Список источников

1. Бранфилева, А. Н. Оценка эффективности энергоаудита системы теплоснабжения учебного корпуса № 1 САМГТУ / А. Н. Бранфилева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 2(17). – С. 25-36.
2. Бузунова, М. Ю. Физика: учебное пособие / М. Ю. Бузунова, В. В. Боннет ; Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского. – Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. – 96 с
3. Быстров, М. В. Сравнительный анализ способов расчета тепловых потерь здания / М. В. Быстров, А. В. Гришкова // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2021. – Т. 1. – С. 297-301.
4. Дорофеева, Н. Л. Тепловизионный контроль теплопотерь жилых зданий / Н. Л. Дорофеева, У. Д. Коршунова // Молодежный вестник ИрГТУ. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 84-88. – EDN JSHRXN.
5. Мальцев, Д. С. Тепловизионное обследование многоэтажного дома / Д. С. Мальцев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2023. – № 4(279). – С. 73-76.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022614334 Российская Федерация. Программа расчёта тепловых потерь через окна и выбора типа окон : № 2022613460 : заявл. 11.03.2022 : опубл. 18.03.2022 / С. В. Гужов, Ф. К. Аринин, А. А. Сесин ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».
7. Столповский, Г. А. Обследование тепловизором учебного корпуса №3 огу (г. Оренбург) / Г. А. Столповский, Н. В. Потехенченко, П. В. Романюк // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 01–03 февраля 2017 года / Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – С. 972-976.

8. Теплообмен. Теория и практика : учебное наглядное пособие / М. В. Павлов, Д. Ф. Карпов, А. Г. Гудков [и др.]. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2021. – 84 с. – ISBN 978-5-87851-927-4.
9. Шилин, А. Н. Тепловизионный контроль в энергоаудите / А. Н. Шилин, А. Б. Мадаров // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2013. – № 12(115). – С. 96-99
10. Жороев, Б. У. Энергосбережение тепловых потерь помещений с изменением коэффициентов теплопередачи через окна / Б. У. Жороев, К. О. Северина // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 12-9(80). – С. 47-50.

© Бузунова М.Ю., 2024

Научная статья
УДК 504.7

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ БАЛАНС

Марина Юрьевна Бузунова¹

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

¹bmirk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8911-5784>

Аннотация. Выбросы углекислого газа (CO_2) играют ключевую роль в изменении климата и имеют серьезные экологические последствия для нашей планеты. Углекислый газ является основным газом, вызывающим парниковый эффект, который приводит к глобальному потеплению и климатическим изменениям. В последние десятилетия наблюдается рост уровня CO_2 в атмосфере, что вызывает беспокойство ученых и экологов. В работе в качестве одного из способов оценки воздействия выбросов углекислого газа на экологию выбран расчет углеродного следа, производимого ФГБОУ ВО Иркутским ГАУ за период с 2019 по 2023 г.. Рассмотрено влияние выбросов углекислого газа на экологию, обоснованы актуальность проблемы и методика расчета углеродного следа, а также реальные пути снижения выбросов и достижения устойчивого развития. Расчет углеродного следа проведен на основе методики, рекомендованной к использованию при подведении итогов в международном рейтинге университетов UI Green Metric World University Rankings. При расчете за основу выбрано суммарное потребление электрической энергии в год и соответствующая транспортная нагрузка: учтены выбросы CO_2 , обусловленные транспортными средствами (автобусы, автомобили и мотоциклы) и применением электроэнергии в целом. Отмечено наличие тенденции к уменьшению общей массы углеродного следа, благодаря поэтапному внедрению энергосберегающих технологий. Расчет углеродного следа является важным

инструментом в борьбе с изменением климата и сохранением биологического разнообразия нашей планеты. Снижение выбросов углекислого газа способствует улучшению экологической ситуации, снижению рисков климатических изменений и созданию устойчивого будущего для нашей планеты.

Ключевые слова: углеродный след, углекислый газ, энергосбережение, электрическая энергия, экология, транспортная нагрузка.

Для цитирования: Бузунова М.Ю. Мониторинг тепловых потерь аудиторного фонда / М.Ю. Бузунова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

UDC 504.7

THE RELEVANCE OF CARBON FOOTPRINT RESEARCH AND ITS IMPACT ON THE ECOLOGICAL BALANCE

Marina Yurievna Buzunova¹

¹Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

¹bmirk@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8911-5784>

Annotation. Carbon dioxide (CO₂) emissions play a key role in climate change and have serious environmental consequences for our planet. Carbon dioxide is the main greenhouse gas that leads to global warming and climate change. In recent decades, there has been an increase in CO₂ levels in the atmosphere, which has caused concern among scientists and environmentalists. In this work, as one of the methods for assessing the impact of carbon dioxide emissions on the environment, we selected the calculation of the carbon footprint produced by the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Irkutsk State Agrarian University for the period from 2019 to 2023. The impact of carbon dioxide emissions on the environment is considered, the relevance of the problem and the methodology for calculating the carbon footprint are substantiated, as well as real ways to reduce emissions and achieve sustainable development. The carbon footprint was calculated based on the methodology recommended for use when summing up the results of the international university ranking UI Green Metric World University Rankings. The calculation is based on the total consumption of electrical energy per year and the corresponding transport load: CO₂ emissions caused by vehicles (buses, cars and motorcycles) and the use of electricity in general are taken into account. There is a tendency to reduce the overall carbon footprint due to the phased introduction of energy-saving technologies. Calculating our carbon footprint is an important tool in the fight against climate change and preserving our planet's biodiversity. Reducing carbon dioxide emissions helps improve the environmental situation, reduce the risks of climate change and create a sustainable future for our planet.

Keywords: carbon footprint, carbon dioxide, energy saving, electrical energy, ecology, transport load

For citation: Buzunova M.Y. Monitoring of heat losses of the Classroom Fund / M.Y. Buzunova // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Conference with international participation / Edited by С.М. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В современных условиях интенсивного развития научно-технического прогресса выбросы углекислого газа стали одной из главных проблем для экологии и климата нашей планеты. Углекислый газ, являющийся основным веществом, от которого образуются парниковые газы, играет ключевую роль в изменении климата Земли. Поэтому актуальность изучения влияния выбросов углекислого газа на экологию нельзя преуменьшать.

Выбросы углекислого газа происходят как от природных процессов (например вулканическая активность), так и в результате человеческой деятельности, особенно связанной с использованием источников энергии на основе угля, нефти и природного газа. Это приводит к повышению концентрации парниковых газов в атмосфере, потеплению климата, изменению погодных условий, росту уровня морей и водоемов [6]. Глобальное потепление, помимо повышения уровня мирового океана, приводит к частому возникновению экстремальных погодных явлений, таких как ураганы, засухи и наводнения, а также влияет на биологическое разнообразие (животный и растительный мир). Россия находится на 23 месте по выбросам парниковых газов с показателем 12 тонн/чел., лидирующие позиции занимает США и Китай. В целях сохранения экологического баланса планеты необходимо сократить потребление электрической энергии и отдать предпочтение общественному транспорту и электромобилям.

Одним из способов оценки воздействия выбросов углекислого газа на экологию является расчет углеродного следа. Углеродный след – это количественная оценка (суммарный выброс всех парниковых газов, произведенный в результате человеческой деятельности или продуктом). Расчет углеродного следа позволяет определить вклад различных источников выбросов в изменение климата и принять необходимые меры для его снижения.

Материалы и методы. В данной статье представлены результаты расчета углеродного следа на основе методики, рекомендованной к использованию при подведении итогов в международном рейтинге университетов UI Green Metric World University Rankings [5,8]. Учитывая активное изменение климата нашей планеты, согласно данным межправительственной группы экспертов ООН, значимость такой оценки несомненно важна для сохранения ее экологии [3]. С 2019 года Иркутский ГАУ принимает активное участие в международном рейтинге устойчивого развития университетов, одна из целей которого сохранение экологического баланса планеты. В рамках раздела «Энергия и изменение климата», основными критериями которого являются: реализация элементов умного здания, количество возобновляемой электрической энергии,

использование энергосберегающих приборов, число инновационных программ по энергосбережению и оптимизации микроклимата, проведен расчет общего энергопотребления [1].

Результаты исследования. В работе представлены результаты оценки углеродного следа Иркутского ГАУ за период с 2019 по 2023 г, как одного из способов оценки воздействия выбросов углекислого газа на экологию. За основу приняты расчеты энергопотребления вуза за пятилетний период. Отмечено, что благодаря активному внедрению энергосберегающих технологий потребление энергоресурсов в целом снизилось на 12 %.[1,2].

Методики расчета углеродного следа весьма разнообразны, их анализ представлен в работах [4,7,8]. При расчете углеродного следа за основу выбрано суммарное потребление электрической энергии в год и соответствующая транспортная нагрузка. Учтены выбросы CO₂, обусловленные транспортными средствами (автобусы, автомобили и мотоциклы) и применением электроэнергии в целом. Данная методика расчетов представлена в рекомендации [8].

В качестве примера представим расчет количества выбросов углекислого газа за 2021 г.:

за счет потребления электрической энергии: $3767798/1000 \times 0,84 = 3164,95$;

за счет эксплуатации автобусов и автомобилей:

$((4 \times 2 \times 20 \times 240) / 100) \times 0,01 = 3,84$;

$((26 \times 2 \times 20 \times 240) / 100) \times 0,02 = 49,9$.

CO₂(электричество)

$$= \frac{W \text{ (kWh)}}{1000} \times 0,84 = \frac{3767798}{1000} \times 0,84 = 3164,95 \text{ t,}$$

где W – суммарное потребление электроэнергии в год.

CO₂ (автобусы)

$$= \frac{N_{\text{авт}} \times k \times S \text{ (км)} \times 240}{100} \times 0,01 = \frac{4 \times 2 \times 20 \times 240}{100} \times 0,01 = 3,84 \text{ t,}$$

где N_{авт} - количество автобусов в университете,

k- общее количество рейсов, осуществляемых автобусами,

S - примерный путь, проходимый автобусами по территории университета.

CO₂ (автомобили)

$$\frac{N_a \times 2 \times d \text{ (км)} \times 240}{100} \times 0,02 = \frac{26 \times 2 \times 20 \times 240}{100} \times 0,02 = 49,9 \text{ t,}$$

где N_a - количество транспортных средств в личном пользовании сотрудников, d - примерный путь, проходимый личными автомобилями по территории университета.

CO₂ (общее количество)

= 3164,95 + 3,84 + 49,9

= 3218,69 метрических тонны

Анализ проведенных расчетов углеродного следа Иркутского ГАУ за период с 2019 по 2023 г. позволяет отметить наличие тенденции к уменьшению общей массы углеродного следа по Иркутскому ГАУ, благодаря поэтапному внедрением энергосберегающих технологий (нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, замене источников освещения на

энергосберегающие, частичному переходу на электромобили и т.д.). Итоговые показатели за отчетный период по использованию электроэнергии составляют: в 2019 г. - 3346,2 метрических тонны, в 2021 г.- 3164,9 метрических тонны, а в 2022 г. – 2944,2 метрических тонны, представляя при этом существенную экономию энергоресурсов.

Снижение выбросов углекислого газа требует применения различных комплексных мер: энергоэффективности и повышения эффективности использования ресурсов путем замены топлива на возобновляемые источники энергии (солнечная, ветровая и гидроэнергетика). Вторым важным направлением является улучшение энергетической эффективности, то есть снижение энергопотребления благодаря использованию энергосберегающих технологий и методов. Третий путь снижения выбросов углекислого газа является развитие транспорта с низким содержанием углерода: развитие общественного транспорта и массовое использование электромобилей, а также развитие инфраструктуры для зарядки этих транспортных средств.

Не менее значимым мероприятием по снижению выбросов углекислого газа является эффективное использование ресурсов и переработка отходов. Минимизация отходов, их переработка и использование вторичного сырья позволяют снизить потребность в добыче и переработке новых ресурсов, что в свою очередь сокращает объемы выбросов углекислого газа. Одной из важных составляющих снижения выбросов углекислого газа является изменение потребительского поведения и создание экологического сознания. Это включает в себя рациональное использование ресурсов, экологический выбор продуктов и услуг, а также участие в экологических инициативах и общественных движениях, направленных на снижение выбросов углекислого газа.

Выводы. Реализация программы по снижению выбросов углекислого газа и контроль массы углеродного следа способствуют улучшению экологической ситуации и окружающей среды, снижению рисков климатических изменений и созданию устойчивого будущего для нашей планеты.

Список источников

1. Бузунова, М. Ю. Анализ энергопотребления Иркутского ГАУ в рамках Международного рейтинга Greenmetric / М. Ю. Бузунова, А. В. Анненкова // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 264-268.
2. Бузунова, М. Ю. Оптимизация энергопотребления в рамках международного рейтинга университетов Green Metric / М. Ю. Бузунова // Приднепровский научный вестник. – 2023. – Т. 11, № 2. – С. 109-111. – EDN ХСККФV.

3. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research https://edgar.jrc.ec.europa.eu/emissions_reports (дата обращения: 02.04.2024)
4. Абдуллина, Л. Р. Обзор методик расчета углеродного следа / Л. Р. Абдуллина, А. И. Подольский // Высокие технологии и инновации в науке : сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 мая 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 80-82. О необходимости участия университетов в рейтинге устойчивого развития UI Green Metric World (на примере УРФУ) / А. А. Каминов, В. П. Ануфриев, М. В. Никитин, О. А. Оборин // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 3-1. – С. 466-475. – DOI 10.34670/AR.2019.89.3.051.
5. Серебренников, Д. А. Опыт работы с международными рейтингами университетов: проблемы и особенности сбора и анализа данных / Д. А. Серебренников // Опыт и перспективы развития экспортного потенциала образовательных услуг в высшем образовании: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Курск, 03 июня 2021 года. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2021. – С. 199-203
6. Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата (МГЭИК), 13-19 марта 2023 г. URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/> (дата обращения: 02.04.2024)
7. Меликова, К. А. Программа расчета углеродного следа (углеродный калькулятор) для компаний энергетического сектора / К. А. Меликова // Возобновляемая энергия планеты : Сборник материалов II Всероссийского конкурса студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Москва, 26 мая – 03 2022 года. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2022. – С. 127-130.
8. <https://www.carbonfootprint.com> (дата обращения: 07.09.2020)

© Бузунова М.Ю., 2024

Научная статья
УДК 621.316.1.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИГНАЛ ПРИ КОНТРОЛЕ НЕРАЗМЫКАЕМОГО ПЛОСКОСТНОГО КОНТАКТНОГО СОЕДИНЕНИЯ ШИН

Роман Викторович Вензелев¹, Ольга Олеговна Вензелева²

¹Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

¹venzelve_rv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9641-291X>

²Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия

²venzelve_rv@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты работы по акустической эмиссии плоскостного электрического контакта, выполненного болтовым соединением. Определен уровень ультразвукового сигнала прошедшего через контактное соединение при различных значениях сопротивления постоянному току и температуры. Установлено влияние температурного режима и сопротивления контакта на величину ультразвукового сигнала. Показана возможность применения машинного обучения для определения текущего и прогнозирования будущего технического состояния контактного соединения.

Ключевые слова: Акустика, диагностика, контроль контактных соединений, мониторинг, оценка состояния, сборные шины, ультразвук.

Для цитирования: Вензелев Р. В. Исследование температурного воздействия на ультразвуковой сигнал при контроле неразмыкаемого плоскостного контактного соединения шин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

UDC 621.316.1.12

STUDY OF THE TEMPERATURE EFFECT ON THE ULTRASONIC SIGNAL WHEN MONITORING A NON-OPENING PLANAR CONTACT CONNECTION OF BUSBARS

Roman Viktorovich Venzelev¹, Olga Olegovna Venzeleva²

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹venzelove_rv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9641-291X>

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia venzelove_rv@mail.ru

Abstract. The results of work on the acoustic emission of a planar electrical contact made by a bolted connection are presented. The level of ultrasonic signal passing through the contact connection was determined at various values of direct current resistance and temperature. The influence of temperature conditions and contact resistance on the magnitude of the ultrasonic signal has been established. The possibility of using machine learning to determine the current and predict the future technical state of a contact connection is shown.

Keywords: Acoustics, diagnostics, control of contact connections, monitoring, condition assessment, busbars, ultrasound.

For citation: Venzelev R. V. Study of the temperature effect on the ultrasonic signal when monitoring a non-opening planar contact connection of busbars // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Электроэнергия является основным энергетическим инструментом научно-технического прогресса человечества, который формирует основу высоких технологий, повышение производительности труда, качества и условий жизни людей как в быту, так и на производстве. В тоже время, передача и преобразование электроэнергии в другие виды энергии требует организации систем контроля и управления. По прогнозам, электрическая энергия станет к 2050 г. наиболее важным конечным энергоносителем. Для повышения надежности электроэнергетических систем потребуются инвестиции в крупномасштабные активно-адаптивные (интеллектуальные) электрические сети, в развитие распределенной интеграции и восстанавливаемых источников электроэнергии [1].

Известно, что в настоящее время объемы эксплуатируемого электросетевого комплекса России включают около 2,3 млн. км линий электропередачи (ЛЭП), 480 тыс. подстанций суммарной трансформаторной мощностью более 750 ГВА [1]. Только в 2021 году ввод трансформаторных мощностей составил 10 677,29 МВА (113 % от плана года) и электрических сетей в объеме 25 007,91 км (119 % от плана года) [2]. Перед энергетикой страны поставлены задачи перехода к построению модели активно – адаптивных электрических сетей, которые представляют собой совокупность подключенных к генерирующим источникам и потребителям энергии элементов электрических сетей и систем управления, включающих, например: датчики положения и текущих режимных параметров в количестве, достаточном для обеспечения оценки состояния сети в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах работы энергосистемы, с высокой скоростью съема показаний в цифровом виде, а также информационно-технологические и управляющие системы, в том числе программное обеспечение и технические средства адаптивного управления с возможностью воздействия в реальном времени на активные элементы сети и электроустановки потребителей [3]. С учетом того, что ежегодно в стране вводятся и продолжают эксплуатацию электроустановки разных классов напряжения, которые включают в себя большое количество контактных соединений (КС), являющихся неотъемлемой частью электрических схем энергообъектов, становится все более актуальным вопрос удаленного и неразрушающего определения технического состояния КС. В распределительной сети 0,4-110 кВ преимущественно используются алюминиевые сплавы для шин трансформаторных, распределительных пунктов и подстанций. Даже при правильной эксплуатации через год – полтора года после сборки у большинства алюминиевых контактов наблюдается 3 – 5 кратный рост сопротивления, который приводит к недопустимому нагреву [4].

Несмотря на то, что существует достаточно большое количество методов определения оценки состояния контактных соединений, имеется проблема, которая заключается в том, что данные методы не позволяют с высокой степенью достоверности определить техническое состояние контактного соединения под рабочим напряжением. Фактически, оценка состояния контактных соединений под напряжением осуществляется методом дистанционного измерения

температуры контакта, что является косвенной оценкой. Так, например, одна из новых разработок по удаленному измерению температуры шин выполнена с применением измерительных пассивных радиочастотных элементов на поверхностных акустических волнах, диапазон измерения температур данной системы лежит в пределах от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$ [5]. Данный диапазон рабочих температур соответствует требованиям ГОСТ 8024-90 «Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний», но не исключает повреждения элементов системы и последующую их стабильную работу при кратковременных возрастаниях температуры КС во время короткого замыкания на контролируемом присоединении, которая может достигать 300°C . Согласно патентной информации, показанная система позволяет производить контроль температуры, предупреждать об аварийных ситуациях и обеспечивать пожарную безопасность электрооборудования, но не нацелена на контроль, диагностику и прогнозирование технического состояния контролируемых контактных соединений.

Актуальность разработки новых методов и устройств контроля технического состояния для отдельных элементов энергообъектов обусловлена необходимостью расширения базы отечественных технических средств, обеспечивающих сбор информации о состоянии электроустановок в режиме реального времени и под их рабочим напряжением. В свою очередь обширный перечень номенклатуры технических средств и методик позволит гибко компоновать новые или дополнять существующие системы удаленной диагностики и контроля технического состояния электрооборудования энергообъектов.

Цели и задачи. В ранних исследованиях рассмотрена возможность применения ультразвука (УЗ) для оценки плотности контакта. Установлена возможность применения акустического метода для выявления дефекта плоскостных электрических контактов [6].

Цель работы состояла в определении зависимости сквозного ультразвукового сигнала от температуры и сопротивления контакта.

Таким образом, для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Подготовить физическую модель плоскостного контактного соединения для исследования влияния нагрева поверхностей контакта на изменение величины ультразвукового сигнала.

2. Исследовать характер изменения уровня ультразвукового сигнала при влиянии температурных режимов контактного соединения.

3. Выполнить обработку полученных данных с применением специализированного программного обеспечения.

Построение модели. В условиях реальной эксплуатации нагрев КС обусловлен ослаблением затяжки гаек болтов, образованием окислов между поверхностями контакта, передачей через контакт нагрузки выше номинальных значений проводников или вследствие нагрева шин окружающим воздухом.

Для построения модели контакта с областью контролируемого нагрева контактных поверхностей применены шины АДЗ1Т из алюминия с сечением профиля 10x80 мм. Данный тип шин широко используется в электроэнергетической промышленности для монтажа шинопроводов, секций шин, щитов и т.п. в различных электроустановках. Нагрев КС организован от двух пальчиковых трубчатых электрических нагревателей (ТЭН) диаметром 6 мм, напряжением питания 220 В и мощностью 100 Вт каждый. ТЭН размещены между двух шин во фрезерованных пазах. Фрезеровка пазов диаметром $6,2 \pm 0,15$ мм выполнена под углом 45° к боковому торцу КС. Для организации равномерного нагрева пазы равноудалены от области контроля, расположенной в центральной точке контакта. Для сквозного прозвучивания КС в работе применены пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП) типа ПЭП111-2,5 МГц, диаметром 12 мм, которые установлены на нижней и верхней плоскости КС в центральной точке. При монтаже ПЭП обращены друг к другу рабочими поверхностями. В качестве средства контроля и регулирования температуры нагрева применен терморегулятор REX-C700 в комплекте с датчиком температуры WRNT-2M4. Для точной и стабильной фиксации ПЭП в области КС, разработаны цифровые 3D-модели креплений, которые далее изготовлены из пластика с применением 3D-печати. Для формирования УЗ сигнала и анализа эхо-сигнала зондирующего импульса, применен УЗ дефектоскоп УДС2, к которому подключены ПЭП. Контактные шины соединены болтами из углеродистой стали. Цифровая 3D-модель КС с размещенными ТЭН и ПЭП изображена на рисунке 1.

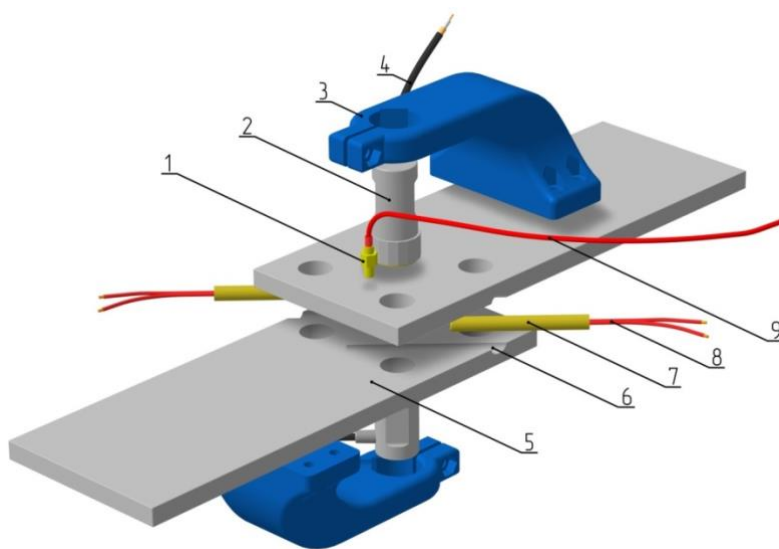


Рисунок 1 - Цифровая 3D-модель контактного соединения.

1 – датчик температуры; 2 – ПЭП; 3 – крепление ПЭП; 4 – провод ПЭП к дефектоскопу; 5 – алюминиевая шина; 6 – паз для размещения ТЭН; 7 – ТЭН; 8 – провод ТЭН к терморегулятору; 9 – провод датчика температуры к терморегулятору.

Для удобства монтажа ПЭП, КС размещено на основании, изготовленном из керамических изоляторов типа ИОР-10-7,5.

Готовая модель КС с применяемыми приборами и терморегулятором представлена на рисунке 2.

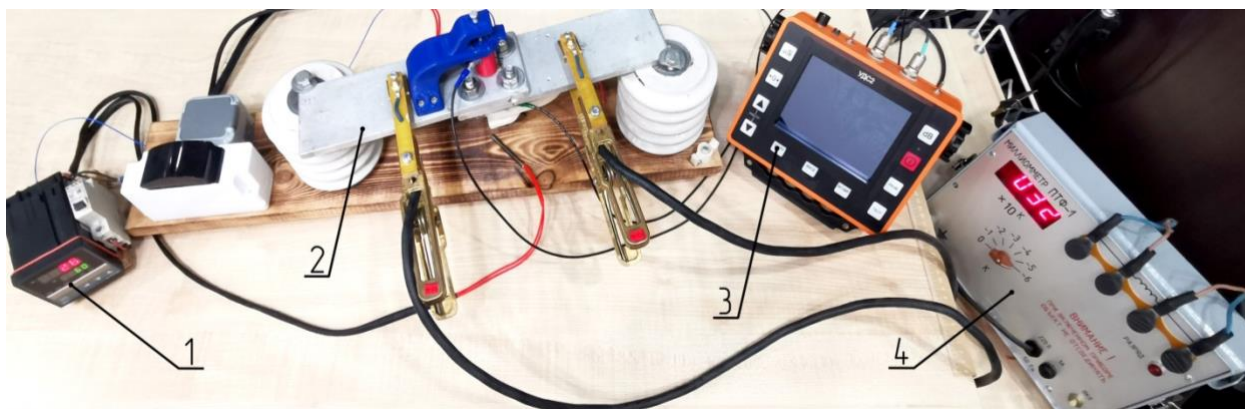


Рисунок 2 - Стенд для измерений ультразвукового сигнала.

1 – терморегулятор; 2 – готовая модель КС; 3 – ультразвуковой дефектоскоп;
4 – цифровой миллиомметр.

Методика исследования КС. Согласно нормативному документу РД 34.45-51.300-97 «Объемы и нормы испытаний электрооборудования», состояние КС характеризуется величиной сопротивления постоянному току при организации измерений на выведенном оборудовании в ремонт и температурой контакта на оборудовании находящемся в работе и под нагрузкой.

С целью оценки уровня УЗ сигнала, соответствующего различным техническим состояниям КС, необходимо произвести сравнение значений сопротивления и величины УЗ сигнала при идентичной температуре КС. Изменение величины сопротивления выполнено посредством уменьшения затяжки гаек стяжных болтов КС. Для измерения переходного сопротивления КС применен цифровой миллиомметр типа ПТФ.

Исходя их рабочих характеристик, применяемых в работе ПЭП, согласно паспортным характеристикам диапазон измерений должен лежать в пределах температурных значений от -25 до $+60^{\circ}\text{C}$. Выбор ПЭП обусловлен доступностью и достаточностью диапазонов рабочих параметров для проведения экспериментов. Следует отметить, в промышленности выпускаются образцы ПЭП для контроля поверхностей с температурой нагрева до $+350^{\circ}\text{C}$, что обеспечит работу преобразователей во всех режимах работы электроустановок, включая режим короткого замыкания, температура которого может достигать 300°C .

Для идентичности значений нижнего порога температуры КС, принято значение равное 30°C . Контроль нагрева КС выполнен через датчик температуры, который соединен с терморегулятором. Дополнительный контроль температурного режима выполнен с применением промышленного тепловизора testo 875.

Рисунок 3 показывает, что область максимального нагрева находится в зоне прохождения УЗ сигнала от верхнего ПЭП к нижнему, что удовлетворяет требованию к построенной модели КС.

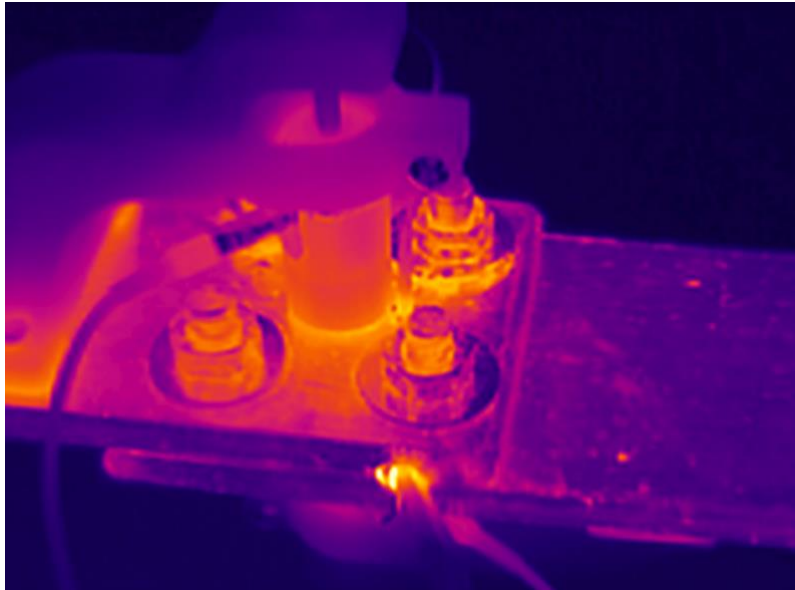


Рисунок 3 - Термограмма контактного соединения.

Измерения произведены с шагом фиксации температуры 5°C . Значения величин изменения УЗ сигнала определены при установившемся в течении 5-7 минут температурном режиме КС для каждой ступени измерений.

Изменение параметров УЗ относительно сопротивления и температуры контакта выполнено следующим образом. На экране дефектоскопа установлена зона контроля УЗ сигнала, максимальная амплитуда которого должна соответствовать определенной на экране точки. При значении нижнего порога температуры и начального значения сопротивления КС выполняется УЗ прозвучивание и подстройка параметра дефектоскопа «УСИЛЕНИЕ» до достижения амплитуды сигнала равной определенной на экране точки, значение параметра «УСИЛЕНИЕ» регистрируется. При изменении параметров температуры и сопротивления происходит изменение амплитуды УЗ сигнала, в результате чего требуется корректировка параметра дефектоскопа «УСИЛЕНИЕ» до достижения уровня амплитуды определенной на экране точки. Повышение параметра «УСИЛЕНИЕ» интерпретируется как ослабление УЗ сигнала при прохождении через объект контроля, снижение параметра отражает улучшение проникаемости УЗ волн через объект контроля.

В процессе работы выполнена следующая последовательность операций:

1. Нагрев КС до исходного значения 30°C ;
2. Измерение сопротивления КС постоянному току при температуре 30°C ;
3. Измерение начального уровня усиления УЗ сигнала соответствующего сопротивлению КС при температуре 30°C ;
4. Повышение температуры КС на 5°C , ожидание установившегося температурного режима в течении 5-7 минут;
5. Корректировка параметра дефектоскопа «УСИЛЕНИЕ» и измерение значения УЗ сигнала;
6. Повышение сопротивления постоянному току КС путем ослабления затяжки гаек болтов;

7. Повторение операций 4 – 6;

Измерения выполняются до достижения температуры КС равной 60°C.

В соответствии с паспортными значениями дефектоскопа, диапазон калиброванной регулировки усиления находится в пределах от 0 до 84 дБ, поэтому пределом регулирования сопротивления КС является величина соответствующая УЗ сигналу равному 84 дБ.

Для оценки изменения уровня УЗ сигнала при изменении переходного сопротивления контакта в рамках одного температурного режима, необходимо знать приращение величины УЗ сигнала ($\Delta A_{T^{\circ}C}$, дБ) на каждой ступени измеренного сопротивления КС относительно исходного значения измеренного при 30°C.

Измерения величины усиления УЗ сигнала ($A_{T^{\circ}C}$, дБ) при различных значениях температуры и сопротивления (R , мкОм) КС формируют базу данных для дальнейшей обработки с использованием ЭВМ. Результаты измерений показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты измерений величины ультразвукового сигнала

№ п.п.	R, мкОм	A _{30°C} , дБ	$\Delta A_{30^{\circ}C}$, дБ	A _{35°C} , дБ	$\Delta A_{35^{\circ}C}$, дБ	A _{40°C} , дБ	$\Delta A_{40^{\circ}C}$, дБ	A _{45°C} , дБ	$\Delta A_{45^{\circ}C}$, дБ	A _{50°C} , дБ	$\Delta A_{50^{\circ}C}$, дБ	A _{55°C} , дБ	$\Delta A_{55^{\circ}C}$, дБ	A _{60°C} , дБ	$\Delta A_{60^{\circ}C}$, дБ
1	20	48,5	0	48,5	0	48	0	47	0	46,5	0	46	0	45	0
2	35	55,5	7	54,5	6	53	5	52,5	5,5	52	5,5	51,5	5,5	50,5	5,5
3	46	59,5	11	59	10,5	58	10	57	10	56,5	10	55,5	9,5	55	10
4	58	64,5	16	63	14,5	62	14	61	14	60,5	14	59,5	13,5	58,5	13,5
5	68	67	18,5	65	16,5	64	16	63	16	62,5	16	62	16	61,5	16,5
6	90	69	20,5	67	18,5	65,5	17,5	64	17	63	16,5	61,5	15,5	61	16
7	100	74	25,5	73	24,5	72	24	70	23	68	21,5	67	21	66	21
8	125	78	29,5	75,5	27	74	26	73,5	26,5	72	25,5	71	25	68	23
9	155	82	33,5	81	32,5	79,5	31,5	78	31	77	30,5	76	30	75,5	30,5
10	170	84	35,5	82	33,5	80,5	32,5	79	32	78	31,5	77	31	76	31

Обработка полученных данных. Для обработки полученных данных была использована платформа Matlab, набор инструментов которой ориентирован на визуальное сопровождение результатов математического моделирования и отличается интуитивно понятным интерфейсом пользователя, что ускоряет процесс анализа. Поскольку эксперимент дал ряд зависимых значений измеряемых параметров, для обработки данных было применено приложение CurveFittingToolbox Matlab, в котором используются различные методы интерполяции, а также возможно построение регрессионной поверхности для оценки процессов, происходящих при изменении входных данных.

При выборе метода интерполяции для построения регрессионной поверхности был использован линейный метод, в котором каждое неизвестное

значение соответствует линейному многочлену между двумя значениями известных данных.

Для оценки влияния температурного режима на величину УЗ сигнала, проходящего через контактное соединение при различных степенях значений сопротивления, была построена регрессионная поверхность, показанная на рисунке 4, которая указывает на то, что уровень УЗ сигнала зависит не только от величины переходного сопротивления, но также и от температуры КС.

Снижение уровня параметра дефектоскопа «УСИЛЕНИЕ» УЗ сигнала при возрастании температуры обусловлено разницей теплового линейного расширения контакта, выполненного из алюминиевых шин и стяжных болтов, изготовленных из углеродистой стали. Как известно, разница теплового линейного расширения алюминия более чем в два раза выше углеродистых сталей, в связи с чем, оказываемое давление на поверхность алюминиевых шин стяжными болтами возрастает с увеличением температуры КС, происходит небольшое уплотнение контакта относительно исходного состояния при 30°C и повышается проникаемость ультразвуковой волны через контролируемые поверхности.

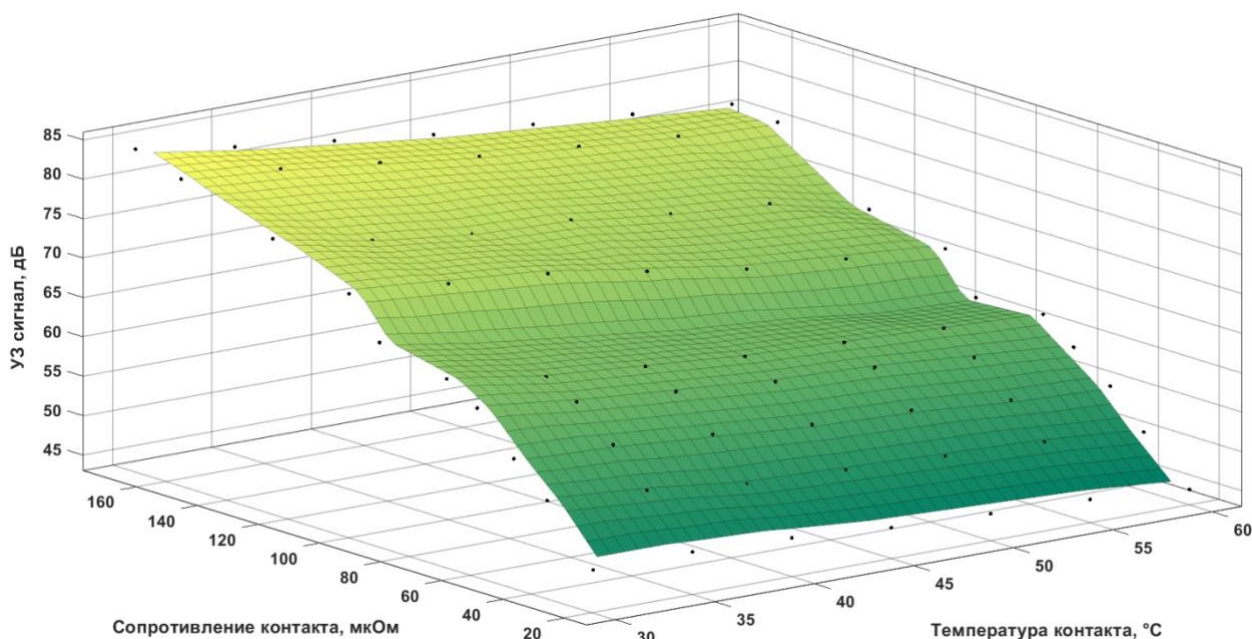


Рисунок 4 - Регрессионная поверхность отклика зависимости ультразвукового сигнала от сопротивления и температуры контакта.

В процессе непрерывной эксплуатации под рабочим напряжением электроустановки для контроля технического состояния КС с помощью акустического метода, оценочным показателем будет являться величина падения УЗ сигнала от уровня исходного значения, измеренного при первоначальном монтаже ПЭП, а также температура самого КС. Поэтому, для оценки влияния переходного сопротивления КС построена регрессионная поверхность отклика по полученным значениям R, ΔA и T. Данные рисунка 5 показывают, что разница значений УЗ сигнала возрастает с возрастанием сопротивления контакта.

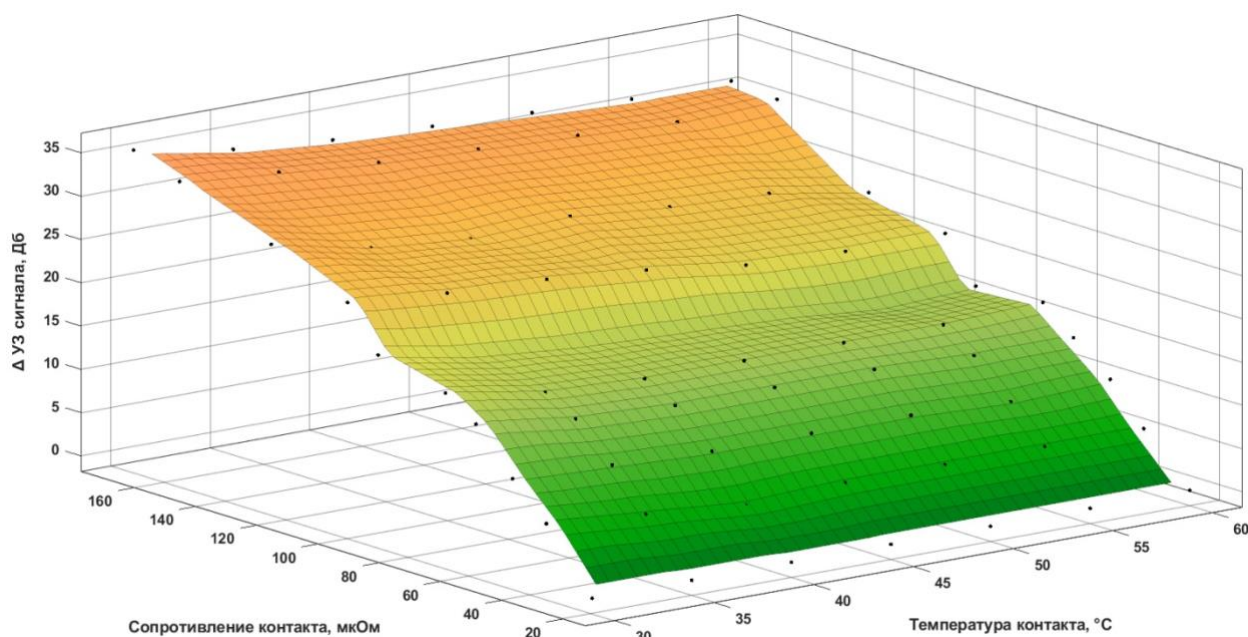


Рисунок 5 - Регрессионная поверхность отклика отклонения ультразвукового сигнала от начальных значений при возрастании сопротивления и температуры контакта.

Полученные данные позволяют утверждать, что в отсутствии температурного линейного расширения шин, при ослаблении контактного соединения увеличивается воздушная прослойка, границу с которой ультразвуковая волна частично проходит и частично отражается по закону синусов. Поэтому проникаемость УЗ волны снижается. Следовательно, по выявленным в ходе работы зависимостям можно выполнить оценку технического состояния контакта зная значения УЗ сигнала и температуры контакта.

Заключение. В ходе работы построена физическая модель контактного соединения для исследования влияния нагрева поверхностей контакта на изменение величины ультразвукового сигнала.

Исследован характер изменения уровня ультразвукового сигнала при влиянии температурных режимов контактного соединения и определено влияние температуры и сопротивления контактного соединения на величину ультразвукового сигнала, прошедшего через шины.

Выполнена обработка данных с применением специализированного программного обеспечения для ЭВМ. Построены регрессионные поверхности отклика, отражающие характер изменения проникаемости ультразвуковых волн при температурных расширениях из-за возрастания температуры контакта. Показано падение уровня ультразвукового сигнала при увеличении сопротивления контактного соединения вследствие образования несплошностей между контактными поверхностями.

На основании полученных результатов сформирована база данных, которая будет использована для машинного обучения, что позволит выполнить оценку технического состояния контактного соединения при различных значениях измеренного УЗ сигнала.

Следует отметить, что предлагаемый метод позволит повысить уровень автоматизации удаленного контроля технического состояния комплектных распределительных устройств с применением цифровых технологий и систем искусственного интеллекта. Так, при разработке технического устройства контроля контактных соединений, в принципе действия которого лежит акустико-эмиссионный метод диагностики для определения технического состояния, возможно использование двух измеряемых параметров КС – уровня падения УЗ сигнала относительно значения определенного при монтаже ПЭП и текущей температуры контакта. Возможна оценка текущего технического состояния КС в реальном времени посредством передачи измеренных значений в программное обеспечение энергообъекта или автоматизированное рабочее место энергодиспетчера для последующей автоматической обработки.

На базе прогнозных значений суточных максимумов нагрузок контролируемого присоединения, температуры окружающего воздуха или иных технологических процессов, возможно прогнозирование технического состояния контактов.

Также, необходимо отметить тот факт, что показанный метод УЗ диагностики контактного соединения под рабочим напряжением не взаимоисключает существующие системы и методы температурного контроля, а может дополнить их, позволяя расширить потенциал автоматизированных систем управления технологическими процессами энергообъекта. При этом, в условиях перехода от системы планово-предупредительных ремонтов к системе ремонта по техническому состоянию оборудования, методика удаленной диагностики плоскостных контактных соединений под рабочим напряжением позволит определить узлы нуждающиеся в ремонтных мероприятиях на конкретном энергообъекте.

Список источников

1. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года. – Текст : электронный // Министерство энергетики Российской Федерации : официальный сайт. – 2023. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/6366/67618> (дата обращения: 01.04.2023).
2. Министерство энергетики Российской Федерации : официальный сайт. – 2023. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/537> (дата обращения: 03.04.2023).
3. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью // ПАО «Россети» : официальный сайт. – 2023. URL: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies_aas.pdf (дата обращения: 04.04.2023).
4. Бойченко, В. И. Контактные соединения токоведущих шин / В. И. Бойченко, Н. Н. Дзекцер. – Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1978. – 144 с.
5. Патент № 2748868 Российская Федерация, МПК G01K 11/26 (2006.01). Система измерения температуры шин электрических шкафов : № 2020124696 : заявл. 15.07.2020 : опубл. 01.06.2021/ Усков И. В., Кронидов Т. В., Строганов К.

А., Люлин Б. Н., Белов Ю. В., Киселёв В. П., Савчук А. Д. ; заявитель ОАО «Авангард». – 22 с.

6. Вензелев Р.В., Баранова М.П. Диагностика неразмыкаемого поверхностного контактного соединения ультразвуковым сигналом / Журнал Сибирского Федерального университета. Техника и технологии. – Красноярск: БИК СФУ, 2023. – С. 278-286.

© Вензелев Р.В., Вензелева О.О. 2024

Научная статья
УДК 621.3.05

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ И УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Андрей Александрович Верзилин¹, Иван Николаевич Попов²

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

² Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

¹verzilin-a@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=49460976>

²ivanvuser@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=50218021>

Аннотация. В статье приведен анализ тенденции развития электроэнергетики и причин существования проблемы неравномерности спроса на электроэнергию. Рассмотрены общие подходы к формированию интеллектуальных электрических сетей, и три уровня их интеллектуализации. Приведен пример построения низового уровня с информационно-управляющей системой управления спросом на электроэнергию.

Ключевые слова: энергетический комплекс, электроснабжение, интеллектуальные сети, управление спросом, распределенные источники генерации, трансформаторные подстанции, силовое оборудование, коммутационная аппаратура, информационно-управляющая система.

Для цитирования: Попов И.Н. Развитие интеллектуальных сетей и управление спросом на электроэнергию / А.А. Верзилин, И.Н. Попов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

SMART GRID DEVELOPMENT AND ELECTRICITY DEMAND MANAGEMENT

Andrey Alexandrovich Verzilin¹, Ivan Nikolaevich Popov²

^{1,2}Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov, Russia

¹verzilin-a@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=49460976>

²ivanvuser@mail.ru, <https://elibrary.ru/id=50218021>

Annotation. The article presents an analysis of the trend in the development of the electric power industry and the reasons for the existence of the problem of uneven demand for electricity. The general approaches to the formation of intelligent electric networks and three levels of their intellectualization are considered. An example of creating an information system for managing electricity demand at the grassroots level is given.

Keywords: Energy complex, power supply, intelligent networks, demand management, distributed generation sources, transformer substations, power equipment, switching equipment, information and control systems.

For citation: Popov I.N. Development of intelligent networks and management of electricity demand /A.A. Verzilin, I.N. Popov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Задачи развития энергетического комплекса неразрывно связаны с развитием системы электроснабжения. Систему электроснабжения, рассматривают как часть энергетической системы региона, состоящей из источников питания энергосистемы; распределительных устройств; подстанций; линий электропередач; коммутационной аппаратуры и электроприёмников. Генерирующие станции производят электроэнергию, посредством линий электропередач электроэнергия передается на большие расстояния, сетевые распределительные компании поставляют электроэнергию потребителям. [1].

Развитие электроэнергетики происходит с учетом технологических, экономических и экологических аспектов. В прошлом столетии ключевыми задачами развития электроэнергетики было удовлетворение потребностей промышленности, населения и других секторов экономики за счёт развития генерации, передачи и распределения электроэнергии; снижение стоимости производства и передачи электроэнергии; минимизация влияния электроэнергетики на окружающую среду, включая парниковые газы, тепловое загрязнение, функционирование водохранилищ и другие экологические последствия [2].

Модель централизованной генерации электроэнергии на крупных станциях с последующей передачей по высоковольтным линиям сложилась в прошлом веке. Возможности транспортировки топлива на большие расстояния были ограничены, что вынуждало размещать электростанции ближе к месторождениям топлива и как правило вдали от потребителей.

Разработанные и заложенные основные принципы во многом остаются неизменными, и дополняются всё более новыми технологическими решениями.

Так ещё в 20 веке были предложены различные альтернативные концепции развития электроэнергетики, некоторые направления которых стали реализовываться. Конец столетия открыл этап внедрения в существующую систему новых технологий и методов генерации электроэнергии, включая улучшение процессов генерации, повышение энергоэффективности и внедрение возобновляемых источников энергии [3,4].

В этот же период достигли апогея в технологиях передачи электроэнергии, включая увеличение напряжения, развитие систем передачи постоянного и переменного тока, увеличение мощности и расстояния передачи.

Всё это в целом позволило добиться значительных результатов по охвату территорий электроснабжением и позволило обеспечивать электроэнергией более широкие районы.

Результаты анализа. Несмотря на то, что большинство проблемных вопросов были разрешены в период интенсивного развития энергетики, на повестке остаются ряд задач, требующих решения. Так в электроэнергетике существует проблема неравномерности спроса, которая с большей значимостью проявляет себя в наше время.

Кроме структурных изменений в экономике со снижением роли промышленности в структуре спроса на энергетическую продукцию, проблема неравномерности энергопотребления также обусловлена возросшей повсеместно электро-вооруженностью, интегрированием электромобилей и других новых потребителей электроэнергии в существующую структуру энергосистемы, без адаптации её возможностей к новым режимам потребления [5].

В тоже время, в системе всё также отсутствуют возможности по накоплению и хранению энергии в промышленных масштабах для покрытия пиковых нагрузок. Всё это в целом выявило недостатки в управлении спросом, когда неравномерное распределение потребителей электроэнергии в системе, а также отсутствие возможностей мгновенного ограничения электропотребления каждого потребителя, создают сложности в управлении спросом и поддержании баланса между производством и потреблением электроэнергии [6].

Для решения этой задачи в 90-х годах прошлого века, были сформированы и представлены основные подходы к формированию интеллектуальных электрических сетей, позволяющих увязать производство и потребление электроэнергии, в рамках информационной взаимосвязи потребителей и источников энергии, с привлечением распределенных источников генерации, в т.ч. возобновляемых источников энергии (ВИЭ), подключаемых к сетям.

В совокупности с внедрением новых информационных технологий для организации работы «умных» сетей адекватно и оптимально реагирующих на любые внешние и внутренние технологические возмущения, потребуется модернизация электросетевых объектов, что положительно отразится на экологичности и безопасности, повышение качества и надежности электроснабжения.

Внедрение новейших информационных технологий для управления, защиты и мониторинга состояния оборудования и систем позволит добиться

более эффективной передачи электроэнергии, гарантируя стабильность цен на электроэнергию для промышленных предприятий и населения, на условиях обеспечения удобства, экологичности и безопасности для общества.

Эта модель предполагает три уровня интеллектуализации электрических сетей:

верхний – интеллектуализация сетей и систем в целом, с единым принципом автоуправления потоками электроэнергии;

средний – интеллектуализация комплексов сетевого оборудования, реализуемого на уровне подстанций и других распределительных устройств;

низовой – интеллектуализация отдельных видов силового оборудования и потребителей.

Все три уровня интеллектуализации связаны между собой, и рассматривать интеллектуальную электрическую сеть следует как единый технологический комплекс (рис. 1).

В тоже время нет необходимости налаживать жесткую связь между верхним и низовым уровнем, так как учитывая узловой характер присоединения нагрузок и разветвлённость сетей взаимосвязь уровней следует рассматривать в связке: верхний – средний; средний – низовой.

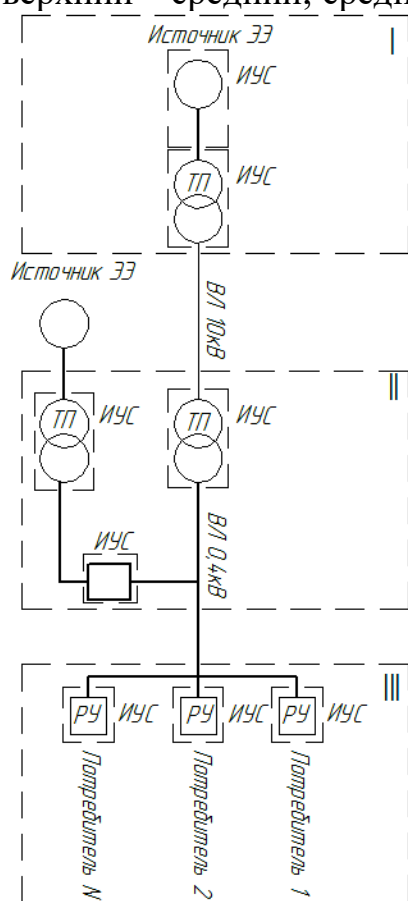


Рисунок 1 – Звенья интеллектуализации

Несмотря на то, что конечной целью ставится создание иерархической системы сверху вниз, развитие системы интеллектуализации уже идёт снизу.

При этом «умные» электрические сети нельзя связывать только с интеллектуализацией потребителей. Такие низовые элементы как многофункциональные счетчики, «умные дома» и т.д. сами поставленную задачу не решают. И только в совокупности с средним уровнем можно получить локальную интеллектуализацию сетей способную решать задачи управления потреблением, обеспечивая его баланс в выделенной подсистеме, не допуская перегрузок, чрезмерных потерь, снижая аварийность.

Одним из примером применения третьего уровня интеллектуализации отдельных видов силового оборудования или потребителей можно представить в орошении сельскохозяйственных земель. Функционирование мелиоративных

систем связано с применением дождевальных машин. На сегодняшний день большинство дождевальных машин применяемых в с/х производстве имеют электрический привод.

Основной задачей сельхоз товаропроизводителя это производство с/х продукции с наименьшими затратами на энергоресурсы, а для энергоснабжающих организаций равномерная загрузка системы электроснабжения.

Как правило, при увеличении орошаемых земель, возникает необходимость присоединения к существующим распределительным сетям и существующим трансформаторным подстанциям (ТП) комплекса дождевальных машин. Если ТП не позволяет присоединить дополнительной нагрузки, то встает вопрос о необходимости строительства дополнительной ТП или прокладки новой воздушной линии с новыми ТП.

Учитывая существенные капитальные вложения и ярко выраженную сезонность нагрузок, часто принимают решение устанавливать рядом с дождевальной машиной передвижную электрогенераторную установку с двигателем внутреннего сгорания.

Оценив располагаемый резерв мощности, график суточных нагрузок и проведя ранжирование потребителей, предлагается применить для существующей ТП подход по интеллектуализации отдельных видов силового оборудования. В этом случае подстанцию и силовое оборудование потребителей потребуется дооснастить интеллектуальными и автоматизированными силовыми устройствами, для организации интеллектуального управления включением нагрузки в сеть.

Для интеллектуализации отдельных видов силового оборудования предлагается устанавливать автоматизированные устройства непосредственно у потребителя, например в распределительных устройствах, или в щитах управления (рис. 2).

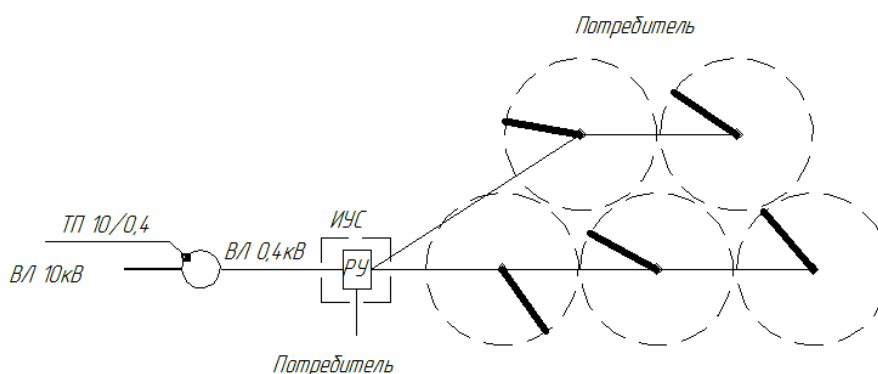


Рисунок 2 – Распределительная сеть с узловыми устройствами интеллектуализации.

Применение интеллектуального управления нагрузкой на третьем уровне электрических сетей позволит устанавливать приоритет отдельных групп потребителей, и совместно с «умными» коммутационными аппаратами электроприемников управлять графиком работы, в том числе в автоматическом режиме.

На первом этапе, все данные о электроприемниках и их режимах работы вносятся в базу данных информационно-управляющей системы (ИУС) и локализуется на управляющем модуле узлового распределительного устройства. Локальный блок ИУС обеспечивают сбор, хранение, обработку, анализ и использование информации, необходимой для управления технологическим процессом распределения электроэнергии. При этом со среднего уровня управляющей системы поступает информация о загрузке систем генерации и

Находясь в работе ИУС выполняет контроль или управление техническими устройствами электропотребителей, обеспечивая коммутацию при заданной схеме ограничений, исключая случайный характер нагрузок и всплесков энергопотребления. Для электроприемников требующих принятия решений в реальном времени ИУС обеспечивает передачу сигналов оператору о назначении режима ожидания и о снятии блокировки пуска, в том числе после разгрузки системы по схеме – в порядке приоритета электроприёмников.

Заключение. Внедрение интеллектуального управления спросом на электроэнергию позволит повысить качество и надежность электроснабжения за счет регулирования нагрузки в системе, что является актуальной задачей, а для сельской местности имеющее особое значение из-за удаленности и рассредоточенности потребителей.

Учитывая повсеместную информатизацию различных сфер деятельности человека, попутное развитие цифровых каналов связи и передачи информации позволит внедрять ИУС практически в любой местности. Таким образом, создание надежной, энергоэффективной, полностью автоматизированной интеллектуальной электрической сети является одной из перспективных тенденций развития системы электроснабжения.

Список источников

1. Choosing a Power Source of Autonomous Energy-Power Supply of Technological Processes with System Testing for Stability / V. A. Glukharev, D. A. Solovyev, I. N. Popov, A. A. Verzilin, D. V. Sivitsky // HELIX. – 2019. – Vol. 9. – No. 4. – P. 5133–5138.
2. Некрасов, С. А. К обоснованию необходимости корректировки действующей концепции развития энергетики / С. А. Некрасов, И. Д. Грачев // Стратегическое планирование и развитие предприятий : Материалы XXIII Всероссийского симпозиума, Москва, 12–13 апреля 2022 года. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2022. – С. 184-186.
3. Маркова, В. М. Эволюция прогнозов развития мировой и российской энергетики: способ ответа на экономические вызовы / В. М. Маркова, В. Н. Чурашев // Мир экономики и управления. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 108-138.
4. Лялюцкая, М. Ю. Инновационные направления развития электроэнергетики в российской Федерации / М. Ю. Лялюцкая, Г. А. Галакова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 2, № 12. – С. 429-431.

5. Повышение экономической устойчивости региональных энергетических систем в условиях роста неравномерности энергопотребления / Е. М. Лисин, П. Г. Жовтяк, Г. Н. Курдюкова, Ю. А. Анисимова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 4(31). – С. 42-50.
6. Ханаев, В. В. Управление спросом на электроэнергию как дополнение к распределённой генерации / В. В. Ханаев // Энергетическая политика. – 2020. – № 4(146). – С. 38-51.

© Верзилин А.А., Попов И.Н. 2024

Научная статья
УДК 621.313

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕССА ДЛЯ ОТЖИМА СОКА

Волгин Андрей Валерьевич¹, Моисеев Алексей Петрович², Соколов Иван Юрьевич³, Соколов Кирилл Юрьевич⁴, Захитов Олег Романович⁵

^{1,2,3,5}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

^{1,5} saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

² moiseevap-distant20-21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

Аннотация. В статье предложена конструкция импульсной электромагнитной системы для переработки плодового сырья на сок и рассматриваются некоторые аспекты обоснования ее параметров и конструкции элементов. Составлена структурная схема электромагнитного пресса. По эпюрам распределения нагрузки, действующих сил и напряжения питания выявлена необходимость согласования определяющего тяговое усилие мощности питающего импульса с условиями процесса отжима сока, которая по мере перемещения рабочего органа и сжатия мезги автоматически увеличивается, представляется актуальным.

Ключевые слова: электромагнитный пресс, шаговый линейный электромагнитный двигатель, эпюры распределения нагрузки.

Для цитирования: Волгин А.В. Обоснование конструкции электромагнитного пресса для отжима сока / А.В. Волгин, И.Ю. Соколов, К.Ю. Соколов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XV национальной конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF AN ELECTROMAGNETIC JUICING PRESS

Andrey Valerievich Volgin¹, Aleksey Petrovich Moiseev², Ivan Yurievich Sokolov³, Kirill Yurievich Sokolov⁴, Oleg Romanovich Zahitov⁵

^{1,2,3,5}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

^{1,5} saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

² moiseevap-distant20-21@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

Annotation. The article proposes the design of a pulsed electromagnetic system for processing fruit raw materials into juice and discusses some aspects of the justification of its parameters and the design of elements. A block diagram of the electromagnetic press has been compiled. According to the diagrams of load distribution, acting forces and supply voltage, the need to coordinate the power of the supply pulse determining the traction force with the conditions of the juice extraction process, which automatically increases as the working body moves and the pulp is compressed, seems relevant.

Keywords: electromagnetic press, stepper linear electromagnetic motor, load distribution diagrams.

For citation: Volgin A.V. Ustification of the design of an electromagnetic juicing press / A.V. Volgin, A.P. Moiseev, I.Yu. Sokolov, K.Yu Sokolov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the II National Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Перспективным направлением в разработке электромагнитных прессов для отжима сока является использование импульсных линейных электромагнитных двигателей (ЛЭМД), отличающихся простым техническим исполнением, отсутствием многоступенчатого преобразования электроэнергии в механическую работу. [1-3].

В традиционных конструкциях ЛЭМД перемещение якоря ограничено ходом 25÷60 мм, что затрудняет их использование в электромагнитных прессах для отжима сока.

В статье рассмотрена конструкция электромагнитного пресса с шаговым ЛЭМД с дискретным перемещением поршня до 1500 мм для отжима сока [4-5].

Объект и методика исследований. Структурная схема электромагнитного пресса представлена на рис.1.

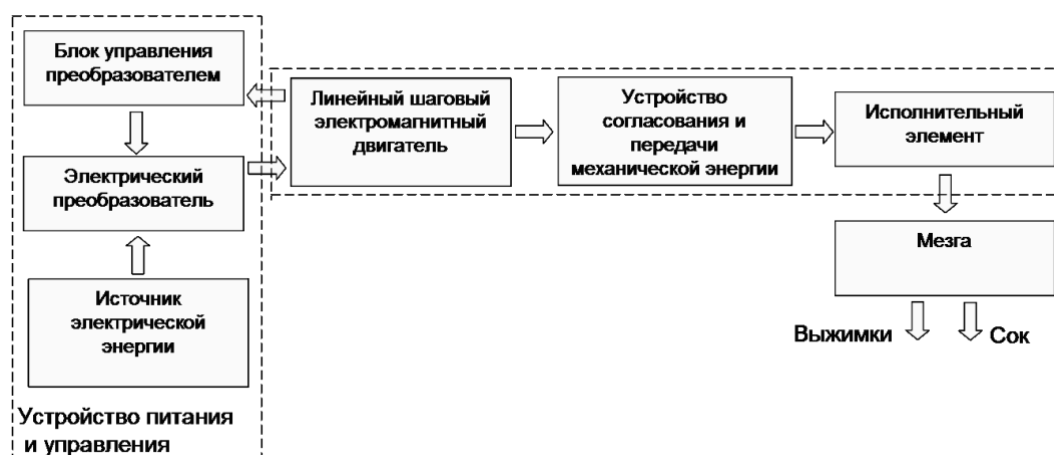


Рисунок 1. Структурная схема электромагнитного пресса

Заданный алгоритм работы пресса с ЛЭМД формирует блок управления электрическим преобразователем. Устройство согласования и передачи механической энергии обеспечивает эффективное воздействие поршня на мезгу. **Результаты.** Одним из показателей электромагнитного пресса с ЛЭМД является усилие поршня на мезгу $F_{отж}$ в рабочей камере.

Баланс действующих на рабочий орган ЛЭМД сил при вертикальном положении установки позволит оценить значение $F_{отж}$ необходимое для прессования мезги:

$$F_{\text{Э}} = m(d^2x/dt^2) + N_{\text{ДП}} + F_{\text{СМ}} + F_{\text{ТР}} + F_{\text{СТ}} + F_{\text{ПР}} + G_1 + G_2 + G_3, \quad (1)$$

где $F_{\text{Э}}$ – электромагнитная сила; m – масса якоря и подвижных элементов установки; $N_{\text{ДП}}$ – реакция опоры дожимной плиты; $F_{\text{СМ}}$ – сила сопротивления мезги; $F_{\text{ТР}}$ – сила трения элементов установки; $F_{\text{СТ}}$ – сила сопротивления верхних стопорных элементов; $F_{\text{ПР}}$ – сила возвратной пружины; G_1, G_2, G_3 – силы тяжести якоря, штанги и поршня соответственно.

В этом случае значение $F_{отж}$, необходимое для прессования мезги определяется по выражению:

$$F_{отж} \geq F_{\text{Э}} - m(d^2x/dt^2) - N_{\text{ДП}} - F_{\text{СМ}} - F_{\text{ТР}} - F_{\text{СТ}} - F_{\text{ПР}} - G_1 - G_2 - G_3, \quad (2)$$

Анализ показал [6-7], что для отжима сока из плодового сырья требуются усилия $F_{отж}=1...3$ кН. Такие требования обеспечиваются в предлагаемой конструктивной схеме устройства для отжима сока с шаговым ЛЭМД [2] (рис.2).

В станине 1 установлен линейный шаговый электромагнитный двигатель с дискретным перемещением рабочего органа 2 [2,3], зубчатая штанга 11 которого жестко соединена с отжимным поршнем 4, линейно перемещающимся вдоль стенок 9 отжимной камеры 3, до дожимной плиты 7. Конструкция устройства снабжена откидной крышкой 6 с замком 5 закрепленной на станине 1 при помощи поворотной петли 8.

Работает устройство следующим образом. Шаговый ЛЭМД 2 осуществляет дискретное, поступательное, ограниченное срабатыванием конечного выключателя 12, движение штанги 11 [2,3], которая приводит в

движение отжимной поршень 4, сжимающий загруженную в отжимную камеру 3 плодовую мезгу. Создаваемое поршнем 4 давление на плодовую мезгу образует сок, вытесняющийся через перфорацию стенок 9 отжимной камеры 3, дожимной плиты 7, а так же перфорацию самого поршня 4; и стекающий на дно прессовочной камеры 3, далее через сокостекатель 10 в емкость (на чертеже не показана). По окончании цикла прессования при помощи откидной крышки 6 производится удаление выжимок из отжимной камеры 3, а также, при необходимости, очистка деталей и узлов, контактирующих с прессуемой массой. Фиксация отработанного штангой 11 перемещения осуществляется механическими устройствами [4], что позволяет питать обмотку двигателя кратковременными импульсами тока лишь во время движения штанги, а по окончании движения отключить от источника. Это снижает потери и нагрев обмотки и повышает экономичность устройства. Изменением значения питающих импульсов тока легко регулировать величину усилия на штанге 11, оставляя неизменным среднее значение $F_{Э.СР}$ этого усилия или меняя его по произвольному закону на всем перемещении штанги.

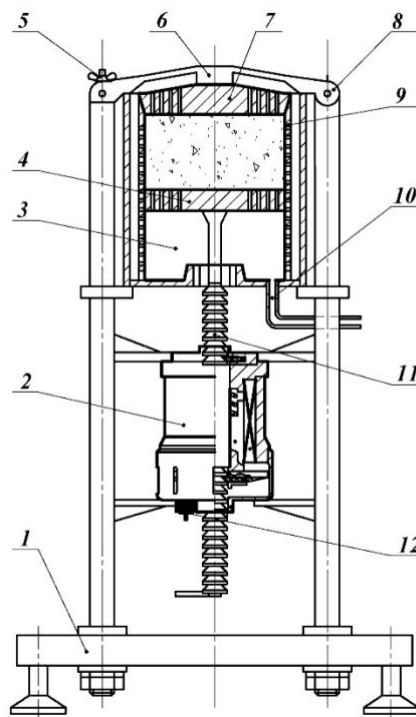


Рисунок 2. Конструкция устройства для отжима сока с шаговым ЛЭМД

При исследовании процесса переработки плодов на сок с применением устройства с линейным электромагнитным двигателем, выяснилось, что подаваемая электроэнергия на обмотку ЛЭМД, при постоянном питании максимальным напряжением, идет на нерациональное использование, т.е. при малых нагрузках происходит максимальное потребление энергии, что недопустимо.

В результате построения эпюр (рис. 3.) $F_{отж}$, G , $F_э$ и получения эпюры напряжения U напряжения питания, выяснилось, что значительная площадь

эпоуры U – это экономия электроэнергии, составляющая до 70% от max . Поэтому применение адаптивной системы управления, направленной на регулирование именно такого напряжения питания, которое требуется для преодоления силы сопротивления, т.е. $F_{отж}$.

Одним из основных выходных показателей электромагнитного пресса для отжима сока является тяговое усилие F_T ЛЭМД, которое по мере перемещения штанги с поршнем и сжатия мезги не остается неизменным ($F_T^{min} \dots F_T^{max}$). На практике, обычно, величину питающего напряжения выбирают так, чтобы обеспечить верхний предел диапазона F_T для гарантированного завершения технологического процесса (ТП) отжима сока [1, 2].

Однако избыток электрической $W_{эл}$ и механической энергии на начальном этапе ТП приводит к перегреву обмотки, сокращает механический ресурс подвижных частей шагового ЛЭМД. Таким образом, согласование определяющего тяговое усилие F_T мощности питающего импульса с условиями процесса отжима сока, которая по мере перемещения рабочего органа и сжатия мезги автоматически увеличивается, представляется актуальным.

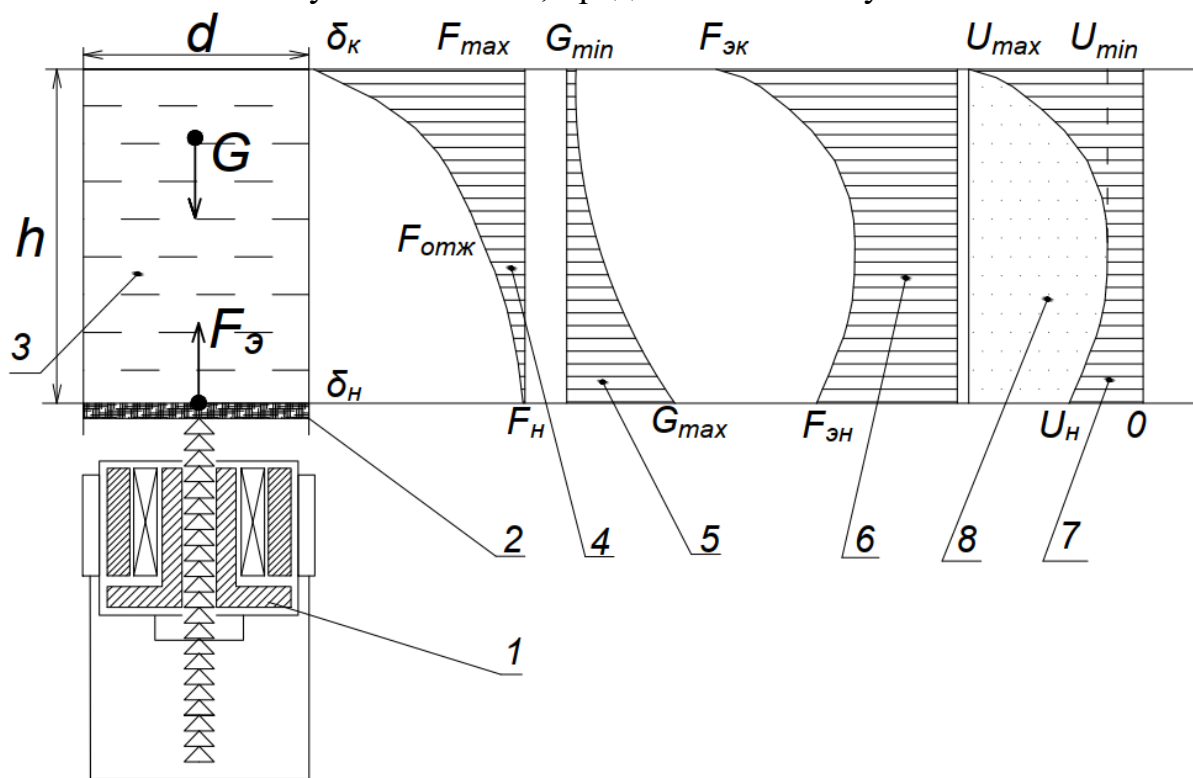


Рисунок 3. Эпоуры распределения нагрузки, силы и напряжения питания. (1-пресс для отжима сока с ЛЭМД, 2-рабочий орган, 3-мзга, 4-эпоура силы отжима $F_{отж}$, 5-эпоура веса мезги G , 6-эпоура электромагнитного усилия $F_{э}$, 7-эпоура напряжения U , 8-площадь эпоуры, не затрачивающая электроэнергию при адаптивной системе управления, h -высота камеры, d -диаметр камеры).

Варьирование $W_{эл}$ и, как следствие, F_T может достигаться воздействием на продолжительность энергопотребления, либо на величину поступающей в обмотку ЛЭМД мощности p изменением подводимого напряжения u при заданных свойствах обмотки. В большинстве известных электромеханических

импульсных систем с ЛЭМД, питаемых от источников переменного тока, регулирование выходной энергии обеспечивается ЭП изменением длительности питающего импульса напряжения, которое выполняется ручной настройкой параметров времязадающей RC-цепи [6].

Заключение. В работе предложена импульсная электромагнитная система для переработки плодового сырья на сок и рассматриваются некоторые аспекты обоснования ее параметров и конструкции элементов.

Список источников

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. – 202 с.
2. Усанов, К.М. Линейный импульсный электромагнитный привод машин с автономным питанием: монография / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2006. – 284 с.
3. Мошкин, В.И. Импульсные линейные электромагнитные двигатели : монография / В.И. Мошкин, В.Ю. Нейман, Г.Г. Угаров. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
4. Usanov K M, Volgin A V, Chetverikov E A, Kargin V A, Moiseev A P, Ivanova Z I 2017 Power electromagnetic strike machine for engineering geological surveys *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 87 032049
5. Усанов, К.М. Электрический преобразователь электромагнитной ударной машины / К.М. Усанов, В.А. Каргин, И.В. Трубенкова // Вавиловские чтения-2009: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ООО Издательство «КУБиК», 2009. – С.376-378.
6. Каргин, В.А. Система управления электромагнитной ударной машиной / В.А. Каргин // Образовательная среда сегодня и завтра: материалы X Междунар. научно-практ. конф., 2015. – С. 303-306
7. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSyS 2.3. – редакция RU 2.4, для CoDeSyS v2.3.6.x.

© Волгин А.В., Моисеев А.П., Соколов И.Ю., Соколов К.Ю., Захитов О.Р. 2024

Научная статья
УДК 621.313

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УДАРНЫХ МАШИН

Волгин Андрей Валерьевич¹, Соколов Иван Юрьевич², Соколов Кирилл Юрьевич³, Захитов Олег Романович⁴

^{1,2,3,4}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и

инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
^{1,4} saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

Аннотация. Для режима непрерывных срабатываний ЛЭМД из условия допустимого нагрева определены приближёнными методами энергия и частота ударов якоря при условии одномерности температурного поля обмотки и независимости теплофизических параметров элементов двигателя от нагрева. Полученные выражения могут быть использованы лишь для предварительной, приближённой оценки тепловых режимов электромагнитных ударных машин, например, на этапе их проектирования.

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, электрический преобразователь, ударная машина.

Для цитирования: Волгин А.В. Режимы работы электромагнитных ударных машин / А.В. Волгин, И.Ю. Соколов, К.Ю. Соколов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XV национальной конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

MODES OF OPERATION OF ELECTROMAGNETIC IMPACT MACHINES

Andrey Valerievich Volgin¹, Ivan Yurievich Sokolov², Kirill Yurievich Sokolov³, Oleg Romanovich Zahitov⁴

^{1,2,3,4}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

^{1,4} saratov-79@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6189-9457>

Annotation. For the mode of continuous LEME, under the condition of permissible heating, the energy and frequency of armature strikes are determined using approximate methods, provided that the temperature field of the winding is one-dimensional and the thermal parameters of the engine elements are independent of heating. The resulting expressions can only be used for a preliminary, approximate assessment of the thermal conditions of electromagnetic impact machines, for example, at the stage of their design.

Keywords: linear electromagnetic motor, electric converter, impact machine.

For citation: Volgin A.V. Modes of operation of electromagnetic impact machines / A.V. Volgin, I.Yu. Sokolov, K.Yu Sokolov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex materials of the II National Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В настоящее время применение машин ударного действия с импульсными линейными электромагнитными двигателями (ЛЭМД) для неторцевой забивки стержневых элементов в грунт (например, при реконструкции сельских трансформаторных подстанций) является вполне

эффективным ввиду малого энергопотребления при сравнительно высоких удельных показателях [1, 2].

Нагрев ЛЭМД в таких машинах в значительной степени зависит как от конструктивных параметров (геометрия и сопротивление обмотки, величина охлаждающей поверхности статора), так и от режимных параметров (форма тока, количество и длительность импульсов), которые влияют на энергию A_y и частоту n_y ударов якоря. При этом потери в меди достигают 47 % всех потерь, что приводит к повышению температуры обмотки двигателя и сокращению времени его работы в условиях естественного охлаждения [1–4].

Цель исследования – расширение эксплуатационных возможностей импульсного ЛЭМД для забивки стержневых элементов в грунт.

Задача исследования – определение энергии A_y и частоты n_y ударов якоря импульсной электромагнитной машины по условиям допустимого нагрева.

Объект и методика исследований. При выводе расчётных формул считаем температурное поле обмотки одномерным и теплофизические параметры элементов ЛЭМД независимыми от нагрева [1].

Представляя процесс работы ЛЭМД последовательностью из n непрерывных срабатываний (циклов) и выражая перегрев в конце каждого цикла через предыдущий, получим общее уравнение максимального перегрева в конце n -го цикла [2]:

$$\tau_{\max.n} = \tau_y \left[1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T}\right) \right] \frac{1 - \exp\left(-n \frac{t_{\text{ц}}}{T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_{\text{ц}}}{T}\right)}, \quad (1)$$

где $\tau_{\max.n}$ – максимальная температура перегрева в конце n -го цикла; n – число циклов при работе ЛЭМД; $t_{\text{ц}} = t_p + t_n$ – время цикла; τ_y – установившееся превышение температуры; T – постоянная времени нагрева обмотки:

$$T = \frac{M[c_M k + \beta \cdot c_c(1 - k)]}{k_M S_n},$$

где M – масса ЛЭМД; $\beta = 0,39$ – коэффициент, зависящий от времени работы ЛЭМД и условий передачи тепла от обмотки к стали; $k_M = m_M/M$; c_M, c_c – удельная теплоёмкость меди и стали; m_M – масса меди обмотки ЛЭМД.

Результаты. Определим время работы электромагнитной машины с ЛЭМД при заданных энергии удара и частоте для кратковременного режима погружения стержневых элементов в грунт.

При $n = n_{\max}$, из выражения (1) выразим максимальное количество ударных воздействий машины до достижения ей предельно-допустимой температуры:

$$n_{\max} = \frac{T}{t_{\text{ц}}} \ln \left\{ 1 - \frac{\tau_{\max.n}}{\tau_y} \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{t_{\text{ц}}}{T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_p}{T}\right)} \right] \right\}^{-1}. \quad (2)$$

Согласно [2] отношение $\tau_{max.n}/\tau_y$ в выражении (2) определяет величину, которая обратно-пропорциональна коэффициенту перегрузки k_p . Коэффициент перегрузки k_p определим через длительно-допустимую мощность потерь ΔP_d , мощность потерь за импульс ΔP_p и время t_p

$$\frac{1}{k_p} = \frac{\tau_{max.n}}{\tau_y} = \frac{\Delta P_d}{\Delta P_p}. \quad (3)$$

Используя уравнение теплового баланса определим длительно-допустимую мощность потерь:

$$\Delta P_d = k_m(\tau_d - \tau_{ок.с})S_n. \quad (4)$$

Мощность потерь за импульс запишем через энергию W , которую потребляет ЛЭМД за одно срабатывание $\Delta P_p = \frac{W}{t_p}(1 - \eta)$, где η – КПД ЛЭМД.

Учитывая, что $A_y = W \cdot \eta$, мощность потерь представим в виде:

$$\Delta P_p = \frac{A_y(1 - \eta)}{t_p \eta}. \quad (5)$$

Выполнив подстановку (4) и (5) в (3), получим выражение для коэффициента перегрузки:

$$k_p = \frac{\tau_y}{\tau_{max.n}} = \frac{k_o \cdot A_y(1 - \eta)}{t_p \eta}. \quad (6)$$

где $k_o = 1/k_m(\tau_d - \tau_{ок.с})S_n$ – величина, обратно-пропорциональная мощности потерь ΔP_d .

Учитывая выражение (6) уравнение (2) принимает вид

$$n_{max} = \frac{T}{t_{ц}} \ln \left\{ 1 - \frac{t_p \eta}{k_o \cdot A_y(1 - \eta)} \left[\frac{1 - \exp(-\frac{t_{ц}}{T})}{1 - \exp(-\frac{t_p}{T})} \right] \right\}^{-1}. \quad (7)$$

При условии, что $t_{ц} \ll T$ и $\exp(-x) \approx 1 - x$, $\exp(-x) \approx 1 - x$, (7) упрощается и представляется в виде

$$n_{max} = \frac{T}{t_{ц}} \ln \left[1 - \frac{t_p \eta}{k_o \cdot A_y(1 - \eta)} \right]^{-1}. \quad (8)$$

При непрерывной последовательности рабочих циклов, время работы ЛЭМД определяется, как $t_{max} = t_{ц} \cdot n_{max}$. С учётом выражения (8) t_{max} представим в виде:

$$t_{max} = T \ln \left[1 - \frac{60\eta}{k_o \cdot n_y \cdot A_y(1 - \eta)} \right]^{-1}. \quad (9)$$

где $n_y = 60/t_{ц}$ – частота ударов в минуту.

Электромагнитная ударная машина в повторно-кратковременном режиме работы имеет продолжительность включения (ПВ,%), определяемую отношением интервалов работы и всего цикла.

Выражая последующие температуры перегревы машины через предшествующие, получим общее уравнение температуры перегрева ЛЭМД в конце k -го цикла:

$$\tau_{\max.k} = \tau_y \left[1 - \exp\left(-\frac{t_p^*}{T}\right) \right] \frac{1 - \exp\left(-k \frac{t_{\text{ц}}^*}{T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_{\text{ц}}^*}{T}\right)}, \quad (10)$$

где $t_{\text{ц}}^*$, t_p^* – время работы и время цикла при ПВ, %.

$$t_p^* = t_{\text{ц}}^* \frac{\text{ПВ}}{100}; \quad t_{\text{ц}}^* = \frac{3600}{m}, \quad (11)$$

где m – число включений.

Коэффициент перегрузки в повторно-кратковременном режиме:

$$k_p = \frac{\Delta P_{\text{ц}}}{\Delta P_d} = \frac{k_o \cdot A_y (1 - \eta)}{t_p \eta},$$

где $\Delta P_{\text{ц}}$ – мощность потерь за время цикла $t_{\text{ц}}$.

С учётом $t_{\text{ц}} = 60/n_y$ получим:

$$k_p = \frac{k_o \cdot n_y \cdot A_y (1 - \eta)}{60\eta}. \quad (12)$$

Полагая в (10) $k = \infty$ и $\tau_y / \tau_{\max.k} = k_p$, с учётом (11) и (12) для повторно-кратковременного режима работы ЛЭМД запишем выражение для предельно-допустимой частоты ударов:

$$n_y = \frac{60\eta}{k_o \cdot A_y (1 - \eta)} \left[\frac{1 - \exp\left(-\frac{3600}{mT}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{3600\text{ПВ}}{mT \cdot 100}\right)} \right] \quad (13)$$

$$\text{или} \\ n_y = \frac{60\eta}{k_o \cdot A_y (1 - \eta)} \cdot \frac{100}{\text{ПВ}} \text{ при } t_{\text{ц}}^* \ll T. \quad (14)$$

Заключение. Для режима непрерывных срабатываний ЛЭМД из условия допустимого нагрева определены энергия A_y и частота n_y ударов якоря электромагнитной ударной машины для погружения стержневых элементов в грунт. Приведенные выражения с учетом принятых допущений применимы для предварительной оценки тепловых режимов работы импульсных электромагнитных машин с ЛЭМД на этапе их проектирования.

Список источников

1. Усанов, К.М. Линейные электромагнитные двигатели и приводы в импульсных процессах и технологиях: монография [Текст] / К.М. Усанов, В.И. Мошкин, В.А. Каргин, А.В. Волгин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 202 с.
2. Каргин, В.А. Совершенствование технологии погружения продольно-неустойчивых стержневых элементов на объектах АПК использованием переносного импульсного электромагнитного привода [Текст] / В.А. Каргин. – автореф. ... дис. к-та техн. наук. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, 2007. – 21 с.

3. Усанов, К.М. Силовая электромагнитная импульсная система для погружения стержневых элементов в грунт [Текст] // Усанов К.М., Каргин В.А. Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, № 3, 2005 – С.59–61.

4. Усанов, К.М. Импульсный электромагнитный привод машин с однонаправленным поступательным движением рабочего органа / К.М. Усанов, А.П. Моисеев, В.А. Каргин // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Кобы В.Г. – Саратов, 2011. – С. 239-241.

© Волгин А.В., Соколов И.Ю., Соколов К.Ю., Захитов О.Р. 2024

Научная статья

УДК 621.2.25:536.664

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ГОРОДА, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ

Гребнев Владислав Евгеньевич², Бибко Дмитрий Анатольевич^{1,2}.

¹Филиал Майкопского государственного технологического университета, пгт. Яблоновский, Россия

²Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия, ¹bebko.d1978@mail.ru

²vladislavgrebnev558@gmail.com 0009-0004-4593-0989

Аннотация. На качество электроснабжения в городе, так и в целом влияют множество показателей. К одной из таких причин относится ухудшения качества электроснабжения в городе относятся технические потери электроэнергии в электрических сетях, короткое замыкание, перегруженность линии,. В основном это связано с некачественным и старым оборудованием и линиями электропередач, соответственно, их малая пропускная способность, улучшение распределения и регулирования напряжения.

Для решения данной проблемы необходима реконструкция и усовершенствование электрических сетей и, соответственно, модернизация электротехнического оборудования (изоляторы, генераторы электрической энергии и т.п.). Также необходима профилактика, частое обслуживание и проверка работы электроснабжения на выявление недостатков и дефектов, и само-собой устранение данных ошибок. Также налаживание работы трансформаторов, модернизация счетчиков и системы контроля электроэнергии, проводить анализ расходов и уменьшить, соответственно, потребление электрической энергии.

Ключевые слова: Электроснабжение, надежность, стабилизаторы напряжения , трансформаторные подстанции.

Для цитирования: Гребнев В.С. / Качество электроснабжения в инфраструктуре города, основные проблемы и дальнейшие пути развития / В.С. Гребнев Д.А., Бебко Д.А., //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. Д.А. Бебко – Филиал Майкопского государственного технологического университета, пгт. Яблоновский, Республика Адыгея, Россия. Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия.

Scientific article

UDC 621.2.25:536.664

THE QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY IN THE CITY'S INFRASTRUCTURE, THE MAIN PROBLEMS AND FURTHER DEVELOPMENT PATHS

Grebnev Vladislav Evgenievich ², Bebko Dmitry Anatolyevich ^{1,2}.

¹ Branch of the Maikop State Technological University, village. Yablonovsky, Russia

² Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia,

¹bebko.d1978@mail.ru

² vladislavgrebnev558@gmail.com

Annotation. The quality of electricity supply in the city and in general is influenced by many indicators. One of these reasons for the deterioration of the quality of electricity supply in the city includes technical losses of electricity in electric networks, short circuit, line congestion,. This is mainly due to poor-quality and old equipment and power lines, respectively, their low throughput, improved voltage distribution and regulation.

To solve this problem, it is necessary to reconstruct and improve electrical networks and, accordingly, modernize electrical equipment (insulators, generators of electric energy, etc.). It is also necessary to prevent, frequently maintain and check the operation of the power supply to identify deficiencies and defects, and eliminate these errors by itself. Also, the establishment of transformers, the modernization of meters and electricity control systems, to analyze costs and reduce, respectively, the consumption of electric energy.

Keywords: Power supply, reliability, voltage stabilizers, transformer substations.

For citation: Grebnev V.S. / The quality of electricity supply in the infrastructure of the city, the main problems and further ways of development / V.S. Grebnev D.A., Bebko D.A., //Actual problems of Agro-industrial complex energy: Materials of the II National Conference with International participation / Edited by D.A. Bebko – Branch of the Maikop State Technological University, village. Yablonovsky, Republic of Adygea, Russia. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia.

Введение. Электроснабжение – совокупность источников, предназначенных для поставки, распределения и преобразования электроэнергии. Это трансформаторы, электростанции, гидроэлектростанции, гидроаккумулирующие электростанции т.п, предназначенные для подачи электричества к конкретным потребителям.

Обычно для электроснабжения крупных и средних городов используется система питания, которая базируется в диапазоне 110/10 кВ., также еще существует система 35/6 кВ. При этом также следует город разделить на 3 условные части (окраины - малая нагрузка, центральная часть - часть города с самой большой нагрузкой, остальное на среднюю часть). При этом также следует учитывать потребление электроэнергии от потребителей и доступность источников электропитания.[1]

Материалы и методы. На качество электроснабжения в городе, так и в целом влияют множество показателей. К одной из таких причин относится ухудшения качества электроснабжения в городе относятся технические потери электроэнергии в электрических сетях, короткое замыкание, перегруженность линии,. В основном это связано с некачественным и старым оборудованием и линиями электропередач, соответственно, их малая пропускная способность, улучшение распределения и регулирования напряжения.

Для решения данной проблемы необходима реконструкция и усовершенствование электрических сетей и, соответственно, модернизация электротехнического оборудования (изоляторы, генераторы электрической энергии и т.п.). Также необходима профилактика, частое обслуживание и проверка работы электроснабжения на выявление недостатков и дефектов, и само-собой устранение данных ошибок. Также налаживание работы трансформаторов, модернизация счетчиков и системы контроля электроэнергии, проводить анализ расходов и уменьшить, соответственно, потребление электрической энергии.[2]

Еще одной особо важной проблемой электроснабжения в городе, так и в целом являются провалы, скачки и пропадания напряжения. Основными причинами таких перепадов и внезапного отключения электроэнергии могут быть, как уже говорилось ранее, поврежденное, слабое и некачественное оборудование, малая подача электроэнергии, перегрузка линии, а также работа конденсаторов, работа и большая нагрузка приводов, электропечей, сварочных установок и т.п. Все это приводит к внезапному отключению электроэнергии по совершенно разным причинам на определенный и небольшой период времени. Для решения данной проблемы следует модернизировать и усовершенствовать оборудование, линии электропередач, техническое обслуживание, устанавливать стабилизирующие системы напряжения от внезапного отключения (в частности для квартир). Не маловажным является своевременная замена увеличение мощностей подстанций и ТП на садоводческих товариществах т.к. там тоже плачевная ситуация с мощностями. А также развивать и улучшать альтернативные источники подачи электроэнергии(

альтернативные – ветреные, атомные, солнечные), водородная энергетика. Это намного экологичнее, чем те же тепловые электростанции.[2]

Результаты исследований. Так, например, На юге России, в частности, в Краснодарском крае очень заметно наблюдается нехватка подачи электроэнергии в Закавказье, в Турцию,. Основной причиной такой нехватки является нехватки мощности, также проблема жары летом в крае из- за чего сомнительно небольшая мощность наблюдается (219 МВт). Кроме того, это возникает из-за подключение других стран(потребителей электроэнергии) – в Запорожье.[3]

Для решения данной проблемы энергетические предприятия уже предлагают построить новые генераторы по производству электроэнергии в Крыму от 307-338 МВт, а на Кубани от 550-605 МВт, также усовершенствование новых линии электропередач (500кВ).[3]

Заключение Кроме того, высокая и качественная подача электроснабжения в города, села, на различные предприятия и т.п. приводит к стабильности, безопасной подачи напряжения, соответственно, уменьшаются перепады и внезапные отключения электроэнергии.

Список источников

1. Гребнев, В. Е. Надежность электроснабжения в области АПК / В. Е. Гребнев, Д. А. Бибко // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. – С. 502-504. – EDN OKBONQ.
2. <https://habr.com/ru/articles/564502/>
3. <https://www.kommersant.ru/doc/6239845>

© Гребнев В.Е., Бибко Д.А., 2024

Научная статья
УДК 620.92

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Гусева Ольга Анатольевна¹, Пташкина-Гирина Ольга Степановна²

^{1,2}Южно-Уральский государственный аграрный университет,
г. Троицк, Челябинская область, Россия

¹e-mail: gusevaoa2010@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6114-5068>

²e-mail: girina2002@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4740-3539>

Аннотация: В статье приводятся методы очистки сточных вод и возможность повышения эффективности данных технологий благодаря использованию возобновляемых источников энергии

Ключевые слова: очистные сооружения, возобновляемые источники энергии, сточные воды.

Для цитирования: Гусева О.А. Очистка сточных вод с применением возобновляемых источников энергии / О. А. Гусева, О. С. Пташкина-Гирина // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

WASTE WATER TREATMENT USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

¹Guseva Olga,²Ptashkina-Girina Olga

^{1,2}South-Ural State Agrarian University,
Troitsk, Chelyabinsk region, Russia

¹e-mail: gusevaoa2010@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6114-5068>

²e-mail: girina2002@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4740-3539>

Annotation: The article presents methods of waste water treatment and the possibility of increasing the efficiency of these technologies through the use of renewable energy sources.

Keywords: sewage treatment plants, renewable energy sources, waste water.

For citation: Guseva, O. A. Waste water treatment using renewable energy sources / O. A. Guseva, O. S. Ptashkina-Girina // Actual problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National scientific and practical conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Челябинская область является сельскохозяйственным регионом, где наряду с растениеводством функционируют крупные производства мяса птицы и куриных яиц, свиноплоды, более 500 тыс. человек проживает в сельской местности [1]. Работа сельскохозяйственных предприятий и быт населения влечет проблему очистки сточных вод. Жители частного сектора часто не имеют централизованной канализации, а для отвода стоков используют выгребные ямы, из которых впоследствии спецтехникой осуществляется откачка и транспортировка стоков на очистные сооружения.

Надзорными ведомствами ведется контроль состояния поверхностных вод в Челябинской области. Так, по данным [2] в марте 2024 года было отобрано 38 проб, в 4-х пробах концентрация загрязняющих веществ показала их высокий уровень, а в 2-х из них – экстремально высокое загрязнение. Проба, взятая из р.Ай близ г.Златоуста показала экстремально высокое загрязнение воды с острым дефицитом растворенного в воде кислорода с концентрацией марганца в 55,6 ПДК, аммонийного азота - 13,3 ПДК. В р. Ай, близ г. Куса, проба показала

высокий уровень загрязнения воды с содержанием в воде органических веществ 6,8 НКВ.

В Аргазинском водохранилище, являющимся источником водоснабжения г. Челябинска, было выявлено два превышения ПДК: цинком –17,4 и марганцем – 42,0, что свидетельствует о высоком загрязнении воды.

В р. Уй, у с. Степное Пластовского района проба зафиксировала экстремально высокое загрязнение воды марганцем, что составило 225,9 ПДК, количество растворенного кислорода – 2,5 мг/дм³, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения воды.

Тем не менее, поверхностные воды являются наиболее распространенным источником водоснабжения.

Очистные сооружения являются сложным технологическим циклом, включающим в себя ряд разноплановых мероприятий, направленных на обеззараживание, удаление механических примесей, жиросудаление, электрофлотация, отстаивание, фильтрация и пр.

Указанные мероприятия требуют высоких энергетических затрат, в связи с чем, стоит остро проблема о повышении эффективности очистных сооружений, снижение энергетической нагрузки, которая ввиду необходимости перекачивания стока и поддержания достаточной для технологического процесса температуры, является наиболее существенной долей затрат.

Повысить эффективность очистных сооружений возможно благодаря комплексному использованию сточных вод, в том числе с применением возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Материалы и методы исследования: аналитический обзор методов очистки сточных вод и возможных к установке на очистных сооружениях возобновляемых источников энергии, а также общие методы научного познания: анализ, наблюдение, системный подход. Выбрать возможную технологию ВИЭ с учетом возможности внедрения на очистных сооружениях.

Использование энергетического потенциала сбросной воды позволит повысить эффективность системы водоочистки. Вырабатываемую энергию можно использовать на собственные нужды станции, так и для энергообеспечения ближайших потребителей [3,4].

В случае применения технологий ВИЭ на очистных сооружениях, они будут выступать как генерирующий объект для предприятий-потребителей энергии [5].

Результаты исследования. Исследователи штата Пенсильвания, предлагают способы превратить очистку сточных вод в возобновляемый источник чистой энергии, вводя в систему микробный топливный элемент который фактически генерирует электричество из сточных вод во время очистки воды. Микробные топливные элементы могут производить электроэнергию из бытовых сточных вод, а также из сельскохозяйственных, пищевых и промышленных сточных вод, в качестве сырья для бактерий может быть любой биоразлагаемый материал. Бактерии высвобождают электроны, переваривая органические вещества в воде

в процессе очистки и эти свободные электроны подаются в электрохимическую цепь и их можно использовать для выработки энергии [6].

Осевший после очистки ил можно использовать для производства биогаза путем анаэробного сбраживания в биореакторе [7].

Для обеспечения энергетической автономности очистных сооружений можно рассматривать комплексное использование ВИЭ: гидроэлектростанции, солнечные фотоэлектрические системы и сжигание осадка сточных вод [8].

Рассмотрим возможность использования водной энергии на очистных сооружениях.

Учитывая тот факт, что для нормального функционирования очистных сооружений используется насосное оборудование – установка гидроагрегата возможна только на выходе стока из очистных сооружений, на сбросном канале [9]. Поскольку в окружающую среду после очистных сооружений вода сбрасывается чистая – оборудование не требует особых условий.

Для рассмотрения возможности установки гидроагрегата, были взяты очистные сооружения населенного пункта с численностью населения 20 тыс. человек, проживающих преимущественно в частном секторе. Расход стока в пруд и напор позволили определить установленную мощность гидросилового оборудования, которая составила 3 кВт с себестоимостью производимой электроэнергии 2,3 руб/кВт·ч.

Для активного использования живых бактерий, а также для интенсификации процесса очистки воды – используется ее подогрев. После выхода из фильтров вода, имеющая тепловой потенциал отправляется в пруды, где остывает. Оптимальным решением использования низкопотенциальной энергии сточных вод является установка теплового насоса перед прудами отстойниками, после биологических фильтров и химического обеззараживания. В данном случае стоит учитывать, тот факт, что сток в этом месте еще не прошел все стадии очистки, поэтому испаритель, укладываемый в сточные воды, должен быть устойчив к агрессивной среде и засорению [10].

По площади теплосъема и температуре воды была определена мощность теплонасосной установки, которая составила 18,95 кВт.

Заключение. Исследования показали о возможности применения технологий на базе ВИЭ на очистных сооружениях. Электроэнергию, вырабатываемую гидроагрегатом можно использовать для физико-химических методов очистки стока, тепловую энергию, производимую тепловым насосом можно использовать для физических методов очистки, бактериальных. Срок окупаемости зависит от объемов стока и в описанном примере составили 2 года для теплового насоса и 6 лет для пикогидроэлектростанции.

Список литературы

1. Министерство сельского хозяйства Челябинской области. Официальный сайт. [Электронный ресурс]: <https://agro.gov74.ru/>

2. Челябинский ЦГМС - филиал ФГБУ "Уральское УГМС" Официальный сайт. [Электронный ресурс]: <http://www.chelpogoda.ru/pages/1586.php>
3. Пташкина-Гирина, О. С. Использование сбросной энергии воды для выработки электроэнергии / О. С. Пташкина-Гирина, О. А. Гусева, К. О. Ендальцев // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 13–15 декабря 2017 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 159.
4. Гусева, О. А. Утилизация гидравлической и тепловой энергии искусственных водосбросных сооружений / О. А. Гусева, О. С. Пташкина-Гирина // Наука ЮУрГУ : материалы 70-й научной конференции, Челябинск, 25 апреля – 04 2018 года / Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – С. 432-435..
5. Ptashkina-Girina, O. S. Technical-Economic Assessment of Small Hydro-Power Units / O. S. Ptashkina-Girina, N. S. Nizamutdinova, O. A. Guseva // Proceedings 2018 International Ural Conference on Green Energy (UralCon), Челябинск, 04–06 октября 2018 года. – Челябинск: IEEE Xplore, 2018. – P. 101-106.
6. Университет штата Пенсильвания США Официальный сайт. [Электронный ресурс]: <https://www.psu.edu/impact/story/clean-water-cleaner-energy/>
7. Johanna Björklund, Ulrika Geber, Torbjörn Rydberg, Energy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge, Resources, Conservation and Recycling, Volume 31, Issue 4, 2001, Pages 293-316. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(00\)00091-4](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(00)00091-4)
8. Syed Muhammad Hassan Ali, Manfred Lenzen, Fabian Sack, Moslem Yousefzadeh, Electricity generation and demand flexibility in wastewater treatment plants: Benefits for 100% renewable electricity grids, Applied Energy, Volume 268, 2020, 114960, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114960>.
9. Ендальцев, К. О. Использование гидравлической энергии в системе водоснабжения и водоотведения / К. О. Ендальцев, О. А. Гусева // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений, Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2017. – С. 728-732.
10. Пташкина-Гирина, О. С. Возможность применения теплонасосных установок для энергообеспечения автономных потребителей Челябинской области / О. С. Пташкина-Гирина, О. А. Гусева, Е. В. Жарков // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции: электронный сборник, Кемерово, 19–21

декабря 2018 года / Под редакцией В.Г. Каширских, И.А. Лобур. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 1611-1614.

©Гусева О.А., Пташкина-Гирина О.С., 2024

Научная статья
УДК 635.134

РАЗРАБОТКА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫХ БЛОКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА УНПК «АГРОЦЕНТР» ФГБОУ ВО ВАВИЛОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Сергей Сергеевич Елисеев¹, Антон Игоревич Кадухин², Евгений Александрович Горланов³, Артем Николаевич Епишкин⁴, Алексей Дмитриевич Лещев⁵

¹²³⁴⁵Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

¹S10Z@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2399-8806>

²antonkaduhin@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0007-4204-3366>

³egorlanov@yandex.ru

⁴artepis@yandex.ru

⁵lescheval@yandex.ru

Аннотация: Основные направления развития систем электроснабжения городов, сельскохозяйственных и промышленных предприятий связаны с реконструкцией и расширением существующих, и проектированием новых систем. Использование альтернативных источников электроэнергии является одним из современных способов электроснабжения. Однако, электроснабжение от сетевых солнечных электростанций (ССЭ) имеет ряд нюансов, учитывая которые необходимо обосновывать эффективность их применения. Приведен расчет сетевой солнечной электростанции для уменьшения расходов на электрические нагрузки предприятия УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

Ключевые слова: солнечная батарея, электроснабжение, сетевая солнечная электростанция, альтернативные источники энергии.

Для цитирования: С.С. Елисеев, А.И. Кадухин, Е.А. Горланов, А.Н. Епишкин, А.Д. Лещев. Разработка солнечной электростанции для энергообеспечения тепличных блоков производственного участка УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Вавиловский университет Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУВО Вавиловский университет, 2023.

DEVELOPMENT OF A SOLAR POWER PLANT TO SUPPLY ENERGY TO GREENHOUSE BLOCKS OF THE PRODUCTION SITE OF THE SCIENTIFIC AND PRODUCTION COMPLEX "AGROCENTER" OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION Vavilov University

Sergey Sergeevich Eliseev¹, Anton Igorevich Kadukhin², Evgeny Aleksandrovich Gorlanov³, Artem Nikolaevich Epishkin⁴, Alexey Dmitrievich Leshchev⁵

¹²³⁴⁵Saratov State University of Genetics, Biotechnology and engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia.

¹S10Z@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2399-8806>

²antonkaduhin@yandex.ru

³egorlanov@yandex.ru

⁴artepis@yandex.ru

⁵lescheval@yandex.ru

Abstract. The main directions of development of power supply systems for cities, agricultural and industrial enterprises are related to the reconstruction and expansion of existing systems and the design of new systems. The use of alternative sources of electricity is one of the modern methods of power supply. However, power supply from network solar power plants (GPS) has a number of nuances, taking into account which it is necessary to justify the effectiveness of their use. The calculation of a network solar power plant is given to reduce the cost of electrical loads of the enterprise of the Scientific and Production Complex "Agrocenter" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Vavilov University.

Keywords: solar battery, power supply, network solar power plant, alternative energy sources.

For citation: S.S. Eliseev, A.I. Kadukhin, E.A. Gorlanov, A.N. Epishkin, A.D. Leshchev. Development of a solar power plant to supply energy to greenhouse blocks of the production site of the Scientific and Production Complex "Agrocenter" FSBEI HE Vavilov University Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II national conference with international participation / Ed. СМ. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Одним из вариантов энергообеспечения тепличных хозяйств является использованием сетевых солнечных электростанций. Основными показателями, по которым оценивается эффективность сетевой солнечной электростанции (ССЭ), является установленная мощность и возможная максимальная выработка электроэнергии за год.

Величина солнечной радиации имеет ярко выраженный сезонный характер. Использование ССЭ существенно повышает обеспеченность электроснабжения потребителей системы электроснабжения. Сетевая солнечная

станция предназначена для уменьшения потребления от основного источника электроснабжения. Синхронизируясь с опорным напряжением, сетевой инвертор докачивает выработанную от солнца энергию во внутреннюю сеть предприятия [1].

Материалы и методы. ССЭ, структурная схема которой представлена на рисунке 1, предназначена для электроснабжения потребителей и компенсации электроэнергии потребляемой из городской сети.[2]

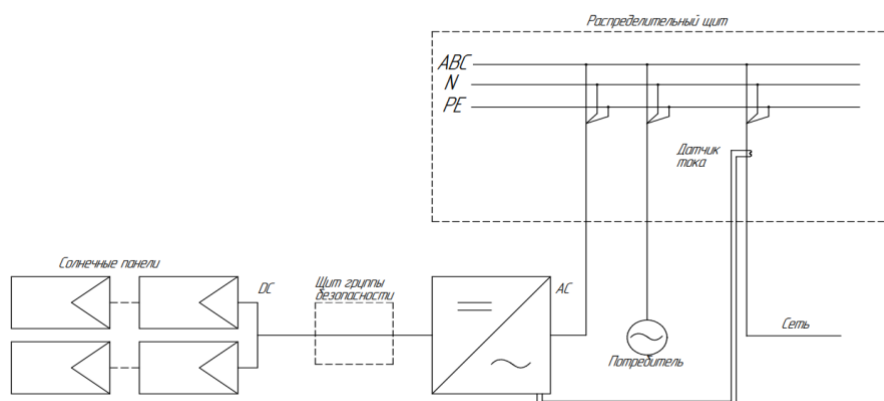


Рисунок 1 – Структурная схема ССЭ для электроснабжения предприятия

Расчет мощности и выбор солнечных батарей, основываясь на данных инсоляции для г. Саратов.

Для наших расчетов воспользуемся ниже приведенными данными по г. Саратов, указанными в таблице 1.

Таблица 1 - Данные для г. Саратов по поступлению солнечной энергии на поверхность, расположенную под углом 35° к горизонту («летний» угол установки ФЭ модулей) и направленную строго на Юг, кВт ·ч/день

месяц	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек
γ-кВт ·ч/ день	1,717	2,814	3,317	3,716	4,516	4,571	4,580	3,896	3,431	2,078	1,626	1,152

Для нашей системы сделаем выбор в пользу солнечной батареи марки General Energo GE350-72М мощностью 350 Вт с КПД 18,5.

Расчетная (пиковая) мощность ФЭБ определяется из выражения, кВт:

$$N_{\text{ФЭБ}} = \frac{n \cdot P_{\text{пик}}}{1000} \quad (1)$$

где n – число фотомодулей в ФЭБ; $P_{\text{пик}}$ – пиковая мощность фотомодулей (Вт).

Для расчетов генерации воспользуемся «летним» вариантом установки ФЭ модулей (угол наклона 35 градусов).

Расчетная инсоляция за месяц определяется из выражения, [3]:

$$N_n = a \cdot b \cdot \gamma, \quad (2)$$

где a – длина ФЭБ, b – ширина ФЭБ, γ – солнечная инсоляция.

Учитывая, что КПД солнечной панели равно 18,5%, найдем, сколько электроэнергии вырабатывает солнечная панель в сутки [4], кВт · ч:

$$N_{\text{сут}} = N_n \cdot \eta. \quad (3)$$

Определим суммарную выработку солнечных модулей в сутки [3], кВт · ч:

$$N_{\text{сумм.с}} = N_{\text{сут}} \cdot 36. \quad (4)$$

Для нашей системы сделаем выбор в пользу сетевого инвертора марки Deye SUN-10K-G03 с максимальной входной мощностью постоянного тока 13 кВт, рабочим диапазоном 120~850 В.

Определим суммарную выработку солнечных модулей в месяц, с учетом максимального КПД инвертора, кВт · ч:

$$N_{\text{сумм.м}} = N_{\text{сумм.с}} \cdot m \cdot \eta_{\text{инв}}, \quad (5)$$

где m – количество дней в месяце, $\eta_{\text{инв}}$ – максимальный КПД инвертора.

После проведения вычислений, заполняем таблицу 8.4 помесечной и среднегодовой выработки электроэнергии ССЭ.

Таблица 2 – Выработка электроэнергии ССЭ

Месяц	Выработка, кВтч
январь	673,75
февраль	1032,82
март	1296,85
апрель	1405,29
май	1764,52
июнь	1728,15
июль	1789,91
август	1522,47
сентябрь	1297,10
октябрь	812,75
ноябрь	615,76
декабрь	449,93
Всего	14 389,3

Минимальное количество получаемой электроэнергии приходится на декабрь месяц – 449,93 кВт · ч. Максимальное количество пришлось на июль месяц 1789,91 кВт · ч. [5]

Заключение. Исползованная методика, основанная на средних значениях генерации солнца, не позволяет определить количество пасмурных дней, когда генерация солнечных модулей минимальна. В момент пропадания опорного напряжения ССЭ так же перестает работать. С учетом вышеописанного, использование ССЭ целесообразно параллельно с дополнительным источником питания, таким как городская сеть.

Список источников

1. Амерханов, Р. А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии / Р. А. Амерханов. – М. : КолосС, 2003. – 532 с.
2. Кудрявцев, И.Ф. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок [Текст] / И.Ф Кудрявцев – М.: Агропромиздат, 2009. – 260 с.
3. Белов, А.А. Методические указания по расчету экономической эффективности сельскохозяйственных предприятий [Текст] / А.А. Белов - Белгород: БелГСХА им. В.Я.Горина, 2011. – 43 с.
4. Шевцова, М.И. Экономика сельскохозяйственного производства [Текст] / М.И. Шевцова, А.П. Краммер, А.Н. Свиридов - М.: КолосС. - 2011. – 185 с.
5. Плеханов, А.Ю. Экономическое обоснование конструктивных разработок в сельскохозяйственной отрасли [Текст] / А.Ю. Плеханов, В.Ю. Фирс, М.И. Агапов – Днепропетровск.: ДНАУ. - 2011.- 32 с.

© Елисеев С.С., Кадухин А.И., Горланов Е.А., Епишкин А.Н., Лещев А.Д., 2024

Научная статья

УДК 635.134

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА УНПК «АГРОЦЕНТР» ФГБОУ ВО ВАВИЛОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Сергей Сергеевич Елисеев¹, Антон Игоревич Кадухин², Анатолий Владимирович Кобелев³, Владимир Александрович Курганов⁴, Александр Алексеевич Потапов⁵

¹²³⁴⁵Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

¹S10Z@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2399-8806>

²antonkaduhin@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0007-4204-3366>

³avkob@yandex.ru

⁴vladimirakurg@yandex.ru

⁵aapotapov@yandex.ru

Аннотация: Оборудование, которое работает на электрической энергии, непрерывно совершенствуется. На основе современных тенденций развития электроэнергетического комплекса, а также переоснащением производственных объектов УНПК «Агроцентр», которое проводится при капитальных и текущих ремонтах в последние годы, требуется реконструировать систему электроснабжения учебного комплекса с учетом пересчета электрических

нагрузок, замены устаревших, изношенных, голых проводов на современные изолированные самонесущие провода типа СИП.

Ключевые слова: электроснабжение, эксплуатация, электрическая нагрузка, трансформаторная подстанция, заземляющее устройство.

Для цитирования: С.С. Елисеев, А.И. Кадухин, А.В. Кобелев, В.А. Курганов, А.А. Потапов. Энергообеспечение тепличного хозяйства УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Вавиловский университет//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

ENERGY SUPPLY FOR GREENHOUSE FARMING UNPC "AGROCENTER" VAVILOV UNIVERSITY

Sergey Sergeevich Eliseev¹, Anton Igorevich Kadukhin², Anatoly Vladimirovich Kobelev³, Vladimir Aleksandrovich Kurganov⁴, Alexander Alekseevich Potapov⁵

¹²³⁴⁵Saratov State University of Genetics, Biotechnology
and engineering named after N.I. Vavilova, Saratov, Russia.

¹S10Z@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2399-8806>

²antonkaduhin@yandex.ru

³avkob@yandex.ru

⁴vladimirakurg@yandex.ru

⁵aapotapov@yandex.ru

Abstract. Equipment that runs on electrical energy is constantly being improved. Based on current trends in the development of the electrical power complex, as well as the re-equipment of production facilities of the Agrocenter Scientific and Production Complex, which is carried out during major and current repairs in recent years, it is necessary to reconstruct the power supply system of the educational complex, taking into account the recalculation of electrical loads, the replacement of outdated, worn-out, bare wires with modern ones insulated self-supporting wires of the SIP type.

Keywords: power supply, operation, electrical load, transformer substation, grounding device.

For citation: S.S. Eliseev, A.I. Kadukhin, A.V. Kobelev, V.A. Kurganov, A.A. Potapov. Energy supply for greenhouse farming UNPC "Agrocenter" FSBEI HE Vavilov University//Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II national conference with international participation/ Ed. СМ. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Комплекс осуществляет основную производственную деятельность, ориентированную на выращивание овощных (огурец) и цветочных (алоэ, роза, декоративные цветы) культур в условиях защищенного грунта, используя

теплицы. Тепличное хозяйство включает пять блоков теплиц, общая площадь которых составляет 51 033 м².

Не менее важной составляющей сервиса, которая влияет на социально-бытовые условия, экологическую обстановку и экономическую эффективность отрасли, является рациональное и надежное обеспечение потребителей электроэнергией, газообразным, жидким и твердым топливом, а также соответствующим энергетическим, электротехническим и теплотехническим оборудованием.

Материалы и методы. Электроснабжение хозяйства обеспечивается линиями 10 кВ. Высоковольтные линии 10 кВ проложены в траншее до трансформаторных подстанций, а линия 0,4кВ – на железных и железобетонных опорах и также кабельными линиями.

Общие сведения об энергетике хозяйства приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Общие сведения об энергетике УНПК «Агроцентр»

№ п/п	Наименование показателя	Результаты за 2021 год
1	Тракторы	6
2	Автомобили	4
3	Энергетические мощности, кВт	1891,8
4	в том числе:	
	-двигатели тракторов	187,9
5	-двигатели автомобилей	312,9
6	-прочие механические двигатели	75,6
7	-электродвигатели и электроустановки	1315,4
8	Электростанции, шт/кВА (дизельные)	2/17
9	Трансформаторы, шт/кВА	6/3780
10	Электродвигатели, шт/кВт, всего	423/788
11	В том числе в теплицах, шт/кВт.	355/728
12	Электронагревательные установки, кВт.	58
13	Протяженность ВЛ-0,4кВ, км	2,138
14	Протяженность тепловых сетей, км	1,743
15	Электропотребление, тыс. кВт*ч.	1262,8
16	Потребление газа, куб.м	412
17	Потребление воды, тыс.куб.м	2432,9
18	Потребление тепла, тыс. Гкал	6134,2

В рамках данного исследования рассматриваются объекты, где преимущественно используются электрические, водные и газовые системы, включая электродвигатели, электроводонагреватели, электрокалориферы, насосы, гидравлические установки, газовые горелки и котлы [1,2]. Однако стоит отметить, что при длительной эксплуатации и под воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды оборудование часто функционирует на грани своих возможностей. Так, например, около 50% электродвигателей относятся к устаревшим сериям [1,2].

Согласно данным, представленным в таблице 1, электрификация играет значительную роль в развитии производственной и социальной инфраструктуры хозяйства. В среднем на каждого сотрудника приходится 46,4 кВт всех энергетических мощностей, а на каждый гектар теплиц – 378 кВт [1,2].

Обслуживание энергооборудования осуществляется энергетической службой, включающей главного инженера, главного теплотехника, двух инженеров, пяти теплотехников и трех электрослесарей [1,2].

Для поддержания требуемого уровня надежности работы электрооборудования необходимо учитывать режимы его использования, а также планировать проведение восстановительных и профилактических работ [1,2]. На рисунке 1 приведены места расположения трансформаторных подстанций УНПК «Агроцентр».



Рисунок 1 - Расположение трансформаторных подстанций в УНПК «Агроцентр»

Представленные трансформаторные подстанции обеспечивают подачу электрической энергии различным потребителям. Подстанция №1 (рис. 1) снабжает электроэнергией тепличные блоки 1, 2, 3 и 4. Она оснащена двумя трансформаторами мощностью 630 кВА каждый. Согласно данным за 2021 год, подстанция была загружена на 70% в моменты пикового потребления, когда включалась система досвечивания рассадного отделения.

Подстанция №2 обеспечивает электроэнергией торговый павильон, домик «Агротуризма», систему уличного освещения и потребителей, расположенных за пределами комплекса. По данным за 2021 год, ее загрузка составила 20%, а общая номинальная мощность равна 1260 кВА.

Подстанция №3 (рис. 1, левый нижний угол) обеспечивает электроэнергией производственные объекты: тепловой пункт, мастерскую, гараж, малую ягодную теплицу, цех по переработке сырья на сок «Корольков сад». Несмотря на большое количество потребителей, зимой, когда задействованы насосы теплоузла, загрузка подстанции составляет всего 40-45%.

В тепловом узле установлены насосные агрегаты – 4 шт., оборудованные электродвигателями мощностью 35 кВт. Для регулирования давления теплоносителя в системе тепловой сети комплекса используется ручная задвижка, а не более экономичный способ, например, частотный регулятор. Сведем данные по некоторым объектам комплекса в таблицу 2.

Таблица 2 – Фактическая и предыдущая мощность потребителей УНПК «Агроцентр» до и после капитального ремонта

№ п/п	Наименование объекта	Габарит.Размеры, м*м	Предыдущая мощность (1960-2000 гг.), кВт	Фактическая мощность (с 2018 г.), кВт	Прогнозируемая мощность (2030 г.), кВт
1	Птичник декоративный на 500 птиц	20x30	8,4	1,9	4,0
2	Электрифицированный склад	6x18	14,5	4,0	10,0
3	Электрифицированная бытовка	6x6	6,0	1,8	4,0
4	Теплица овощная на 2 га 1 блок	100x130	288,4	215,8	310,0
5	Теплица овощная на 2 га 2 блок	76x100	266,4	177,3	280,0
6	Теплица овощная на 2 га 3 блок	76x140	234,5	176,3	260,0
7	Теплица овощная на 2 га 4 блок	76x1520	322,4	254,4	350,0
8	Теплица овощная на 2 га 5 блок	72x100	288,5	234,3	290,0
9	Тепловой узел	12x24	158,9	78,5	80,0
10	Строительный цех	12x42	105,4	26,4	50,0
11	Механическая мастерская	6x36	88,5	33,5	50,0
12	Гараж	6x24	19,6	13,5	18,0
13	Административное здание (контора)	12x48	38,9	25,4	36,0
14	Теплица Высотка	42x54	98,5	49,0	80,0
15	Грибница	12x24	12,8	8,0	10,0
16	Торговый павильон	6x24	16,4	14,5	16,0
17	Домик Агротуризма	6x8	-	3,3	5,0
18	Столовая	36x36	90,5	24,0	40,0
19	Перерабатывающий цех	36x30	110,6	24,5	50,0
20	Малая ягодная теплица	30x24	35,9	15,6	25,0
21	Ангар	12x24	25,0	5,0	20,0
22	Контрольно пропускной пункт	6x6	3,3	3,0	4,0
Итого			2233,4	1390,0	1992,0

Данные, представленные в таблице, относятся к установленной мощности. Общая мощность объекта определена путем суммирования установленной мощности оборудования, находящегося на объекте и подключенного к сети [5]. Анализ данных таблицы 2 показывает, что фактическая нагрузка большинства объектов ниже, чем было запланировано при их строительстве. Это связано с тем, что некоторые технологические процессы и оборудование были демонтированы, а также были установлены более современные осветительные приборы меньшей мощности. Фактическая установленная мощность в 1,6 раза меньше той, что была запланирована при строительстве с 1960 года [5].

Учебно-научно-производственный комплекс "Агроцентр" включает в себя более 20 электрифицированных производственных участков. Электроснабжение этих участков осуществляется с помощью воздушных линий 0,4 с

неизолированным алюминиевым проводом марки А35, АС35, А50, АС50, а также кабельными линиями марки АВВГ, ВВГ, КГ, АППВ [3].

Состояние изоляции кабельных линий варьируется от удовлетворительного до неудовлетворительного. Некоторые кабельные линии требуют замены, особенно те, которые подвергаются прямому солнечному излучению. Воздушные линии с голым проводом заросли деревьями, что приводит к возникновению разрядов и искр при прямом контакте веток с фазными жилами линии. Такое состояние линий может привести к нарушениям в электроснабжении административного здания (конторы), торгового павильона, гаража, а также к значительным потерям электрической энергии [5].

Заключение. Проведенный анализ фактической установленной мощности оборудования на производственных участках позволил установить разницу между типовой мощностью, заложенной по проекту в 1960-е года, большую в 1,6 раза фактической. Однако с учетом роста нагрузки на ближайшие 5-10 лет в соответствии с рекомендациями [1, 2, 4] прогнозируемая нагрузка до 2030 года составит 1992 кВт, что все-равно меньше заложенной в 1960-е годы мощности на 241 кВт.

Трансформаторные подстанции, осуществляющие поставку электроэнергии всем объектам, нуждаются в модернизации систем защиты, а также в замене существующих трансформаторов на устройства меньшей мощности или в перераспределении нагрузки между ними для более полного использования их потенциала (до 80-90%). В каждой подстанции установлено по два трансформатора 10/0,4 полной мощностью 630 кВА.

Ситуация с системой электроснабжения учебно-научно-производственного комплекса требует реконструкции, которая включает в себя пересмотр фактической нагрузки объектов, проектирование новых потребительских линий 0,4 кВ с изолированным самонесущим проводом марки СИП, выбор новых мест для размещения трансформаторных подстанций с учетом перемещения центра электрических нагрузок и выбор более подходящих по мощности трансформаторов.

Реконструкция системы электроснабжения, согласно предварительным расчетам, позволит снизить потери электрической энергии в 4-5 раз, сократить потребление электроэнергии на 5-8% и повысить надежность системы в 3-3,5 раза.

Список источников

1. Рыхлов С. Ю. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Электроснабжение» [Текст] / ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ. – С. Ю. Рыхлов, Д. П. Евстафьев. – Саратов, 2016. Изд. «Лоди» – 50 с.
2. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация энергооборудования сельскохозяйственных предприятий [Текст] / Г.П. Ерошенко, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов. - Ростов-на-Дону: «Терра», 2006. - 590 с.
3. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник / А.И. Ящура. - М.: «Изд. НЦ ЭНАС», 2006. – 268 с.

4. Бакиров, С.М. Выбор стратегии технической эксплуатации электрооборудования сельского хозяйства в рыночных условиях [Текст] / С.М. Бакиров // Вестник Саратовского гоагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2011. - № 04. - С.29-32.
5. Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию [Текст]: серия «Справочники» 5-е изд., испр. / И.И. Алиев. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 480 с.

© Елисеев С.С., Кадухин А.И., Кобелев А.В., Курганов В.А., Потапов А.А.

Научная статья
УДК 64.011.5

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ КОТЕЛЬНОЙ

**Елена Игоревна Зуева¹, Никита Михайлович Осыко², Вадим Вячеславович
Сорокин³, Елизавета Ивановна Пшенцова⁴**

^{1,2,3,4} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ zuevadi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7371-6582>

² nikita.osyko@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-4905-8762>

³ parry.222@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8549-8295>

⁴ elizabet-pshen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1492-2674>

Аннотация. В данной статье рассматривается применение беспилотных летательных аппаратов для диагностики и оценки технического состояния дымовой трубы котельной. Описываются основные преимущества и недостатки такого метода. Показывается, что использование БПЛА позволяет повысить эффективность, безопасность и экономичность процесса диагностики дымовой трубы, а также получить более точную и полную информацию о ее состоянии.

Ключевые слова: дымовая труба, беспилотные летательные аппараты, мониторинг котельных, эффективность.

Для цитирования: Е.И. Зуева, Н.М. Осыко, В.В. Сорокин, Е.И. Пшенцова. Преимущества и недостатки использования инновационных методов оценки технического состояния дымовой трубы котельной / Е.И. Зуева, Н.М. Осыко, В.В. Сорокин, Е.И. Пшенцова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальная научно-практическая конференция с

международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

UDC 64.011.5

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING INNOVATIVE METHODS FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE BOILER CHIMNEY

Elena Igorevna Zueva¹, Nikita Mihaylovich Osyko², Vadim Vaycheslavovich Sorokin³, Elizaveta Ivanovna Pshentsova⁴

^{1,2,3,4} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ zuevadi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7371-6582>

² nikita.osyko@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-4905-8762>

³ parry.222@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8549-8295>

⁴ elizabet-pshen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1492-2674>

Annotation. This article discusses the use of unmanned aerial vehicles for the diagnosis and assessment of the technical condition of the boiler chimney. The main advantages and disadvantages of this method are described. It is shown that the use of UAVs makes it possible to increase the efficiency, safety and cost-effectiveness of the chimney diagnostics process, as well as to obtain more accurate and complete information about its condition.

Keywords: chimney, unmanned aerial vehicles, boiler room monitoring, efficiency.

For citation: E.I. Zueva, N.M. Osyko, V.V. Sorokin, E.I. Pshentsova. Advantages and disadvantages of using innovative methods for assessing the technical condition of the boiler chimney / E.I. Zueva, N.M. Osyko, V.V. Sorokin, E.I. Pshentsova // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Дымовая труба котельной - это важный элемент тепловой энергетики, который обеспечивает отвод и рассеивание продуктов сгорания топлива, а также уменьшение их вредного воздействия на окружающую среду. Дымовая труба котельной работает в сложных условиях, подвергаясь воздействию высоких температур, агрессивных газов, ветровых нагрузок, атмосферных осадков и других факторов. Все это приводит к износу, коррозии, деформации, трещинообразованию и другим дефектам, которые могут угрожать безопасности и надежности эксплуатации дымовой трубы, а также снижать ее эффективность и экологичность. Поэтому необходимо регулярно проводить диагностику и

оценку технического состояния дымовой трубы, чтобы своевременно выявлять и устранять возможные проблемы, а также прогнозировать остаточный ресурс и планировать ремонтные работы.

Одним из современных и перспективных методов диагностики и оценки технического состояния дымовой трубы котельной является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые представляют собой автономные или дистанционно управляемые летательные устройства, оснащенные различными датчиками, камерами, радарными и другими средствами сбора и передачи информации. БПЛА могут быть различных типов и конфигураций, например, мультикоптеры, самолеты, вертолеты, дирижабли и т.д.

Материалы и методы. В качестве материала исследования были использованы публикации в научных журналах, в той или иной мере затрагивающие тему исследования.

В качестве методов исследования были использованы такие теоретические методы как анализ, синтез, индукция, дедукция, контент-анализ, сопоставительный анализ.

Результаты исследования. Применение БПЛА для диагностики и оценки технического состояния дымовой трубы котельной имеет ряд преимуществ, а именно:

- Повышение эффективности и скорости процесса диагностики. БПЛА позволяют проводить обследование дымовой трубы в режиме реального времени, без необходимости останавливать работу котельной или подниматься на большую высоту. БПЛА могут обследовать дымовую трубу с разных ракурсов и дистанций, получая более полную и точную информацию о ее состоянии. БПЛА также могут автоматически обрабатывать и анализировать полученные данные, выделяя наиболее важные и критические параметры и дефекты.

- Повышение безопасности и снижение рисков для персонала. БПЛА исключают необходимость физического контакта с дымовой трубой, что снижает риск падения, поражения электрическим током, отравления газами и других травм и заболеваний. БПЛА также позволяют избежать воздействия высоких температур, шума, вибрации и других неблагоприятных факторов, которые могут негативно сказываться на здоровье и работоспособности персонала. БПЛА также снижают риск повреждения дымовой трубы во время обследования, так как они имеют малый вес и размер, а также системы стабилизации и защиты.

- Снижение затрат и экономия ресурсов. БПЛА позволяют сократить расходы на обследование дымовой трубы, так как они не требуют большого количества персонала, специального оборудования, транспорта и других ресурсов. БПЛА также позволяют экономить топливо и электроэнергию, так как они не требуют остановки котельной или снижения ее мощности во время обследования. БПЛА также позволяют продлить срок службы и увеличить эффективность дымовой трубы, так как они способствуют своевременному

выявлению и устранению дефектов и повреждений, а также оптимизации режимов работы котельной.

Однако применение БПЛА для диагностики и оценки технического состояния дымовой трубы котельной также имеет ряд недостатков и ограничений, а именно:

- Необходимость обладания специальными знаниями и навыками для работы с БПЛА. БПЛА требуют квалифицированного персонала, который должен уметь выбирать, настраивать, управлять и обслуживать БПЛА, а также интерпретировать и использовать полученную информацию. БПЛА также требуют специального оборудования, такого как пульты управления, приемники, антенны, зарядные устройства, аккумуляторы и т.д. БПЛА также требуют соблюдения определенных процедур и инструкций по безопасности и эксплуатации.

- Необходимость учета специфики дымовой трубы котельной. БПЛА должны быть адаптированы к особенностям дымовой трубы котельной, таким как ее высота, диаметр, форма, материал, состояние поверхности, наличие загрязнений и т.д. БПЛА также должны учитывать влияние температуры, давления, скорости и состава продуктов сгорания на работу датчиков и камер. БПЛА также должны учитывать возможность возникновения помех и шумов от других источников, таких как радиостанции, мобильные телефоны, электромагнитные поля и т.д.

Заключение. В заключение, можно сделать вывод, что БПЛА являются современным и перспективным инструментом для диагностики и оценки технического состояния дымовой трубы котельной, который имеет множество преимуществ и возможностей для пользователей. Таким образом, использование БПЛА позволяет повысить эффективность, безопасность и экономичность процесса диагностики дымовой трубы, а также получить более точную и полную информацию о ее состоянии.

Список источников

1. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. М.: Высш. шк., 2008. 318 с.
2. Пуринг С.М., Ватузов Д.Н. Оптимизация выбора способа теплоснабжения // Инновационные стратегии развития экономики и управления. 2015. С. 313-316.
3. Система диспетчеризации, контроля и управления котельной СДК-У. Автоматизация котельной. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.project-p.ru/portfolio/avtomatizaciya-gazovoj-kotelnoj/>
4. Система диспетчеризации модульной котельной – БУК-4К.2 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.tan-it.ru/index.php/avtomatika-modulnoj-kotelnoj/item/85-sistema-dispetcherizatsii-modulnoj-kotelnoj-buk-4k2/85-sistema-dispetcherizatsii-modulnoj-kotelnoj-buk-4k2>
5. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. М.: БАСТЕТ, 2009. 528 с.

Научная статья
УДК 621.313.33, УДК 62.192

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА БУНКЕРА ЗЕРНОВОГО ЭЛЕВАТОРА

Юлия Викторовна Иванкина¹, Благов Андрей Игоревич²

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ Lexsi2007@mail.ru <http://orcid.org/0009-0005-8424-0582>

² blagow.andrei2016@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0002-7571-0739>

Аннотация: Статья посвящена обзору графической оболочки мобильного приложения «Система мониторинга микроклимата бункера зернового элеватора» (SMMB.GrainElevator).

Ключевые слова: система мониторинга, микроклимат, элеватор, мобильное приложение.

Для цитирования: Благов А.И. Система мониторинга микроклимата бункера зернового элеватора / Ю.В. Иванкина, А.И. Благов // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XV Национальной конференции с международным участием / под редакцией С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

MONITORING SYSTEM MICROCLIMATE OF THE GRAIN ELEVATOR BUNKER

Yulia Viktorovna Ivankina¹, Blagov Andrey²

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ Lexsi2007@mail.ru <http://orcid.org/0009-0005-8424-0582>

² blagow.andrei2016@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0002-7571-0739>

Abstract: The article is devoted to an overview of the graphical shell of the mobile application "Microclimate monitoring system of the grain elevator bunker" (SMMB.GrainElevator).

Keywords: monitoring system, microclimate, elevator, mobile application.

For citation: Blagov A.I. Microclimate Monitoring System of a Grain Elevator Bunker / Yu.V. Ivankina, A.I. Blagov // Actual Problems of Agro-Industrial Complex Energy: Proceedings of the II National Conference with International Participation / edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. «Система мониторинга микроклимата бункера зернового элеватора» (SMMB.GrainElevator) - это мобильное приложение предназначенное для обеспечения быстрого доступа к данным описывающим текущие и архивные показания датчиков бункеров элеватора, по информации полученной с сервера хранения данных.

При первом запуске SMMB.GrainElevator пользователю отображается экран приветствия и приглашения к аутентификации, приведенный на рисунке №1. Для аутентификации в приложении в окне запроса аутентификационных данных необходимо ввести имя пользователя (логин пользователя) в поле «Имя пользователя»(1), в поле «Пароль»(2) ввести пароль учетной записи и нажать кнопку «Авторизоваться»(3).

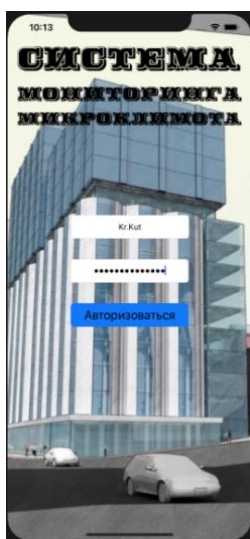


Рисунок 1 - Экран авторизации: 1 – поле «Имя пользователя»; 2 – поле «Пароль»; 3 – кнопку «Авторизоваться».

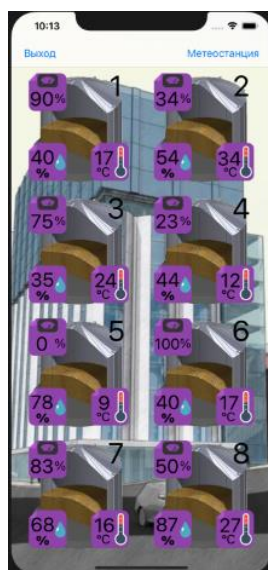


Рисунок 2 - Экран с графическим отображением каждого имеющегося бункера
1 – порядковый номер бункера; 2 – процент заполненности; 3 – средняя влажность; 4 – средняя температура; 5 – графическое отображение бункера.

После того, как пользователь ввел корректные аутентификационные данные, SMMB.GrainElevator загружает экран с графическим отображением каждого имеющегося бункера на элеваторе (рисунок №2).

На данном экране отображаются графические бункера (5) с порядковыми номерами (1), у каждого бункера отображены его текущие параметры:

- процент заполненности бункера (2)
- средние показания датчиков влажности (3)
- средние показания датчиков температуры (4)

При нажатии на необходимый бункер (5) происходит переход к экрану отображения данных о выбранном бункере (рисунок №3).

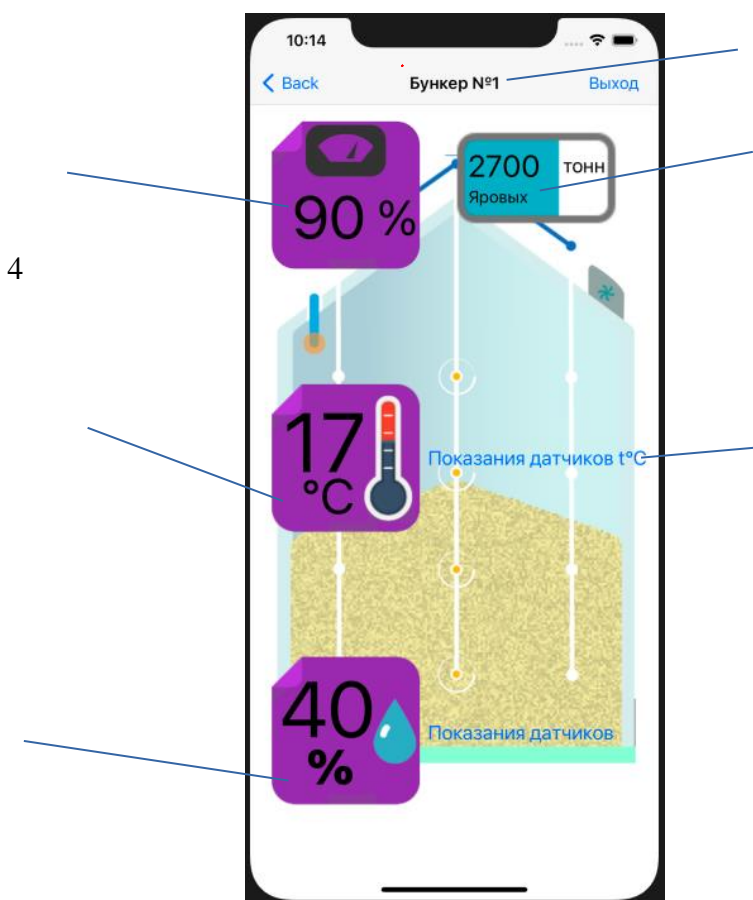


Рисунок 3 - Экран отображения данных о бункере

1 – порядковый номер бункера; 2 – процент наполненности; 3 – средняя влажность; 4 – средняя температура; 5 – данные о загруженном сырье; 6 – переход к экрану отображения показаний всех датчиков бункера.

Экран отображения данных о бункере является промежуточным, предназначенным для предоставления возможности просмотра текущего состояния бункера (2,3,4) с последующим переходом на другие экраны (5,6).

Экран отображения данных о бункере позволяет пользователю перейти к следующим экранам:

- экран отображения данных о загрузке/выгрузке сырья (рисунок №4);
- экран графического отображения показаний всех температурных датчиков выбранного бункера (рисунок №5);

При переходе на экран отображения данных о загрузке/выгрузке сырья (рисунок №4) отображает данные в табличном формате, где указана дата (1) и время(2), масса(3), статус изменения(4) загрузки/выгрузки сырья.

Дата	Время	Масса	Статус
23.06.2020	15:56	5	ТОНН
23.06.2020	14:12	8	ТОНН
23.06.2020	13:21	24	ТОНН
23.06.2020	11:37	13	ТОНН
23.06.2020	10:48	7	ТОНН
23.06.2020	10:02	18	ТОНН
23.06.2020	09:23	5	ТОНН
23.06.2020	08:47	29	ТОНН
23.06.2020	08:12	7	ТОНН
22.06.2020	16:08	6	ТОНН
22.06.2020	15:32	5	ТОНН
22.06.2020	14:12	15	ТОНН
21.06.2020	13:43	25	ТОНН
21.06.2020	10:56	9	ТОНН
20.06.2020	14:12	5	ТОНН
20.06.2020	13:12	5	ТОНН
20.06.2020	11:12	3	ТОНН
20.06.2020	10:42	21	ТОНН

Рисунок 4 - Экран отображения данных о загрузке/выгрузке сырья
1 – дата; 2 – время; 3 – масса; 4 – статус.

Экран графического отображения показаний всех температурных датчиков выбранного бункера (рисунок №5) отображает показания датчиков в реальном времени(1), в левом верхнем углу отображается средняя температура в бункере(2).

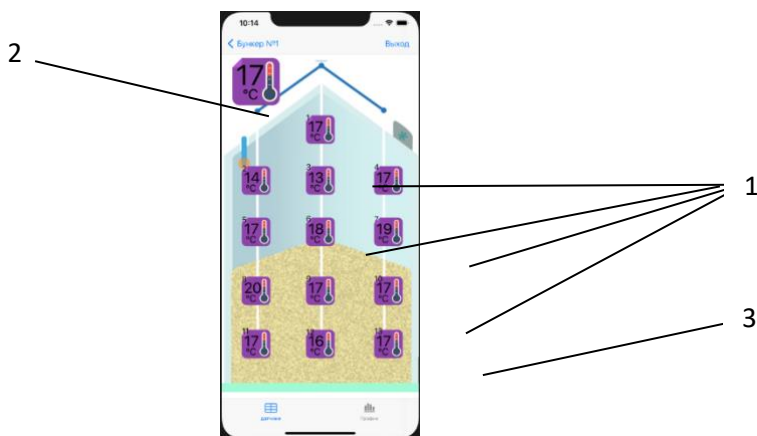


Рисунок 5 - Экран графического отображения показаний всех датчиков бункера
1 – показания датчика; 2 – средняя температура; 3 – Экран с отображением графика изменения средней температуры за определенный период

При переходе пользователя на экран отображения графика изменения средней температуры необходимо выбрать период отображаемой информации (1). Установив временной промежуток, приложение выводит на экран график изменения температуры (2), при необходимости можно просмотреть эти же данные в табличном виде (3).

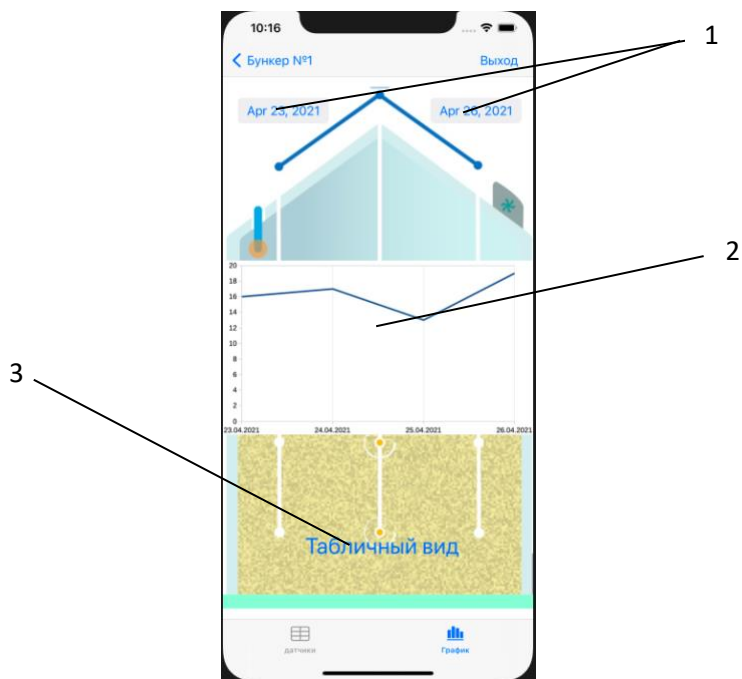


Рисунок 6 - Экран с отображением графика изменения средней температуры за определенный период
1 – выбор временного промежутка; 2 – график изменения температуры; 3 – переход на экран отображения изменения средней температуры за определенный период в табличном исполнении

Таким образом основные возможности мобильного приложения «Система мониторинга микроклимата бункера зернового элеватора» (SMMB.GrainElevator) позволяют получать доступ к информации о состоянии микроклимата элеваторных бункеров, анализировать историю изменения показаний и получать оповещения о критических изменениях в любом месте и в любое время.

Список источников

1. Шакиров Ф. К. Организация сельскохозяйственного производства /Ф. К. Шакиров, В. А. Удалов, С. И. Грядов и [др.]; под ред. Ф. К. Шакирова. – М.: Колос, 2006. – 504 с. ил.
2. Determination of the permissible duration of downtime electric power processes in agricultural production / S. M. Bakirov, O. V. Logacheva, Y. V. Ivankina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : II International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science", Smolensk, Russian Federation, 23–27 января 2022 года. Vol. 1045. – Smolensk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2022. – P. 012162. – DOI 10.1088/1755-1315/1045/1/012162. – EDN SZEUOQ.

3. Иванкина, Ю. В. Мобильное приложение "Система мониторинга микроклимата бункера зернового элеватора" / Ю. В. Иванкина, В. С. Степушин // Аграрные конференции. – 2020. – № 6(24). – С. 13-21. – EDN NPDZSP.
4. Иванкина, Ю. В. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надёжности / Ю. В. Иванкина, М. С. Милешин // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики : Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Саратов, 25 декабря 2020 года. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2020. – С. 135-138. – EDN IMETWC.

@ Иванкина Ю.В., Благоев А.И., 2024

Обзорная статья
УДК 621.313

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ФГБОУ ВО ВАВИЛОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Иванов Артем Александрович¹, Томников Кирилл Вячеславович², Галкин Алексей Петрович³, Моисеев Алексей Петрович⁴.

^{1,2,3,4}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

⁴ moiseevap-distant20-21@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

Аннотация. В настоящей статье разработан комплекс энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности образовательного учреждения, на примере объектов ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

Ключевые слова: энергосбережение, электроэнергия, системы, освещение, организационные мероприятия, экономический эффект.

Для цитирования: А.А. Иванов. Энергосбережение в ФГБОУ ВО Вавиловский университет / А.А. Иванов, К.В. Томников, А.П. Галкин, А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article
UDC 621.313

ENERGY SAVING AT VAVILOV UNIVERSITY

Ivanov Artyom Alexandrovich¹, Tomnikov Kirill Vyacheslavovich², Galkin Alexey Petrovich³, Moiseev Alexey Petrovich⁴

^{1,2,3,4} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia

Annotation. In this article, a set of energy-saving measures has been developed to improve the energy efficiency of an educational institution, using the example of the facilities of the Vavilov University.

Keywords: energy saving, electric power, systems, lighting, organizational measures, economic effect.

For citation: A.A. Ivanov. Energy saving at vavilov university/ A.A. Ivanov, A.V. Apryatkin, K.V. Tomnikov, A.P. Galkin, A.P. Moiseev // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G. P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Проблемам внедрения энергосберегающих мероприятий в разные сферы хозяйства посвящены многие научные работы и уделяется значительное внимание [1,2,3,4]. Однако разработкам энергосберегающих мероприятий в бюджетных образовательных организациях не уделяется должного значения. В работах многих специалистов упор ставится на совершенствовании учета потребления энергоносителей, что, конечно, важно, но недостаточно. Для учета всех факторов, влияющих на энергоэффективность объекта, необходимо применять комплексную программу энергосбережения [1,2,3,4]. Данной проблеме и посвящена настоящая статья.

Материалы и методы. Итак, приведем наиболее значимые мероприятия по энергосбережению и ожидаемый эффект на примере ФГБОУ ВО Вавиловский университет.

1) *Применение энергосберегающих источников света – ламп.* Ожидаемый эффект: При замене, эффект составит по предварительным расчетам 25...45% от электроэнергии, расходуемой в Вавиловском университете на цели освещения. (Например, при замене 1 светильника ЛВО 4x18 на светильник СВО 4x9, при работе в сутки около 4,8 часов срок окупаемости составит 1,1 год, при среднем тарифе 4,9кВт*час) [1, 2].

2) *Запрет на применение некомпенсированных светильников с люминесцентными лампами, по возможности замена установленных светильников без компенсации.* Ожидаемый эффект: Светильники с люминесцентными лампами без встроенного компенсирующего конденсатора имеют низкий cosφ, что приводит к увеличению в 1,2...1,4 раза тока в осветительной сети и вызывает увеличение потерь энергии в проводах и кабелях питающих линий 0,4 кВ. Экономия электроэнергии за счет снижения потерь в проводах и кабелях[1,2,].

3) *Отключение ненужного и излишнего освещения в кабинетах, аудиториях, лабораториях.* Ожидаемый эффект: Поскольку счетчики считают бесполезно утекающие деньги, при этом мощность освещения большая и составляет от 400...600 Ватт до нескольких киловатт в каждом помещении.

Максимальный эффект может быть значительным – снижение на 20...30% доли электроэнергии потребляемой на цели освещения[1,2].

4) *Поддержание чистоты световых проемов (окон).* Ожидаемый эффект: Периодическое мытье окон позволит в дневное время во многих случаях обходиться естественным освещением без включения искусственного, электрического. Ситуация «днем с огнем» не потребуется. Измерения, проведенные многократно на объекте, показали, что после мытья визуально сравнительно чистых окон естественная освещенность на рабочих поверхностях (столах, стендах) увеличивается в 1,7...2 раза! Соответственно уменьшаются затраты на освещение до 30%[1,2].

5) *Применение светильников местного освещения в кабинетах.* Ожидаемый эффект: При работе 1,2,3 человек в кабинете достаточная освещенность на рабочем столе обеспечивается светильником местного освещения с компактной люминесцентной лампой (КЛЛ) мощностью 9...15Вт. При этом не включается общее освещение, которое требует в 10...15 раз больше электроэнергии. В настоящее время светильники местного освещения в Вавиловском университете практически не применяются. Значительная экономия электроэнергии, до 80%[1,2].

6) *Выявление и пресечение возможных случаев воровства электроэнергии путем самовольных и незаконно санкционированных подключений к электрическим сетям Вавиловского университета.* Ожидаемый эффект: Проверка, приведение в порядок, внесение изменения в однолинейные схемы ВРЩ, РУ-0,4 кВ; ТП, сравнительный анализ энергопотребления по аналогичным объектам, проверка отходящих линий, узлов учета электроэнергии, позволит сэкономить до 20-50 % электроэнергии[1,2].

7) *Организация автоматического управления освещением с помощью датчиков (присутствия) в коридорах, лестничных клетках, туалетах, умывальных и других помещениях с недлительным присутствием людей [3,4,5].* Ожидаемый эффект: Экономия электроэнергии за счет сокращения времени включенного состояния светильников[1,2]. (Например, при контроле датчиком ДДС 2-х светильников СВО 4x9 (соответственно сокращая время работы светильников, например на 5 часов в сутки), срок окупаемости составит 1 год. При контроле датчиком ДДС 4-х светильников СВО - срок окупаемости составит 0,5-0,6 года. При контроле датчиком светильников ЛВО (с трубчатыми люминесцентными лампами) срок окупаемости снизится на 30-40% по сравнению с предыдущим примером.)

8) *Установка в части помещений с естественным освещением датчиков освещенности (фотореле), запрещающих включение электроосвещения в дневное время при достаточных уровнях освещенности.* Ожидаемый эффект: Экономия электроэнергии до 30% за счет сокращения времени включенного состояния светильников[1,2].

9) *Оптимизация (сокращение, ограничение) времени работы электродвигательного оборудования, замена оборудования повышенной мощности современным оборудованием, менее мощным.* Ожидаемый эффект:

Старое оборудование с электроприводами (вентиляторы, насосы, станки и др.) комплектовалось, как правило, двигателями завышенной мощности, что обуславливалось крайне низкой ценой электроэнергии. При современных тарифах, эксплуатация такого оборудования обходится очень дорого. Вопрос требует детальной проработки для принятия обоснованных решений, что также позволит добиться экономии электроэнергии[1,2].

10) *Проверка и развитие системы учета электроэнергии на объектах Вавиловского университета.* Ожидаемый эффект: Введение дополнительных средств учета электроэнергии позволит выявить подразделения, экономно расходующие электроэнергию, а также «расточителей», и вести работу с ними[1,2]. Экономия до 20-25%.

Заключение. В результате введения рекомендаций по энергосбережению, на примере ФГБОУ ВО Вавиловский университет, экономия электроэнергии составит от 20% до 30%.

Список источников

1. Фаизов, Р. Ш. Разработка мероприятий по энергосбережению в учебных и научных комплексах высших образовательных учреждениях / Р.Ш. Фаизов, А. П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XI национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 15–22 апреля 2020 года / Под общей редакцией В.А. Трушкина. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 134-136. – EDN ZGBJLJ.
2. Щукин, К. А. Мероприятия по энергосбережению в образовательных учреждениях / К. А. Щукин, А. П. Моисеев, Г. А. Молитвин // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 293-295. – EDN ХКІНОТ.
3. Моисеев А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин. – Саратов: Амирит, 2018. – 103 с.
4. Каргин В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами: учебное пособие / В.А. Каргин, А.П. Моисеев, Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177 с.
5. Kargin, V.A. Adaptive system for automatic control of output effort of electromagnetic sausage-filler / V.A. Kargin, A.V. Volgin, A.P. Moiseev. – 14TH International Scientific-Technical conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE-2018 Volumes 1 Part 6 – 44894.

© Иванов А.А., Томников К.В., Галкин А.П., Моисеев А.П 2024

Научная статья
УДК:339.13

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ АВТОНОМНОГО КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР.

¹Кондратьев Александр Альбертович, ²Михаил Александрович Левин

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И.Вавилова, г. Саратов, Россия

²m.a.levin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-5466-9801>

¹Alexandrkontratev200@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0002-0241-8673>

Аннотация: в статье рассматривается система автономного полива ягодных культур для улучшения качества полива и увеличения урожайности культуры без непосредственного контроля обслуживающего персонала.

Ключевые слова: полив, электроэнергия, автономность.

Для цитирования: Кондратьев А.А.. Требования к системе автономного капельного полива ягодных культур / Кондратьев А.А., М.А. Левин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Scientific article
UDC:339.13

REQUIREMENTS FOR THE SYSTEM OF AUTONOMOUS DRIP IRRIGATION OF BERRY CROPS.

¹Kondratiev Alexander Albertovich, ²michail Alexandrovich Levin

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I.Vavilov, Saratov, Russia

²m.a.levin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-5466-9801>

¹Alexandrkontratev200@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0002-0241-8673>

Abstract: the article considers a system of autonomous berry crops to improve the quality of irrigation and increase crop yield without direct supervision of maintenance personnel.

Keywords: irrigation, electricity, autonomy.

For citation: Kondratiev A.A. Requirements for the system of autonomous drip irrigation of berry crops / Kondratiev A.A., M.A. Levin // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Conference with international participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Выращивание сельскохозяйственных культур непосредственно связано с климатическими условиями региона по влажности и температуре. При выращивании сезонных культур в открытом грунте для повышения урожайности используют дополнительный полив для повышения урожайности.

Рассмотрим агротехнические требования к поливу ягодных культур на примере клубники. Клубника очень влаголюбива, однако ее корни расположены близко к поверхности земли: более 80% корней располагается в верхних слоях почвы, на глубине 20–25 см. В связи с этим клубника потребляет большую часть влаги из верхних горизонтов почвы, а из нижних в меньшей степени.

Клубника требует полива даже при условии выпадения осадков – начиная с периода роста весной, заканчивая периодом закладывания генеративных почек осенью. В ягодах клубники содержится 80–90 % воды, в листьях – до 72%. Высокого урожая можно достичь только при условии постоянного равномерного обеспечения почвы водой, а также своевременной подаче удобрений и средств защиты от вредителей. Этого можно добиться лишь с применением системы капельного полива.

Материалы и методы. Выращивание клубники капельным поливом имеет значительные преимущества перед другими видами полива в условиях крупных хозяйств. Дополнительные затраты, учитывая значительный прирост урожая и качество плодов вследствие применения фертигации, достаточно быстро окупаются.

При использовании дождевания для полива клубники невозможно точно рассчитать расход воды, поэтому, чтобы обеспечить почву влагой в достаточном количестве, приходится расходовать воду в больших объемах.

Преимущества капельного полива:

- Можно точно создать необходимую норму полива, глубину увлажнения почвы и регулировать периодичность орошения
- Применяется фертигация, за счет чего растения вовремя и в необходимом объеме получают удобрения и средства защиты растений
- Вода целенаправленно подается к прикорневой зоне, капли не попадают на листья растений и междурядья, что снижает вероятность солнечных ожогов, минимизирует риск заболеваний и повышает эффективность использования оросительной воды
- Вода при капельном поливе не образует корки на поверхности, не скапливается в междурядьях, что в свою очередь снижает риск появления большого количества сорняков
- Влага и удобрения распределяются равномерно, за счет чего урожайность повышается на 20–50 процентов, ягоды имеют лучший товарный вид, что влияет на реализацию продукции.

Нормы полива клубники различаются от времени года, в период роста растения необходимо поддерживать влажность на уровне не ниже 70% НВ, в период цветения влажность почвы должна быть не менее 75% НВ. В летний период уровень влажности почвы – не менее 80% НВ, осенью не ниже 60% НВ.

При капельном орошении одновременно с поливной водой к корням растений подаются водорастворимые удобрения – этот метод называется «фертигация».

Нормы расхода воды зависят от расстояния между растениями и определяются по формуле

$$M = q \left((1 / L) / b \right),$$

где M – норма полива в мм; q – расход воды одной капельницей (л/час); L – расстояние между капельными линиями (м); b – расстояние между капельницами (см).

Чтобы рассчитать моментальный расход при поливе, применяют следующую формулу:

$$Q = (q / 1000) * ((S / L) / b)$$

где Q – моментальный расход в куб.м./час; q – расход воды одной капельницей (л/час); L – расстояние между капельными линиями (м); S – орошаемая площадь (кв.м.), b – расстояние между капельницами (см).

Для выращивания ягодных культур капельный полив оптимально учитывая агротехнические требования, как по возможности дозирования внесения воды и удобрений, так и по возможности автоматизации.

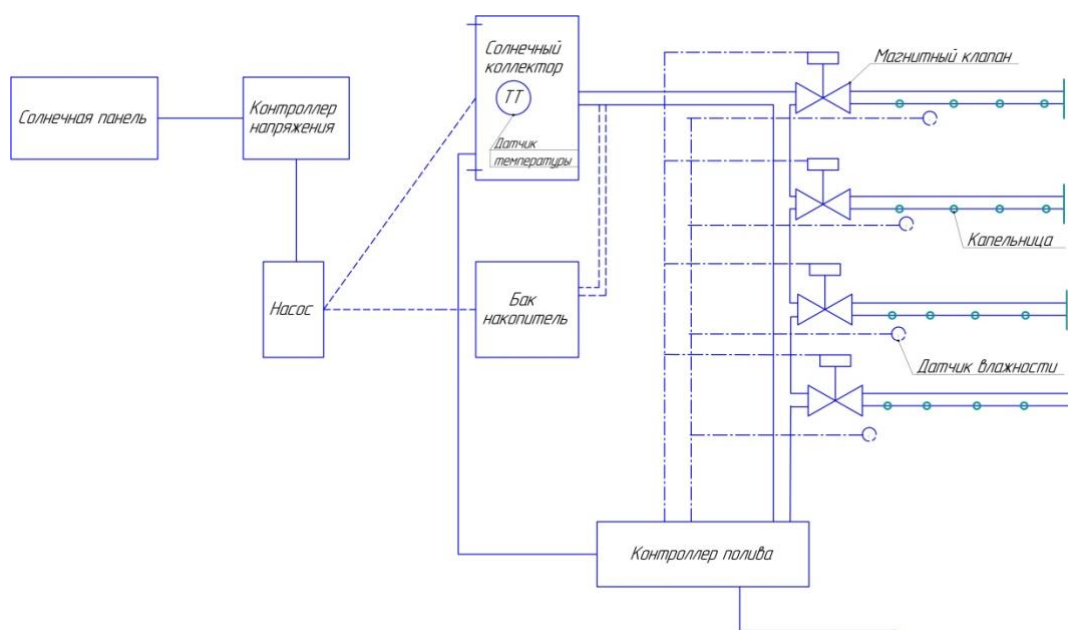


Рисунок 1 Структура системы управления поливом

Заключение. Предлагаемая нами функциональная схема организации капельного полива позволит выполнять агротехнические требования к поливу для разных сортов и видов плодово-ягодных культур благодаря учету влажности на каждой группе рядов растений. Примененный блок автономного электроснабжения и контроллер полива позволит осуществлять полив культур без дополнительных затрат на организацию электроснабжение и операторов полива.

Список источников

1. Применение возобновляемых источников питания электротехнологических процессов в апк малой мощности котков р.о., левин м.а. в книге: актуальные

проблемы энергетики апк. материалы XII национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 110-112.

2. Насчёт параметров гибридной солнечной электростанции для цеха первичной обработки молока Литвинов С.А., Левин М.А. В книге: актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 126-129.333.

3. Автономный, умный полив плодового сада сидоров и.ю., левин м.а. в сборнике: актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2022. С. 150-152.

© Кондратьев А.А., Левин М.А., 2024

Научная статья
УДК:339.13

ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ.

¹Кондратьев Александр Альбертович, ²Михаил Александрович Левин

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И.Вавилова, г. Саратов, Россия

²1m.a.levin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-5466-9801>

¹Alexandrkondratev200@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0002-0241-8673>

Аннотация. В статье рассматривается система автономного полива ягодных культур с возможностью внесения удобрений для улучшения качества полива и увеличения урожайности культуры без непосредственного контроля обслуживающего персонала.

Ключевые слова. Полив, внесение удобрений электроэнергия, автономность.

Для цитирования: Кондратьев А.А.. Требования к системе автономного капельного полива ягодных культур / Кондратьев А.А., М.А. Левин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Scientific article
UDC:339.13

FERTILIZATION WITH DRIP IRRIGATION.

¹Condratiev Alexander Albertovich, ²michail Alexandrovich Levin

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I.Vavilov, Saratov, Russia

21m.a.levin@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-5466-9801>

Annotation. The article considers a system of autonomous irrigation of berry crops with the possibility of applying fertilizers to improve the quality of irrigation and increase crop yields without direct supervision of maintenance personnel.

Keywords. Irrigation, fertilization, electricity, autonomy.

For citation: Kondratiev A.A. Requirements for the system of autonomous drip irrigation of berry crops / Kondratiev A.A., M.A. Levin // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Conference with international participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Одним из необходимых элементов получения стабильного урожая является своевременное внесение необходимых удобрений и своевременный полив. Системы капельного полива позволят без дополнительных затрат на внесение удобрений специализированными техническими средствами доставить комплекс удобрений непосредственно в прикорневую зону вместе с поливом.

Одним из технических требований данного решения является применение полностью растворимых удобрений для нормальной работы системы капельного полива.

Материалы и методы. Для внесения удобрений предлагаем добавить инжектор перед приименных систем фильтрации поступающей воды. Достоинством данной компоновки является возможность внесения разного состава или количества удобрений га разных культурах вследствие разделенных задвижками линий полива.

Применение инжектора позволит без дополнительных потребителей электроэнергии только за счет поддержания оптимального давления воды в системе дозированно вносить удобрения при капельном поливе.

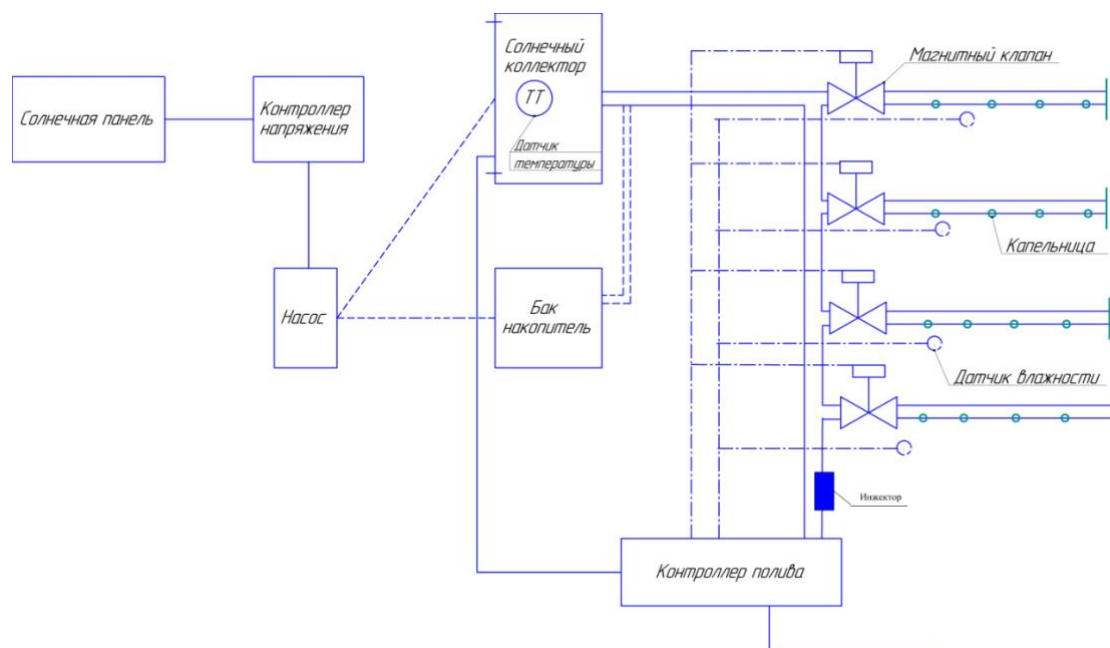


Рисунок 2 Система капельного полива с инжектором внесения удобрений

Чтобы рассчитать поливную норму в мм, применяют следующую формулу:

$$M = q \left((1 / L) / b \right),$$

где M – норма полива в мм; q – расход воды одной капельницей (л/час); L – расстояние между капельными линиями (м); b – расстояние между капельницами (см).

Пример расчёта: $M \text{ мм} = 1,35 \text{ л/час} \left((1/1,4 \text{ м}) / 0,3 \text{ см} \right) = 3,2143 \text{ мм}$

Моментальный расход при этом для площади в 1 Га составит $3,2 \text{ м}^3$

Норма внесения удобрений при данном моментальном расходе составит 6 кг для ранней весны или 3 кг в период плодоношения. Соответственно емкость для растворенных удобрений при этом составит не более $0,5 \text{ м}^3$. При выращивании различных культур возможна установка на каждую линию подобной емкости, но это усложнит систему контроля и обслуживания системы. **Заключение.** Окупаемость применения к уже существующей системе капельного полива не выходит за 1 сезон и необходима к применению при выращивании плодово-ягодных культур в зоне рискованного земледелия.

Список источников

1. Применение возобновляемых источников питания электротехнологических процессов в апк малой мощности котков р.о., левин м.а. в книге: актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 110-112.
2. Расчёт параметров гибридной солнечной электростанции для цеха первичной обработки молока литвинов с.а., левин м.а. в книге: актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2021. С. 126-129.333.
3. Автономный, умный полив плодового сада сидоров и.ю., левин м.а. в сборнике: актуальные проблемы энергетики апк. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2022. С. 150-152.

© Кондратьев А.А., Левин М.А., 2024

Научная статья

УДК: 681.518

УПРАВЛЕНИЕ УФ ОБРАБОТКОЙ СЕМЯН ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ

Надежда Петровна Кондратьева¹, Роман Геннадьевич Большин², Рамис Зульфатович Ахатов³

^{1,3} Удмуртский государственный аграрный университет; 426069, Российская Федерация, г. Ижевск, Россия

² РГАУ-ТСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, г. Москва, Россия

¹ aep_isha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1784-3560>

² bolshin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>

³ ramis.ahatov@gmail.com , <https://orcid.org/0009-0003-0472-9229>

Аннотация. УФ обработка семян является простым экологически чистым, финансово доступным способом, который позволяет вывести семена из состояния покоя. Для улучшения условий среды в населенных пунктах используется разнообразная растительность от трав до деревьев. Для озеленения городов используют ели, лиственницы, сосны, тую и другие хвойные культуры, которые задерживают пыль в 30 раз больше, чем осина, в 12 раз больше, чем береза, и выделяют фитонцидов в 2 раза больше, чем лиственные породы. Хвойные деревья размножаются семенами. Поэтому в крупных городах для поглощения выхлопных газов и уменьшения шума можно высаживать хвойные культуры, прорастание семян которых зависит от способа предпосевной обработки. Мы предлагаем использовать УФ облучение семян. Целью исследования является реализация управления УФ обработкой семян цифровой автоматизированной системой.

Основным элементом, который управляет процессом УФ облучения семян, является цифровой микроконтроллер фирмы ATMEL - ATMEGA128A.

Эксперименты проводились на семенах туи западной, в каждом опыте было по 50 семян, повторность опытов четырехкратная. Исследовались дозы 2 кДж/м², 3 кДж/м² и 4 кДж/м². Доза УФ облучения 2 кДж/м² оказалось самой эффективной, так как максимально повысила энергию прорастания (на 12,8 %) по сравнению с контролем. Показатель точности опыта при дозе 2 кДж/м² составил $P = 1,76\%$ при ошибке $m_p = 0,65\%$, для контроля (без УФ облучения) - $P = 1,33 \pm 0,47\%$. Таким образом, статистическая обработка подтвердила удовлетворительную точность экспериментов.

Ключевые слова: цифровые системы, управление, предпосевная обработка семян, повышение всхожести семян

Для цитирования: Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З. Управление УФ обработкой семян цифровой автоматизированной системой / Н.П. Кондратьева, Р.Г. Большин, Р.З. Ахатов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

UDC: 681.518

CONTROL OF UV TREATMENT OF SEEDS BY A DIGITAL AUTOMATED SYSTEM

Nadezhda Petrovna Kondrateva¹, Roman Gennadievich Bolshin², Ramis Zulfatovich Akhatov³

^{1,3} Udmurt State Agrarian University; 426069, Russian Federation, Izhevsk, st. Studencheskaya, 11

² RGAU-MCXA named after K.A Timiryazev, Moscow

¹ aep_isha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1784-3560>

² bolshin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5268-0464>

³ ramis.ahatov@gmail.com , <https://orcid.org/0009-0003-0472-9229>

Annotation. UV treatment of seeds is a simple, environmentally friendly, financially accessible method that allows you to bring seeds out of dormancy. To improve environmental conditions in populated areas, a variety of vegetation from grasses to trees is used. For urban landscaping, spruce, larch, pine, thuja and other conifers are used, which retain dust 30 times more than aspen, 12 times more than birch, and emit 2 times more phytoncides than deciduous trees. Coniferous trees reproduce by seeds. Therefore, in large cities, to absorb exhaust gases and reduce noise, coniferous crops can be planted, the germination of seeds of which depends on the method of pre-sowing treatment. We suggest using UV irradiation of seeds. The purpose of the study is to implement control of UV seed treatment by a digital automated system. The main element that controls the process of UV irradiation of seeds is a digital microcontroller from ATMEL - ATMEGA128A. The experiments were carried out on western thuja seeds; each experiment contained 50 seeds; the experiments were repeated four times. Doses of 2 kJ/m², 3 kJ/m² and 4 kJ/m² were studied. A UV irradiation dose of 2 kJ/m² turned out to be the most effective, as it maximally increased the germination energy (by 12.8%) compared to the control. The accuracy of the experiment at a dose of 2 kJ/m² was $P=1.76\%$ with an error $m_p=0.65\%$, for the control (without UV irradiation) - $P=1.33\pm 0.47\%$. Thus, statistical processing confirmed the satisfactory accuracy of the experiments.

Keywords: digital systems, control, pre-sowing seed treatment, highwaylandscaping, increasing seed germination

For citation: Kondrateva N.P., Bolshin R.G. Akhatov R.Z. Control of UV seed treatment by digital automated system / N.P. Kondrateva, R.G. Bolshin, R.Z. Akhatov // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. УФ обработка семян является простым экологически чистым, финансово доступным способом, который позволяет вывести семена из состояния покоя [1, 2]. Для улучшения условий среды в населенных пунктах используется растительность от трав до деревьев, которые смягчают суровость архитектуры; снижают скорость ветра, уровень шума, увлажняя и очищают воздух, стерилизуя воздух фитонцидами, регулируют температуру воздуха, создавая комфортные условия для труда и отдыха. Хвойные деревья размножаются семенами. Для уменьшения запылённости городов, уменьшения шума можно использовать хвойные породы, например, ели, лиственницы, сосны, тую и т.д. которые задерживают пыль в 30 раз больше, чем осина, в 12 раз больше, чем береза, и выделяют фитонцидов в 2 раза больше, чем лиственные породы [3, 4]. Для уменьшения шума и защиты от газов деревья высаживают в

плотную многорядную посадку. В табл. 1 в соответствии со СНиП 2-12-77 приводятся значения дорожной шумозащиты при высоте деревьев 8-10 м [5, 6].

Таблица 1 Значения дорожной шумозащиты при высоте деревьев 8-10 м

Вид посадок Type of landings	Ширина полосы, м / Bandwidth, m	Снижение уровня шума, дБа / Noise reduction, dBa
Однорядная при шахматном размещении деревьев / Single-row with staggered placement of trees	10-15	4-5
	16-20	5-8
Двухрядная с расстоянием между рядами 3-5м / Double row with a distance between rows of 3-5m	21-25	8-10
Трехрядная / Three-row	26-30	10-12

Поэтому для улучшения воздуха в городах можно использовать вечнозеленые хвойные культуры, которые неприхотливы к условиям выращивания, имеют более длительный, чем лиственные растения срок жизни, сохраняя свои декоративные свойства в течение года [7, 8]. Например, различны виды ели, лиственниц, сосны, туи, можжевельника и т.д. (рис. 1).



Рисунок 3 Примеры использования в городе вечнозеленых хвойных растений

Хвойные культуры размножаются мелкими семенами, которые находятся в шишках (рис. 1). Прорастание семян зависит от способа предпосевной обработки. Экологически чистым, энергоэффективным и перспективным является предпосевная обработка семян ультрафиолетовым (УФ) излучением [23, 24, 25]. Для получения дружных всходов необходимо эмпирически определить и поддерживать автоматически эту эффективную дозу УФ облучения. Поэтому управление УФ обработкой семян цифровой автоматизированной системой является актуальной задачей.

Целью исследования является реализация управления УФ обработкой семян цифровой автоматизированной системой.

Задачи исследования

1. Разработать цифровую автоматизированную систему управления семян УФ излучением.

2. Эмпирически определить эффективную дозу УФ облучения для конкретной культуры.

Материалы и методы. Ультрафиолетовая светодиодная матрица состоит из 81 светодиода и имеет размеры $7 \times 6 = 42 \text{ см}^2$ (рисунок 2). Энергетическая мощность УФ излучения измерялась прибором ТКА «Радиометр» по зонам УФ-А, УФ-В, УФ-С. Замеры показали, что при расположении матрицы на высоте 2 см от семян энергетическая мощность в зоне УФ-А составила $3,5 \text{ Вт/м}^2$ (97,57%).

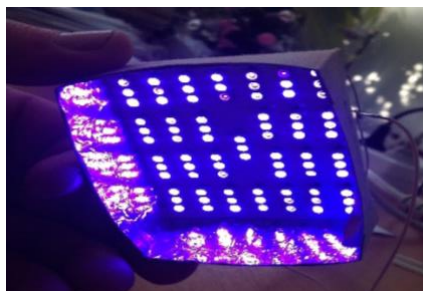


Рисунок 4 Фото УФ установки

На рис. 3 приведен фрагмент схемы управления УФ обработкой семян цифровой автоматизированной системой [9].

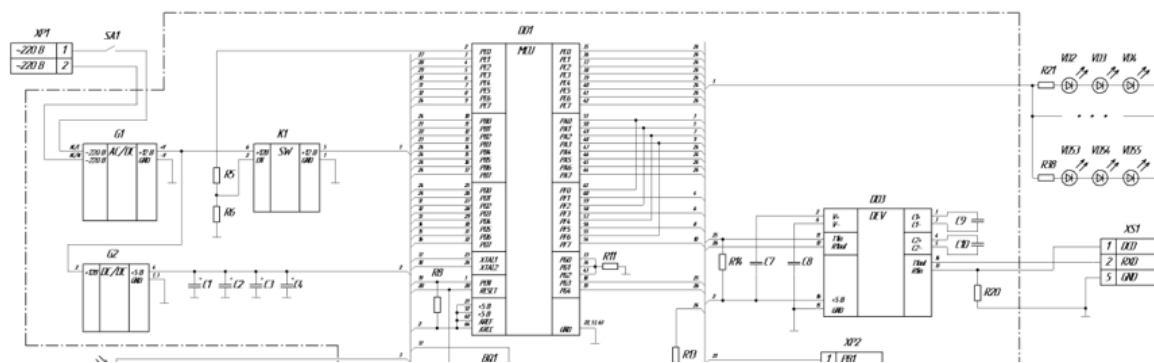


Рисунок 5 Схема разработанной цифровой системы управления УФ облучательной установки.

Основным элементом схемы управления является цифровой микроконтроллер фирмы ATMEL - ATMEGA128A (DD1), который имеет в своём составе аналого-цифровой преобразователь (АЦП), что позволяет преобразовывать сигналы непосредственно в микросхеме. Микроконтроллер имеет оперативную память, порты для ввода и вывода логической информации. Для синхронизации и стабильной работы применяется SMD кварц фирмы JAUCH на 8.192 МГц (BQ1). Для защиты от сбоев при кратковременном отсутствии напряжения питания предусмотрен супервизор, в котором применяется микросхема MAX6916 фирмы MAXIM (DD2). Эта микросхема мониторит просадки напряжения и при снижении напряжения питания ниже допустимого уровня (2,7 В) подаёт команду на сброс цифрового микроконтроллера. Для питания цифровой части устройства необходимо постоянное напряжение +5 В. Для его получения используется DC-DC конвертер P6AU-1205 фирмы PEAK ELECTRONICS. Обладает высоким КПД (75%), а

также кратковременной защитой от короткого замыкания. Для контроля дозы УФ излучения использованы фоторезисторы NSL-19M51 фирмы ADVANCED PHOTONIX, включенные в резистивный делитель, что позволяет косвенным способом, контролируя падение напряжения на фоторезисторе, определять поток излучения УФ-матрицы.

Предлагаемая цифровая система управления УФ обработкой семян цифровой автоматизированной системой позволяет реализовать экологически чистый, электробезопасный и перспективный способ выведения семян из состояния покоя.

Результаты исследования. Семена для эксперимента были предоставлены лесохозяйственным факультетом ФГОУ ВО Удмуртский ГАУ. Всхожесть семян определялась на седьмой день в соответствии с ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести». Количество семян 50 шт. Повторность опытов четырех кратная. Исследовалось влияние на семена туи западной следующих доз УФ: 2 кДж/м², 3 кДж/м² и 4 кДж/м².

На рис. 4 приведены эмпирические данные по всхожести семян туи западной после УФ облучения разными дозами.

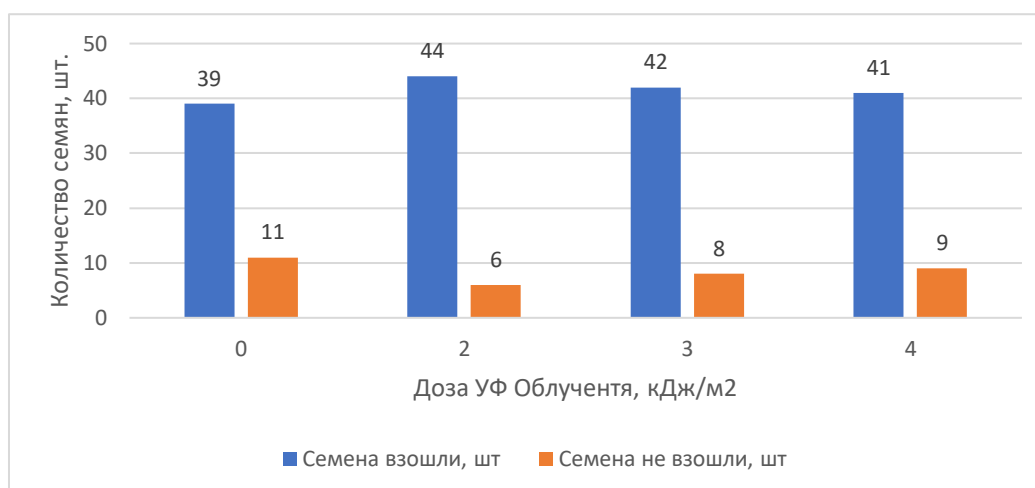


Рисунок 6 Анализ результатов всхожести (не всхожести) семян туи западной от дозы УФ облучения

Анализ рисунка 4 показывает, что наибольшая всхожесть (44 шт. или 112%) была у семян туи после обработки дозой 2 кДж/м² сравнению с контролем (39 шт., или 100%).

Для проверки степени достоверности результатов была проведена статистическая обработка полученного эмпирического материала по методике биометрических расчетов [10].

В каждом опыте мы находили среднее арифметическое значение (M) как:

$$M = \frac{\sum x}{N},$$

где $\sum x$ – сумма всех абсцисс (взошедших семян) на 7 день, N – количество замеров за исследуемый период,

Величина колебания значений вариант около средней арифметической (M) измеряется средним квадратическим отклонением (σ) или просто «сигма», которое определялась как:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum a^2 - \frac{\sum a^2}{N}}{N-1}},$$

где $a = (x - M)$ - при этом M - округленное до целого значение среднего арифметического.

Далее рассчитывали коэффициент вариации ($V, \%$), показатель точности опыта ($P, \%$) и ошибку показателя точности опыта ($m_p, \%$).

Коэффициент вариации ($V, \%$) показывает какой процент составляет сигма от средней арифметической находится как:

$$V = \frac{100 \cdot \sigma}{M}$$

Коэффициент вариации считается небольшим при варьирование биологических данных от 0 до 10%, средним при изменении в пределах 11...20% и большим, если $V > 20\%$.

Показатель точности опыта ($P, \%$): чем больше показатель P , т.е. больше процент ошибки, тем меньше точность опыта. Точность опыта считается удовлетворительной, если P не превышает 5%.

Показатель точности опыта (%) определяется как

$$P = \frac{m_M}{M} \cdot 100\%$$

где m_M – ошибка средней арифметической.

Ошибка показателя точности опыта ($m_p, \%$) в процентах:

$$m_p = P \sqrt{\frac{1}{2N} + \left(\frac{P}{100}\right)^2}$$

Для дозы УФ облучения 2 кДж/м² показатель точности опыта составил $P = 1,76\%$ при ошибке показателя точности опыта $m_p = 0,65\%$, для контроля (без УФ облучения семян) соответственно $P = 1,33 \pm 0,47\%$, что говорит об удовлетворительной точности опытов.

Заключение 1. Разработана цифровая система управления предпосевной обработкой семян УФ излучением главным элементом которой является цифровой микроконтроллер фирмы ATMEL - ATMEGA128A. Контроль дозы излучения осуществляется фоторезисторамм NSL-19M51 фирмы ADVANCED PHOTONIX, включенными в резистивный делитель, что позволяет косвенным способом по контролю падения напряжения на фоторезисторе определять поток излучения УФ-матрицы.

2. Эмпирические данные показали, что энергия прорастания семян туи западной после обработки УФ излучением дозой 2 кДж/м² выше на 12,8 % чем в контроле, что способствует более быстрому прорастанию этих семян и получению из них более ранних и полноценных всходов. Проведенная статистическая обработка

эмпирически данных показала удовлетворительную точность проведенных экспериментов, так как показатель точности опыта полученных нами эмпирических данных при дозе УФ облучения 2 кДж/м^2 составил $P = 1,76\%$ при ошибке показателя точности опыта $m_p = 0,65\%$, для контроля, т. е. режима без УФ облучения семян - $P = 1,33 \pm 0,47\%$.

Список источников

1. Кондратьева Н.П., Большин Р. Г., Ахатов Р. З., Краснолуцкая М. Г., Духтанова Н.В., Селунский В.В., Нетёсов С.В. Эффект синергизма для управления посевными качествами семян люцерны изменчивой с элементами нейросети для контроля дозы УФО // АгроЭкоИнфо. 2023. № 5 (59).
2. Kondrateva N.P., Akhatov R.Z., Bolshin R.G., Krasnolutskaaya M.G., Selunskiy V.V. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttings // Light & Engineering 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.
3. Кондратьева Н.П., Шогенов Ю.Х., Зиганшин Б.Г., Ахатов Р.З. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими облучательными установками // Техника и оборудование для села. 2022. № 4 (298). С. 40-43.
4. Смолянский Е.С., Балакин В.В. Исследование газозащитных свойств зеленых насаждений // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья. Материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2011. С. 328-332.
5. Сидоренко В.Ф., Растяпина О.А. Исследование влияния плотности посадок на снижение концентрации оксида углерода // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций. Материалы III Международной научно-технической конференции: в 4 частях. Волгоградский государственный технический университет. 2003. С. 154-158
6. Кружилин С.Н., Мишенина М.П. Обоснование омолаживающей обрезки представителей рода POPULUS L. в городских агломерациях юга России // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2019. Т. 9. № 2. С. 1-20.
7. Еремина О.А. Конструктивные особенности в озеленении автомобильных магистралей // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения. Материалы IX Национальной конференции с международным участием. Под ред. Ф.К. Абдразаков. // Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова 2019. С. 97-99.
8. Ovchukova S.A., Kondrateva N.P., Kovalenko O.Y. Energy saving in lighting technologies of agricultural production. *Light & Engineering*. 2021. Т. 29. № 2. pp. 21-25.
9. Кондратьева Н.П., Большин Р. Г., Ахатов Р. З., Краснолуцкая М. Г. Компактная энергоэффективная УФ облучательная установка для семян с

настраиваемым светодиодным цифровым драйвером // Реинжиниринг и цифровая трансформация эксплуатации транспортно-технологических машин и робото-технических комплексов. Сборник статей Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых // Москва, 2023. С. 323-329.

10. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Москва. 1993. 255 с.

© Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Ахатов Р.З. 2024

УДК 62-529

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА ДЛЯ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ, МЧС, СПАСАТЕЛЬНЫХ И ПОИСКОВЫХ ОТРЯДОВ

Игорь Юрьевич Лошкарев¹, Горелов Дмитрий Алексеевич²

^{1,2}Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя, г. Москва

¹igyulo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6404-6188>

²gos.mos.duma@vk.com

Аннотация. В статье приводятся виды экстремальной робототехники для правоохранительных органов, МЧС и спасательных служб и поисковых отрядов. Полицейская деятельность постоянно эволюционирует, и робототехника играет всё более значимую роль в обеспечении безопасности. Экстремальные условия требуют специализированных роботизированных решений, способных эффективно действовать в опасных и труднодоступных местах. Это и роботы, оснащенные нелетальным оружием, эти роботы могут обезвреживать преступников, минимизируя риски для полицейских. В данное время это роботы-саперы, которые используются для обезвреживания взрывных устройств, обеспечивая безопасность как полицейских, так и гражданских лиц. Происходит развитие роботов-разведчиков: маневренные и компактные роботы, способные проникать в труднодоступные зоны, собирать информацию и вести наблюдение. Дроны: Беспилотные летательные аппараты, применяемые для воздушного патрулирования, поиска пропавших людей и контроля за массовыми мероприятиями. Экзоскелеты: Усиливающие физические возможности полицейских, позволяя им выполнять задачи, требующие высокой силы и выносливости, например, подъем тяжестей или длительное преследование. Развитие экстремальной робототехники открывает перед полицией новые возможности, повышая эффективность и безопасность правоохранительной деятельности. Однако эти технологии требуют тщательного осмысления этических и юридических аспектов, чтобы гарантировать их ответственное использование.

Ключевые слова: беспилотные катера, роботизированные комплексы, робототехника, роботы-пауки, роботы-серферы.

Для цитирования: Лошкарев И.Ю. Экстремальная робототехника для органов внутренних дел, МЧС, спасательных и поисковых отрядов / И.Ю. Лошкарев, Д.А. Горелов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

EXTREME ROBOTICS FOR INTERNAL AFFAIRS, MCHS, RESCUE AND SEARCH TEAMS

Igor Yuryevich Loshkarev¹, Dmitry Alexeyevich Gorelov²

^{1,2}Moscow V.Y. Kikoty University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, Russia.

¹igyulo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6404-6188>

²gos.mos.duma@vk.com

Annotation. The article presents types of extreme robotics for law enforcement agencies, EMERCOM and rescue services and search teams. Police work is constantly evolving and robotics is playing an increasingly important role in security. Extreme conditions require specialized robotic solutions that can operate effectively in dangerous and inaccessible locations. These include robots equipped with non-lethal weapons that can disarm criminals while minimizing risks to police officers. Currently, they are robot sappers that are used to disarm explosive devices, ensuring the safety of both police officers and civilians. Reconnaissance robots are evolving: maneuverable and compact robots that can penetrate hard-to-reach places, gather information and conduct surveillance. Drones: Unmanned aerial vehicles used for aerial patrols, searching for missing persons, and monitoring public events. Exoskeletons: Enhancing the physical capabilities of police officers, allowing them to perform tasks that require high strength and endurance, such as heavy lifting or prolonged pursuit. Developments in extreme robotics offer new opportunities for police, increasing the efficiency and safety of law enforcement. However, these technologies require careful ethical and legal considerations to ensure their responsible use.

Keywords: unmanned boats, robotic systems, robotics, robotics, robot spiders, robot surfers.

Введение. Современные экстремальные ситуации, такие как пожары, землетрясения, наводнения и террористические акты, представляют огромные вызовы для оперативных служб, включая органы внутренних дел, Министерство чрезвычайных ситуаций, поисковые и спасательные отряды. В таких условиях на первый план выходят безопасность и быстрота действий, а также эффективное использование ресурсов. Роботы могут быть использованы для выполнения задач, которые могут быть слишком опасными или сложными для человека. В данной статье мы рассмотрим новую экстремальную робототехнику, которая

может быть использована для улучшения работы правоохранительных органов, МЧС и спасательных и поисковых отрядов [1-6].

Современные технологии робототехники могут помочь в решении этих проблем. Новые экстремальные роботы могут использоваться для выполнения опасных и сложных задач, которые могут представлять угрозу для жизни и здоровья людей. Эти роботы могут иметь различные формы и функции, и использоваться в различных сценариях. Благодаря использованию экстремальных роботов, можно обеспечить безопасность и спасение жизней в условиях катастрофических ситуаций.

Роботы могут быть использованы для обследования зданий и помещений, в которых могут находиться подозреваемые или опасные предметы. Они могут оснащаться камерами и инфракрасными датчиками, что позволяет оператору робота получать детальную информацию об окружающей обстановке, не подвергая себя опасности. Могут быть оснащены специальными механизмами, позволяющими им переносить тяжести и выполнять манипуляции с различными предметами. Кроме того, роботы могут использоваться для тушения пожаров и ликвидации других аварийных ситуаций.

Первый пример новой экстремальной робототехники — это роботы-пауки. Эти роботы обладают многими преимуществами, которые могут быть полезны для МЧС и спасательных служб. Роботы-пауки могут передвигаться по неровной поверхности и лазать по стенам и потолку, что может быть полезно для обследования зданий и поиска выживших в случае аварий или катастроф. Они также могут быть использованы для изучения опасных мест, таких как пещеры и ледники, где люди не могут безопасно передвигаться.

Основная часть. Нами предлагается создание программы для катеров-беспилотников. Пример новой экстремальной робототехники — это роботы-серферы или катера-беспилотники. Эти роботы могут использоваться для спасательных операций на воде, таких как поиск и спасение людей, затонувших кораблей и пропавших без вести на океане. Роботы-серферы обладают специальными функциями, которые позволяют им держаться на поверхности воды, даже при сильных волнах, что делает их идеальными для использования в экстремальных условиях.

Нами написана программа для управления катером-беспилотником по доставке грузов по водной поверхности.

Описание программы:

1. Импорт необходимых модулей:

- `time` - для пауз в программе.

- `random` - для генерации случайных чисел (может понадобиться для симуляции).

- `robot_hardware` - гипотетический модуль, который должен быть заменен на реальный модуль для управления вашим роботом.

2. Определение глобальных переменных:

- `wave_height` - высота волны.

- `wave_direction` - направление волны.

- `speed` - скорость робота.
 - `direction` - направление движения робота.
3. Функция `analyze_wave()`:
- Считывает данные о высоте и направлении волны с датчиков робота (используя функции из модуля `robot_hardware`).
 - Обновляет глобальные переменные `wave_height` и `wave_direction`.
4. Функция `adjust_position()`:
- Анализирует значения `wave_height` и `wave_direction`.
 - Корректирует скорость и направление движения робота в зависимости от параметров волны.
5. Функция `surf()`:
- Основной цикл программы.
 - Вызывает функции `analyze_wave()` и `adjust_position()` для анализа волны и корректировки положения робота.
 - Управляет моторами робота, устанавливая скорость и направление движения (используя функции из модуля `robot_hardware`).
 - Делает паузу в 0.1 секунды.
6. Запуск программы:
- Вызывает функцию `surf()`, начиная главный цикл управления роботом.

```
import time
import random

# Модуль для управления моторами и сенсорами робота
# (зависит от конкретной модели робота)
import robot_hardware as robot

# Параметры волны (могут быть получены от датчиков
робота)
wave_height = 0
wave_direction = 0

# Параметры движения робота
speed = 0
direction = 0

def analyze_wave():
    """
    Анализирует данные с датчиков робота о волне.

    Returns:
        tuple: Высота и направление волны
    """
    global wave_height, wave_direction
    # Получение данных с датчиков робота
    wave_height = robot.get_wave_height()
    wave_direction = robot.get_wave_direction()
    return wave_height, wave_direction
```

```

def adjust_position():
    """
    Корректирует положение робота на волне.
    """
    global speed, direction
    # Логика корректировки положения
    if wave_height > 1: # Если волна большая, нужно
увеличить скорость
        speed += 1
    else: # Если волна маленькая, нужно уменьшить
скорость
        speed -= 1

    if wave_direction < 0: # Если волна движется
влево, нужно повернуть робота влево
        direction -= 5
    elif wave_direction > 0: # Если волна движется
вправо, нужно повернуть робота вправо
        direction += 5

def surf():
    """
    Основная функция управления роботом-серфером.
    """
    global speed, direction
    while True:
        # Анализ волны
        analyze_wave()
        # Корректировка положения
        adjust_position()
        # Управление моторами робота
        robot.set_speed(speed)
        robot.set_direction(direction)
        # Пауза
        time.sleep(0.1)

# Запуск программы
if __name__ == '__main__':
    surf()

```

Еще один тип роботов, которые могут быть полезны для правоохранительных органов и МЧС, это роботы-дроны. Роботы-дроны могут быть использованы для наблюдения за криминальной обстановкой, поиска людей в экстремальных условиях, таких как природные катастрофы, и доставки

медицинской помощи и других материалов. Эти роботы могут летать на больших высотах, что позволяет им обнаруживать проблемы, которые не могут быть видны с земли.

Кроме того, новая экстремальная робототехника также может включать в себя роботы-экзоскелеты. Эти роботы представляют собой устройства, которые надеваются на тело человека, чтобы помочь ему выполнить физически сложные задачи. Роботы-экзоскелеты могут быть полезны для спасателей и офицеров правоохранительных органов, которые могут столкнуться с задачами, требующими большого физического напряжения, такими как поднятие тяжелых предметов или выполнение задач в условиях экстремальной жары или холода.

Новые экстремальные роботы также могут быть использованы для выполнения опасных задач в зоне поражения ядерного взрыва или других чрезвычайных ситуаций, таких как пожары или землетрясения. Роботы-пожарные могут быть использованы для тушения пожаров в зданиях или на неожиданных территориях, а роботы-грузовики могут использоваться для уборки обломков и тяжелых материалов, чтобы облегчить спасательные операции.

Экстремальная робототехника также включает в себя роботов-снайперов. Эти роботы обладают способностью точно стрелять на больших расстояниях и могут использоваться правоохранительными органами для обеспечения безопасности в экстремальных ситуациях.

Робот-манипуляторы могут использоваться для осмотра обломков зданий после землетрясений, поиска людей под завалами, транспортировки тяжелых предметов, а также для борьбы с пожарами и другими чрезвычайными ситуациями.

Роботы-воздушные суда могут использоваться для осмотра и обнаружения угроз с высоты, а также для транспортировки медицинских и других необходимых материалов на труднодоступные места.

Роботы-подводные аппараты могут использоваться для поиска людей и материалов под водой, а также для осмотра потенциально опасных объектов, таких как затопленные туннели и морские платформы.

Робот-скафандр может использоваться для работы в условиях, которые непригодны для человеческой жизни, таких как вакуум космического пространства, ядерные аварии, контакт с опасными веществами и другие.

Наконец, новые экстремальные роботы могут использоваться для выполнения различных задач в рамках операций правоохранительных органов. Роботы-полицейские могут быть использованы для обнаружения бомб или опасных веществ в зданиях, а роботы-патрульные могут быть использованы для патрулирования улиц и контроля массовых мероприятий.

Использование экстремальных роботов для ОВД, МЧС, спасательных и поисковых отрядов имеет ряд преимуществ. Во-первых, роботы могут выполнить задачи, которые могут представлять угрозу для жизни и здоровья людей, что позволяет сохранить жизни и здоровье сотрудников оперативных служб. Во-вторых, роботы могут оперировать в условиях, которые могут быть

опасными для человека, такие как высокая температура, радиационные уровни, токсичные вещества и т.д. В-третьих, экстремальные роботы могут оперировать в условиях, когда доступ к месту происшествия ограничен или невозможен для человека.

Важным преимуществом использования роботов в экстремальных ситуациях является возможность повышения скорости и эффективности операций. Роботы могут оперировать более быстро и точно, чем человек, что позволяет сократить время реакции и уменьшить возможные последствия чрезвычайной ситуации.

Однако, использование роботов также имеет свои недостатки. Во-первых, роботы требуют специальной подготовки и обучения для управления ими, что может потребовать значительных затрат времени и ресурсов. Во-вторых, роботы могут быть чувствительны к окружающей среде и могут испытывать трудности в работе в условиях, отличных от их проектирования. В-третьих, стоимость экстремальных роботов может быть высокой, что может ограничивать доступность таких технологий для некоторых организаций.

Несмотря на недостатки, использование экстремальной робототехники для ОВД, МЧС, спасательных и поисковых отрядов является эффективным и перспективным решением для выполнения задач в условиях, которые могут представлять угрозу для жизни и здоровья людей. Развитие и интеграция таких технологий должны продолжаться, чтобы обеспечить более быструю и эффективную реакцию на чрезвычайные ситуации и защитить жизни и здоровье оперативных сотрудников и граждан.

Заключение. Новая экстремальная робототехника представляет собой важный инструмент для правоохранительных органов, МЧС и спасательных служб и поисковых отрядов. Она может использоваться для выполнения задач, которые слишком опасны или сложны для человека, что позволяет снизить риск для жизни и здоровья спасателей и офицеров правоохранительных органов. Будущее робототехники по-прежнему остается весьма перспективным и привлекательным для инвесторов, разработчиков и пользователей, и новые технологии, конструкции и решения будут создаваться и применяться в ближайшие годы.

Список источников

1. A.I.Timofeev, V.A. Dmitrieva. The system of decision taking in indeterminate situations. B.S. Laboratory – 2nd International Symposium “ Systems Thinking for a Sustainable Economy”, Universitas Mercatorum, Rome, Italy. 23-24 January, 2014.
2. Колгоморов А.Н. Жизнь и мышление как особые формы существования материи. Из сборника “О сущности жизни”, М, Наука, 1964, с.52.
3. Тимофеев А.И. Семиотическая основа процессов прогнозирования в неопределенных условиях. Материалы Десятой национальной конференции по искусственному интеллекту. 25-28 сент. Обнинск. Физматлит.2006.
4. A.Timofeev. Artificial intellectual hand: Capture reliability prognosis of non-oriented complex shape objects for manipulating robotics. EMCSR 2012 - European

Meeting on Cybernetics and Systems Research, University of Vienna, Austria, 10-13 of April, 2012.

5. A.Timofeef, V.Dmitrieva. Civilization and technological thinking systems. 9Th Congress of the UESEUS. Globalization and Crisis. Complexity and Governance of systems. Universitat Valencia, Spain, 15- 16 October, 2014.

6. Anatoly Timofeev. Civilization and Technical Thinking Systems. ISBN 978-3-659-67185-2, LAMBERT Academic Publishing, Germany, 42p., 2015

© Лошкарев И.Ю., Горелов Д.А. 2024

УДК 631.223.2:628.93, УДК 621.314.26 , УДК 535.5, УДК 699.86,
УДК 628.81:697.7

СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ БОМБОУБЕЖИЩ, ТОННЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, СКЛАДОВ СПЕЦНАЗНАЧЕНИЯ

Игорь Юрьевич Лошкарев¹, Никита Андреевич Силуянов², Алексей Иванович Стерхов³

^{1,2}Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя, г. Москва

³ООО «Соларжи групп» (г. Ижевск, РФ)

¹igyulo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6404-6188>

²sil96783@yandex.ru

³aist@solargy.group

Аннотация. В данной статье приведена актуальность применения полых трубчатых световодов системы освещения для бомбоубежищ, тоннельных систем, складов спецназначения. Полые трубчатые световоды представляют собой безопасное, энергоэффективное и экологически чистое решение для освещения бомбоубежищ. Эта технология способствует созданию более комфортных и безопасных условий для людей, находящихся в укрытии, и имеет огромный потенциал для развития в будущем. Нами рассмотрены преимущества использования световодов для проведения естественного света. Также рассмотрены технологические аспекты применения световодов для бомбоубежищ и помещений спецназначения.

Ключевые слова: световоды, лазеры, тоннель, световодные системы, полые трубчатые системы.

Для цитирования: Лошкарев И.Ю. Создание энергоэффективной системы освещения для бомбоубежищ, тоннельных систем, складов спецназначения / И.Ю. Лошкарев, Н.А. Силуянов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

CREATION OF AN ENERGY-EFFICIENT LIGHTING SYSTEM

FOR BOMB SHELTERS, TUNNEL SYSTEMS, SPECIAL PURPOSE WAREHOUSES

Igor Yuryevich Loshkarev¹, Nikita Andreyevich Siluyanov², Alexey Ivanovich Sterkhov³

^{1,2}Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Y. Kikoty, Moscow, Russia

³LLC “Solarji Group” (Izhevsk, Russian Federation)

¹igyulo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6404-6188>

²sil96783@yandex.ru

³ aist@solargy.group

Annotation. This article presents the relevance of the application of hollow tubular fiber optic lighting systems for bomb shelters, tunnel systems, special purpose warehouses. Hollow tubular light guides are a safe, energy efficient and environmentally friendly solution for lighting of bomb shelters. This technology contributes to a more comfortable and safe environment for people in the shelter, and has great potential for development in the future. We have considered the advantages of using light guides to conduct natural light. Also considered are the technological aspects of the use of light guides for bomb shelters and special purpose rooms.

Keywords: light guides, lasers, tunnel, light guide systems, hollow tube systems.

Введение. Миллион лет назад пещерный человек изобрел огонь, около 70 тысяч лет назад попыткой приручения огня стал факел, потом свечка, масляные фонари, и в конце концов человечество изобрело электрические системы освещения. Наличие энергоэффективной системы освещения в данных местах крайне необходима. В XIX веке в русский В.В. Петров строит «макси мощную батарею» из 4200 медных и цинковых пластин, проложенных бумагой пропитанной электролитом. Между двумя уголками, соединёнными с батареей, вспыхивало яркое пламя — это была первая электрическая дуга. В 1873 году Лодыгин А.Н. не представил первую лампочку накаливания – угольный стерженёк в болотнике, из которого выкачан воздух. В 1890 году Лодыгин получает патент за изобретение лампы накаливания, в которой нить изготовлена из тугоплавких металлов. Создание энергоэффективной системы освещения в современном мире очень актуальна, особенно для бомбоубежищ, тоннельных систем и складов спецназначения. Поскольку бомбоубежища предназначены для сохранения наших жизней во время авиабомб и снарядов, через тоннельные системы миллионы людей проезжают ежедневно, а склады спецназначения хранят особо важные предметы[1-10].

Цель исследования: создание энергоэффективной системы освещения для бомбоубежищ, тоннельных систем, складов спецназначения, позволяющих повысить безопасность электроосвещения.

Объекты: помещения бомбоубежищ, тоннельных систем, складов спецназначения.

Внедрение гибридной системы освещения позволит повысить безопасность электроосвещения за счет использования инновационных систем освещения.

В условиях современных военных конфликтов, бомбоубежища стали неотъемлемой частью инфраструктуры безопасности, обеспечивая защиту гражданского населения от бомбардировок и других военных угроз. Однако создание комфортных и безопасных условий внутри бомбоубежищ, особенно в части освещения, представляет собой сложную инженерную задачу. Традиционные системы освещения зачастую неэффективны, потребляют много энергии и могут создавать риски для безопасности. В этой связи полые трубчатые световоды представляют собой инновационное и перспективное решение для освещения бомбоубежищ, предлагая ряд уникальных преимуществ.

Полые трубчатые световоды – это системы, предназначенные для передачи естественного света в закрытые пространства. Они состоят из полой трубы с высокоотражающим внутренним покрытием, которое улавливает и направляет солнечный свет внутрь помещения. Верхняя часть трубы оснащена куполом, собирающим солнечный свет, а нижняя часть – рассеивателем, равномерно распределяющим свет внутри помещения.

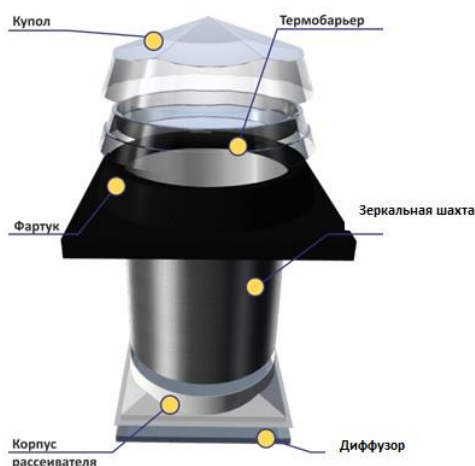


Рисунок 1 – Основные элементы системы естественного освещения с полыми световодами

Использование полых трубчатых световодов для освещения бомбоубежищ предоставляет ряд существенных преимуществ:

1. **Энергоэффективность:** полые трубчатые световоды используют бесплатный и возобновляемый источник энергии – солнечный свет, что позволяет значительно сократить расходы на электроэнергию для освещения бомбоубежищ. В условиях длительного пребывания людей в бомбоубежище, экономия электроэнергии становится критическим фактором, позволяя сохранить ресурсы для обеспечения других жизненно важных систем.

2. **Безопасность:** полые трубчатые световоды не используют электричество для освещения, что исключает риски короткого замыкания, пожара или

поражения электрическим током, особенно в условиях повышенной влажности, характерной для подземных сооружений. Отсутствие необходимости прокладки электропроводки и установки электрических светильников упрощает монтаж системы освещения и снижает риск возникновения аварийных ситуаций.

3. Психологический комфорт: естественный солнечный свет, проникающий внутрь бомбоубежища, благотворно влияет на психику людей, снижая уровень стресса и тревожности, неизбежно возникающие в условиях военных действий. Солнечный свет регулирует биоритмы человека, что способствует нормализации сна и улучшает общее самочувствие.

4. Универсальность: полые трубчатые световоды могут использоваться для освещения различных помещений в бомбоубежище: жилых зон, медицинских пунктов, складов, коридоров. Системы могут быть адаптированы к различным размерам и конфигурациям помещений, обеспечивая оптимальное распределение света.

5. Долговечность: полые трубчатые световоды изготавливаются из прочных и долговечных материалов, устойчивых к влажности, коррозии и механическим повреждениям. Системы не требуют сложного технического обслуживания и способны функционировать в течение длительного времени без потери эффективности.

Для обеспечения максимальной эффективности полых трубчатых световодов в условиях бомбоубежищ, необходимо учитывать ряд технических особенностей:

1. Диаметр световодной трубы. Диаметр трубы определяет количество света, которое система может передавать. Для больших помещений требуются трубы большего диаметра.

2. Материал трубы. Трубы изготавливаются из алюминия, нержавеющей стали или поликарбоната. Выбор материала зависит от требований к прочности, долговечности и бюджету проекта.

3. Отражающее покрытие. Внутреннее покрытие трубы должно иметь высокий коэффициент отражения, чтобы минимизировать потери света при его передаче.

4. Рассеиватель. Рассеиватель, установленный на нижней части трубы, обеспечивает равномерное распределение света внутри помещения.

Монтаж полых трубчатых световодов в бомбоубежищах требует профессионального подхода. На этапе проектирования необходимо определить оптимальное расположение труб для обеспечения максимальной освещенности и учета особенностей планировки помещений. Монтаж световодов осуществляется через отверстия в перекрытиях с последующей герметизацией соединений. Системы полых трубчатых световодов не требуют сложного технического обслуживания, однако необходимо периодически очищать купол и рассеиватель от пыли и грязи для сохранения эффективности системы.

Полые трубчатые световоды – это технология, которая находится в стадии активного развития, и ее потенциал для освещения бомбоубежищ

еще далеко не исчерпан. В будущем можно ожидать появления новых материалов и технологий, которые позволят еще больше повысить эффективность и долговечность этих систем.

Полые трубчатые световоды представляют собой безопасное, энергоэффективное и экологически чистое решение для освещения бомбоубежищ. Эта технология способствует созданию более комфортных и безопасных условий для людей, находящихся в укрытии, и имеет огромный потенциал для развития в будущем.



Рисунок 2- освещение заводов спецназначения; освещение паркингов; освещение бомбоубежищ.

Список источников

1. Электроемкость продукции промышленного птицеводства / Г. П. Ерошенко, И. Ю. Лошкарев, И. В. Шестаков, В. И. Лошкарев // Аграрный научный журнал. 2016. № 2. С. 48–50.
2. Ерошенко Г. П., Лошкарев И. Ю. Рациональные варианты теплоснабжения животноводческих помещений // Научное обозрение. 2017. № 3. С. 38–46.
3. Эффективность внедрения световодов для системы освещения в животноводческих помещениях / И. Ю. Лошкарев, О. В. Малецкий, В. И. Лошкарев, Н. Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 19–24.
4. Лошкарев И. Ю., Аберясьев А. Я., Лошкарев В. И. Оценка эффективности внедрения светоаэратора в систему вентиляции коровника // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 104–106.
5. Энергосбережение в системе освещения в сельскохозяйственных и складских помещениях / И. Ю. Лошкарев [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 106–109.
6. Лошкарев И. Ю., Наход В. М., Аберясьев А. Я. Энергосберегающие принципы в тепличных комплексах // Актуальные проблемы энергетики АПК : матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. Саратов : ООО «ЦеСАин», 2018. С. 109–110.

7. Лошкарев И. Ю., Осадчий Н. В. Расчет величины теплопритоков системы естественного освещения // Материалы X нац. науч.- практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин» 2019. С. 140–142.
8. Активные системы светозахвата для освещения помещений / И. Ю. Лошкарев, Н. В. Осадчий, А. Я. Аберясьев, С. В. Саенко // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 142–147.
9. Система энергосбережения в освещении улиц и дорог / А. И. Стерхов [и др.] // Материалы X нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы энергетики АПК». Саратов : Изд-во ООО «ЦеСАин», 2019. С. 213–215.
10. Методика расчета экономической целесообразности применения полых трубчатых световодов / И. Ю. Лошкарев, А. И. Стерхов, К. А. Петров, В. В. Белов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 136–139.

© Лошкарев И.Ю., Стерхов А.И., Силуянов Н.А. 2024

Научная статья
УДК:004.8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОЛИВА И УДОБРЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Малашихин Николай Васильевич¹, Кочергина Инга Александровна²

^{1,2}Кубанский Государственный Аграрный Университет имени И.Т.Трубилина,
г. Краснодар, Россия

¹malashikhin95@bk.ru

²inga2020kochergina@icloud.com

Аннотация: автоматизированные интеллектуальные системы полива и удобрения представляют собой инновационные технологические решения, разработанные для оптимизации процессов управления и обеспечения растений водой и питательными веществами. Эти системы основаны на использовании датчиков, алгоритмов искусственного интеллекта и автоматических устройств, позволяющих реагировать на различные факторы, такие как влажность почвы, температура воздуха, фазы роста растений и погодные условия.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, полив, удобрения, сельское хозяйство, питательные вещества.

Для цитирования: Малашихин Н.В. Интеллектуальные системы полива и удобрения в сельском хозяйстве / Малашихин Н.В., Кочергина И.А. / Актуальные проблемы АПК: материалы III Национальной конференции с международным участием / Под ред. Малашихина Н.В. – Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ имени И.Т.Трубилина

INTELLIGENT IRRIGATION AND FERTILIZER SYSTEMS IN AGRICULTURE

Malashikhin Nikolay Vasilievich¹, Kochergina Inga Aleksandrovna²

^{1,2}Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹malashikhin95@bk.ru

²inga2020kochergina@icloud.com

Abstract: automated intelligent irrigation and fertilization systems are innovative technological solutions designed to optimize management processes and provide plants with water and nutrients. These systems are based on the use of sensors, artificial intelligence algorithms and automatic devices to respond to various factors such as soil moisture, air temperature, plant growth phases and weather conditions.

Key words: intelligent systems, irrigation, fertilizers, agriculture, nutrients.

For citation: Malashikhin N.V. Intelligent irrigation and fertilizer systems in agriculture / Malashikhin N.V., Kochergina I.A. / Current problems of the agro-industrial complex: materials of the III National Conference with international participation / Ed. Malashikhina N.V. – Krasnodar: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

Введение. В мире, где технологии постоянно продвигаются вперед, даже самые традиционные занятия, такие как сельское хозяйство, становятся объектом внимания для инноваций и внедрения информационных систем. Одной из самых обещающих областей является применение интеллектуальных систем в сфере полива и удобрения растений.

Интеллектуальные системы полива и удобрения - это инновационные решения, которые используют новейшие технологии, такие как искусственный интеллект, интернет вещей (IoT) и аналитика данных, для оптимизации процессов полива и удобрения в сельском хозяйстве [1]. Они основаны на сборе данных из различных источников, таких как датчики влажности почвы, погодные прогнозы, физиологические данные о растениях и т.д., и принимают автоматизированные решения для оптимального использования ресурсов и максимизации урожайности.

Использование интеллектуальных систем полива и удобрения предлагает множество преимуществ для агрономов, в том числе [2]:

1. Точный контроль за орошением и внесением удобрений обеспечивает оптимальные условия для роста и развития растений, что приводит к увеличению урожайности.

2. Системы обеспечивают использование воды и питательных веществ, сводя к минимуму отходы и снижая затраты.

3. Автоматизация процессов полива и внесения удобрений высвобождает агрономов для выполнения других задач.

4. Оптимальное управление орошением и внесением удобрений способствует здоровью растений, их физиологическому состоянию, снижает подверженность болезням и повышает устойчивость к засухе [3].

5. Интеллектуальные системы помогают сократить выбросы парниковых газов, связанные с чрезмерным поливом и внесением удобрений, что помогает сохранять природу экологии.

Существует несколько типов интеллектуальных систем полива и удобрения, доступных фермерам [4]:

Датчики влажности почвы, измеряют влажность почвы и отправляют данные на контроллер, который регулирует орошение соответственно.

Датчики уровня pH, отслеживают уровень pH почвы и запускают внесение удобрений при необходимости [5].

Датчики температуры и солнечной радиации, помогают определить потребности растений в воде и питательных веществах в зависимости от погодных условий.

Беспроводные контроллеры, связываются с датчиками и управляют поливом и внесением удобрений удаленно через мобильные приложения [6].

При выборе интеллектуальной системы полива и удобрения следует учитывать следующие факторы:

Размер и расположение поля, тип выращиваемых культур, погодные условия, доступность воды и удобрений, бюджет.

Интеллектуальные системы полива и удобрения могут быть интегрированы с другими информационными системами, такими как системы мониторинга состояния почвы, погодные станции и сенсоры, что позволяет получать более точные данные и улучшать управление процессами ухода за полями [7].

Интеллектуальные системы полива и удобрения являются мощным инструментом, который может помочь агрономам повысить урожайность, сократить расходы и улучшить здоровье растений. Используя эти системы, можно оптимизировать использование воды и питательных веществ, сэкономить труд и сохранить окружающую среду [8]. Внедрение интеллектуальных технологий является ключевым шагом к устойчивому и прибыльному сельскому хозяйству.

Список источников

1. Малашихин, Н. В. Прогрессивные тенденции в совершенствовании пахотных агрегатов / Н. В. Малашихин // Научное обоснование агропромышленного комплекса : Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции, Краснодар, 19 декабря 2019 года / Ответственный за выпуск А. Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 193-194. – EDN MUCUOZ.

2. Патент № 2687201 С1 Российская Федерация, МПК А01В 49/06, А01В 17/00. Многофункциональный агрегат для обра-ботки почвы : № 2018114385 : заявл. 18.04.2018 : опубл. 07.05.2019 / Г. Г. Маслов, Н. В. Малашихин, В. В. Вовк ; заяви-тель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государствен-ный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". – EDN RMYMII.
3. Маслов, Г. Г. Эффективные направления снижения уплотнения почвы для сохранения ее плодородия / Г. Г. Маслов, Н. В. Ма-лашихин, В. П. Лаврентьев // Политематический сетевой элек-тронный научный журнал Кубанского государственного аграр-ного университета. – 2019. – № 146. – С. 24-37. – DOI 10.21515/1990-4665-146-003. – EDN YZFLTN.
4. Хайриддинов, А. Б. Исследование минимально необходимой обработки почвы при выращивании хлопчатника / А. Б. Хай-риддинов, Ж. П. Хушмуродов, Ф. Ф. Бобоев // Инновационное развитие. – 2019. – № 3(30). – С. 37-38. – EDN YESAIG.
5. Кайль, А. В. Влияние традиционной и минимальной систем обработки почвы на содержание в почве нитратного азота / А. В. Кайль // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 2(143). – С. 191-198. – EDN YZSYHJ.
6. Перфильев, Н. В. Обработка почвы минимальная, а выгода максимальная / Н. В. Перфильев // Земледелие. – 2001. – № 5. – С. 24. – EDN SKRLLR.
7. Шевырев, Л. Ю. К вопросу о минимальной обработке почвы / Л. Ю. Шевырев, А. В. Угорчук, А. А. Гришин // Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледе-лия : Материалы Первой Международной научной конферен-ции, Ставрополь, 24–28 сентября 2001 года. – Ставрополь: Ставропольская государственная сельскохозяйственная акаде-мия, 2001. – С. 209-211. – EDN XRJIEN.
8. Бедоева, С. В. Минимальная обработка почвы и показатели плодородия / С. В. Бедоева, М. Б. Халилов // Основные направ-ления развития науки и образования в АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Махачкала, 29–30 марта 2018 года. – Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2018. – С. 137-141. – EDN XRSFUL.

© Малашихин Н.В., Кочергина И.А. 2024

Научная статья
УДК 631.21

ЭЛЕКТРОПРИВОД УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТБОРА ПОЧВЫ С НЕНАРУШЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Андрей Александрович Кошеваров¹, Евгения Евгеньевна Баракина²

^{1 2} ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина

¹ [e-mail: avel-rane@mail.ru.](mailto:avel-rane@mail.ru)

² [barakin85@mail.ru.](mailto:barakin85@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается рациональный электропривод устройства для отбора почвы с ненарушенной структурой на основе патента № 2797352 С1. Развитие сельского хозяйства стимулирует развитие многих связанных областей, в частности развития устройств и сферы отбора почвы. Отбор почвы с ненарушенной структурой на глубине до 2 метров требует внимания, так как доля устройств для забора почвы представленных на рынке крайне мала. В статье приведен анализ электропривода и электромеханического преобразователя устройства для отбора почвы с ненарушенной структурой. Устройство, разрабатываемое согласно патенту № 2797352 С1 благодаря рационально подобранному электроприводу и режимам работы преобразователя частоты, значительно ускоряет взятие образцов и упрощает последующий агрохимический анализ почвы.

Ключевые слова: пробоотборник, ненарушенная структура, образцы почвы, анализ почвы, сельское хозяйство, устройство отбора почвы, электропривод пробоотборника.

Для цитирования: Koshevarov A.A. Analysis of the development of robotization of agricultural production processes / A.A. Afanasyeva, E. E. Barakina // II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G. P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Original article

ELECTRIC DRIVE OF THE DEVICE FOR SOIL SAMPLING WITH UNDISTURBED STRUCTURE

Andrey Alexandrovich Koshevarov¹, Evgenia Evgenievna Barakina²

^{1 2}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

¹ [e-mail: avel-rane@mail.ru.](mailto:avel-rane@mail.ru)

² [barakin85@mail.ru.](mailto:barakin85@mail.ru)

Annotation. The article considers a rational electric drive of a device for selecting soil with an undisturbed structure based on patent No. 2797352 C1. The development of agriculture stimulates the development of many related areas, in particular the development of devices and the field of soil selection. The selection of soil with an undisturbed structure at a depth of up to 2 meters requires attention, since the share of soil sampling devices on the market is extremely small. The article presents an analysis of an electric drive and an electromechanical converter of a device for selecting soil with an undisturbed structure. The device, developed according to patent No. 2797352 C1, thanks to a rationally selected electric drive and operating modes of the frequency

converter, significantly accelerates sampling and simplifies subsequent agrochemical soil analysis.

Keywords: sampler, undisturbed structure, soil samples, soil analysis, agriculture, soil sampling device, electric drive of the sampler.

For citation: Afanasyeva V.S. Analysis of the development of robotization of agricultural production processes / V.S. Afanasyeva, N. S. Barakin // II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G. P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В настоящее время широко используются ручные пробоотборники почвы. Процесс отбора почвы связан с большими трудозатратами. На почвах с высокой плотностью без применения электромеханизации этот процесс может быть серьёзно затруднён или невозможен, так как при отборе пробы почвы возможно застревание заборного устройства [1]. Эффективным решением является применение электрических буров — пробоотборников различных конструкций. Однако такие пробоотборники имеют существенный недостаток: они нарушают структуру почвы при бурении скважины и извлечении образцов при раскрытии заборной трубы [3].

Пробы образцов для исследования пахотного слоя делают на глубину до 20 см исходя из мощности слоя. Забор образцов из слоя 0 – 10 и 10 – 20 см производится для специальных исследований для чего применяются пробоотборники с нарушенным сложением [5,6].

Специальная конструкция пробоотборника почвы с ненарушенным сложением, питающегося от автономного генератора через преобразователь частоты для формирования определённого закона регулирования частоты тока и напряжения на выводах электродвигателя позволит сохранить целостность отбираемого образца и снизить энергопотребление [2].

При разработке пробоотборника почвы необходимо провести исследование механических сопротивлений при бурении и отборе образца почвы для сельскохозяйственных обследований. Это позволит классифицировать почвы по механическим характеристикам для электропривода пробоотборников.

Материалы и методы. Устройство для отбора почвы реализовано согласно патенту № 2797352 С1 [4]. Пробоотборник позволяет производить извлечение образцов разных типов, что критически важно для сельского хозяйства [7]. Простота изобретения дает возможность широкого спектра применения в полевых условиях различной сложности, для произведения комплексного анализа образцов.

Устройство, описанное в патенте № 2797352 С1 состоит из элементов, представленных на рисунке 2 в частности из кнопки старт/стоп 1, вала электродвигателя 2, рукояток 3, редуктора 4, хвостовика 5, трубы с шнеком 6, муфты 7, патрона 8, капсуля состоящего из двух составных частей 9, головкой бура 10. Все устройство выполнено единой системой винтовой поверхности, со сменными капсулями для проб грунта.

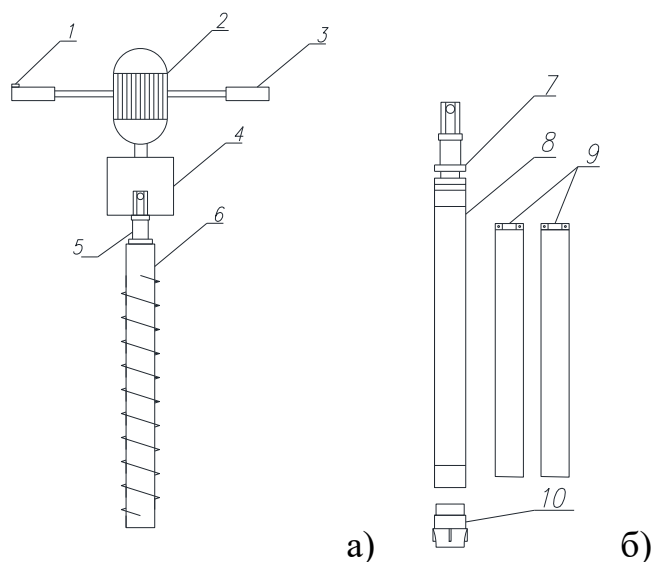


Рисунок 1 - Внешний вид устройства для отбора почвы ненарушенной структуры, а) и заборная труба со съемной капсулой.

Использование прикладных программ позволяет автоматизировать расчеты и сконцентрироваться на проектировании отдельных узлов установки. Моделирование режимов пробоотборника в программе SimInTech позволяет разработать наглядную компьютерную модель с помощью существующей библиотеки блоков. Результатом моделирования является определение внешних характеристик в виде временных графиков.

Результаты исследования. Программное обеспечение SimInTech позволяет произвести моделирование режимов работы устройства для отбора почвы ненарушенной структуры и получить имитационную модель на базе вычислительной техники. Как итог работы получим график зависимости внешних характеристик от времени.

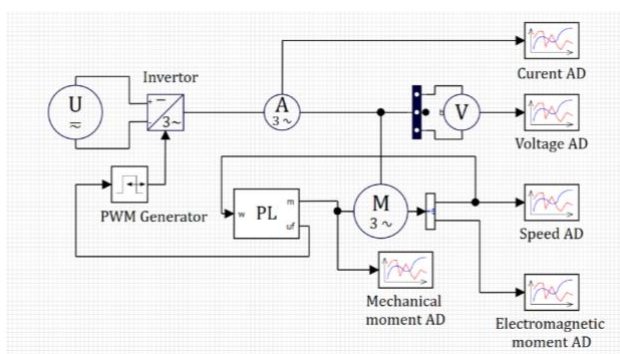


Рисунок 2 - Имитационная модель электропривода устройства для отбора образцов почвы с ненарушенным сложением выполненная в SimInTech.

Блок «ЭЦД – Двигатель асинхронный 1 л. сх.» (М) позволяет рассчитать электромагнитный момент и частоту вращения, электропитание подается блоком «Источник напряжения» через блок «ЭЦД – Преобразователь 3-фазный мостовой 1 л. сх.» (Invertor), который формирует частоту тока. Выходная частота преобразователя 3-фазного мостового регулируется согласно внешнему сигналу

ЭЦД – Генератор ШИМ «классический» (PWM Generator), который зависит от частоты вращения (Speed). В блоке PL заложен закон изменения момента сопротивления и закон изменения частоты тока и напряжения в зависимости от частоты вращения.

При построении модели в программном обеспечении в качестве экспериментальной модели был выбран электродвигатель серии АИР90Л4 мощностью 1,5 кВт. Блок к сформирован с помощью библиотеки данных и алгоритма действий, благодаря чему получилось прописать функцию ($M = 0.3 * M_n + (M_n - 0.3 * M_n) * (w/w_n)^{1.8}$).

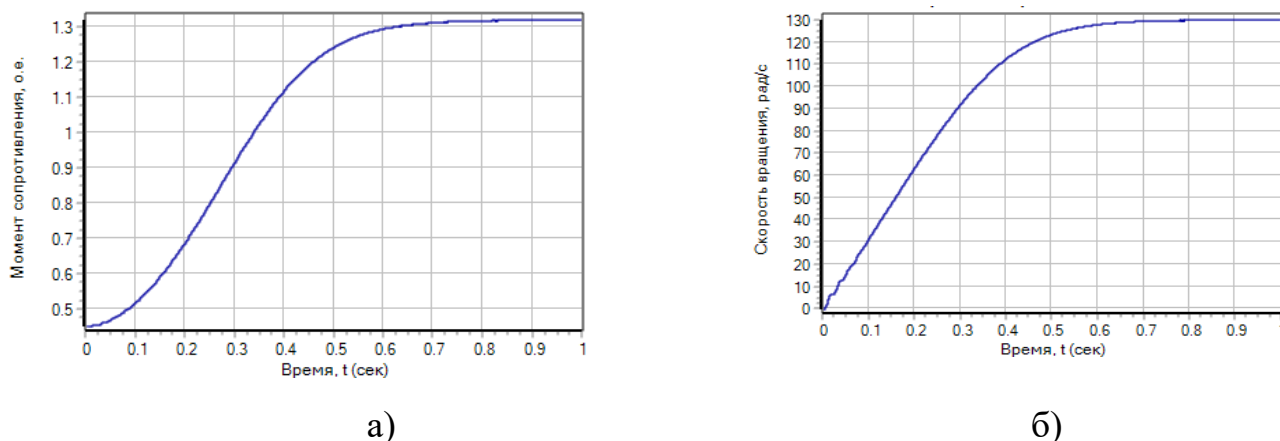


Рисунок 3 – Временные графики изменения момента сопротивления, а) и частоты вращения пробоотборника, б).

Заключение. Применение преобразователя частоты обеспечивает управление частотой и напряжением для асинхронного электродвигателя, что позволяет поддерживать нужный момент и скорость вращения пробоотборника. Это сокращает потребление энергии и предотвращает повреждение образцов почвы. Так как почвы имеют разные агрофизические свойства и сопротивление при бурении может значительно варьироваться, необходимо адаптировать законы регулирования частоты и напряжения с учётом их типа. Специальная конструкция пробоотборника способствует снижению энергозатрат и предотвращает порчу образцов.

Список источников

1. Анализ рынка отечественных автоматических пробоотборников почвы / Кошеваров А.А. Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Сборник докладов по Материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), 8-10 ноября 2023 года. – Майкоп: изд-во «Магарин О.Г.», 2023. С. 249-252.
2. Баракин, Н. С. Рациональный электропривод пробоотборника почвы для оценки ее плодородия / Н. С. Баракин, А. А. Кошеваров // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии: Материалы ежегодной научно-

практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г., Краснодар, 12 мая 2023 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2023. – С. 820-821.

3. Патент № 2525080 С1 Российская Федерация, МПК E02D 1/04, G01N 1/04. Устройство для отбора почвы : № 2013130569/03 : заявл. 02.07.2013 : опубл. 10.08.2014 / Н. И. Богатырев, В. И. Терпелец, Н. С. Баракин, Е. Е. Баракина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Кубанский государственный аграрный университет".

4. Патент № 2797352 С1 Российская Федерация, МПК E02D 1/04. Устройство для отбора почвы с ненарушенным сложением : № 2022128885 : заявл. 07.11.2022 : опубл. 02.06.2023 / Н. С. Баракин, В. П. Власенко, Е. Е. Баракина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина".

5. Терпелец, В. И. Мониторинг гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, Е. Е. Баракина, Ю. С. Плитинь // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика : материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова, Ставрополь, 25–26 сентября 2013 года. – Ставрополь: Параграф, 2013. – С. 215-218.

6. Терпелец, В. И. Изменение состава и баланса гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного на Азово-Кубанской низменности / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь, А. В. Бузоверов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 49. – С. 63-70.

7. Терпелец, В. И. Мониторинг гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, Е. Е. Баракина, Ю. С. Плитинь // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика : материалы Научно-практической конференции, приуроченной к 80-летию юбилею В.М. Пенчукова, Ставрополь, 25–26 сентября 2013 года. – Ставрополь: Параграф, 2013. – С. 215-218.

© Кошеваров А.А., Баракина Е.Е. 2024

Научная статья
УДК 629.064.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА

Екатерина Юрьевна Кривова¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹t89271288589@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1730-9672>

Аннотация: В статье раскрывается исследовательская работа и показан опыт организации электроснабжения элеватора.

Ключевые слова: Электроснабжение, электроэнергия, электропитание, напряжение, источник энергии, электрооборудование, мощность, трансформатор, элеватор.

Для цитирования: Кривова Е.Ю. Исследование системы электроснабжения существующего элеватора / Е.Ю. Кривова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

STUDY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM OF AN EXISTING ELEVATOR

Ekaterina Yurievna Krivova¹

¹Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

¹t89271288589@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1730-9672>

Annotation: The article reveals the research work and shows the experience of organizing power supply to the elevator.

Keywords: Electricity supply, electricity, power supply, voltage, energy source, electrical equipment, power, transformer, elevator.

For citation: Krivova E.Yu. Study of the power supply system of an existing elevator / E.Yu. Krivova // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Постоянно растущий спрос на энергию требует поиска эффективных и устойчивых источников, чтобы обеспечить стабильное развитие общества. В данном контексте важно рассмотреть различные аспекты энергетического обеспечения, включая использование возобновляемых источников энергии, энергоэффективность и управление энергопотреблением.

В ходе исследовательской работы мною изучен опыт организации электроснабжения элеватора типа «Чехословацкий», расположенного в Саратовской области.

Техническим условием на электроснабжение, в качестве источника питания предусмотрена существующая двухтрансформаторная подстанция “Элеватор” напряжением 10/0,4кВ с силовым трансформатором мощностью по 1600кВА. Точка подключения предусмотрена в распредустройстве низкого

напряжения 0,4кВ (РУНН-0,4кВ) подстанции к линейному автоматическому выключателю.

Напряжение силовой сети 380/220 В с заземленной нейтралью. По надежности электроснабжения электроприемники относятся к III категории. Напряжение электропитания 0,4 кВ подается по трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью.

Распределительная силовая сеть от распределительных силовых панелей к электроприемникам выполняется кабелем АВРГ и АРРГ прокладываемым по стенам под потолком и по балкам, кабели прокладываемые по стене на высоте менее 2 м защищены коробами из листовой стали.

Все электродвигатели в закрытом обдуваемом исполнении типа «А02». Электродвигатели подключены к силовым распределительным пунктам РП.

РП состоит из отдельных панелей на которых устанавливаются автоматические выключатели, имеющие тепловую и электромагнитную защиту и магнитные пускатели с тепловой защитой.

Защита электродвигателей от перегрузок осуществляется при помощи тепловых реле пускателей, а защита от ТКЗ при помощи электромагнитных расцепителей автоматов.

Подключение некоторых ЭД машин и аспирационных сетей, а также других взаимосвязанных машин предусматривается на один пускатель. Для индивидуальной защиты каждого ЭД дополнительно устанавливаются автоматические выключатели в пылезащитном корпусе.

При помощи этих автоматов осуществляется местное опробывание ЭД, наладка и др., а также блокировка в пределах блока.

Кнопки «Стоп», а также «Пуск/стоп» ЭД установлены непосредственно у машин или на кнопочных станциях.

На каркасах панелей РП также устанавливаются выключатели блокировки и предохранители во вторичных цепях.

Основными электропотребителями являются:

- асинхронные электродвигатели с К.З. ротором (электроприводы конвейеров, клапанов, задвижек, фильтров, норий, технологического оборудования);

- электроосвещение.

Техническая характеристика подключаемых электроисточников приведена в таблице 1.

Таблица 1. Техническая характеристика подключаемых электроисточников

Наименование электро-приемников	Установл енная	Коэффиц	Коэффиц иент	Средняя мощност ь	Коэффиц	Максимальная мощность	Расчетны
---------------------------------	-------------------	---------	-----------------	-------------------------	---------	--------------------------	----------

				активная $P_{см}$, кВт	реактивная $Q_{см}$, квар		активная P_m , кВт	реактивная Q_m , ква	полная S_m , кВ·А	
Силовое электрооборуд:	301,41	0,53	0,81/0,72	159	115,1	1,2	191	115,1	223	339
Освещение										
- внутреннее	15,7		0,85/0,62	13,6	9,8		13,6	9,8		
-наружное	0,3	1		0,3	0,2		0,3	0,2		
Итого с учетом компенсации	371,41		1/0,03	173	5,1		204	5,1	204	311

Основываясь на данных характеристик потребителей электроэнергии, определены типы нагрузок с учетом эксплуатационных потребностей. В элеваторе технологическим схема выделено несколько маршрутов движения растительного сырья.

- Приемка с автотранспорта маршрут 1,2,3 с суммарной мощностью электродвигателей 1805,5 кВт, нагрузка 3600 А;

- Перемещение сырья с одновременной сушкой в зерносушилке ЛСО-50 мощностью электродвигателей 1370 кВт, нагрузка 2700 А;

Приемка с автотранспорта маршрут 1 с одновременной сушкой в зерносушилке ЛСО-50 мощностью электродвигателей 1400,5 кВт, нагрузка 2900 А

Силовой трансформатор ТП 10/0,4 кВ и отходящие линии 0,38 кВ должны быть защищены от аварийных режимов.

По результатам расчётов установлено, что силовой трансформатор может выдать на вторичной обмотке 2309А, при 400В, при этом автоматический выключатель установлен на 1600А, что соответствует условиям безаварийной работы трансформатора.

В ходе изучения системы электроснабжения элеватора установлено, что полная нагрузка потребителей 4983А.

Экспериментальная проверка срабатывания автоматического выключателя 1600А не проводилась по причине отсутствия необходимого оборудования.

Заключение. По результатам исследования предложено или установить дополнительный трансформатор или выполнить техническое перевооружение с

заменой цепных скребковых конвейеров с установленной мощностью от 37 до 75 кВт на ленточные конвейеры меньшей мощности от 7,5 до 22 кВт.

Список источников

1. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования, Москва, «Издательство НЦ ЭНАС», 2002
2. Шеховцов, В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению - М.: Форум: Инфра-М, 2006.- 136 с.
3. Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей / И.Г. Карапетян, Д.Л. Файбисович, И.М. Шапиро / Под ред. Д.Л. Файбисовича. 2-е изд., перераб и доп. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.- 352 с.: ил.
4. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: Учебник и учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. - М.: КолосС, 2008. - 655 с.: ил.
5. Методика расчета нормативных (технологических) потерь электроэнергии в электрических сетях. Утверждена приказом Минпромэнерго России от 03 февраля 2005 г. № 21.

© Кривова Е.Ю. 2024

Научная статья
УДК 638.14

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УХОДА ЗА ПЧЕЛАМИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Лебедев Дмитрий Васильевич¹, Иванова Анастасия Александровна²,
Лебедева Валентина Александровна³

^{1,2}Кубанский Государственный Аграрный Университет имени И.Т.Трубилина,
г. Краснодар, Россия

¹dm.lebedev@mail.ru

²lasheskras@gmail.com

³Vlebedeva@bk.ru

Аннотация. В статье приводится описание новейших методов и устройств для содержания пчел. Одно из которых - устройство для удаленного мониторинга ульев с применением интернета вещей для содержания пчел и улучшения их жизнедеятельности, оборудованное датчиками для передачи данных о температуре и влажности в улье, что позволяет проводить анализы, определять взаимосвязи параметров пчел и осуществлять дистанционное управление пасекой. Новизна устройства заключается в использовании передовой конструкции улья с встроенными датчиками, солнечной батареей и сетью интернета вещей. Это позволяет ответственно реагировать на изменения в

поведении пчел, предотвращать размножение клещей, снижать трудозатраты пчеловода и улучшать прогноз сбора меда.

Ключевые слова: пчелы, цифровые технологии, солнечная батарея, мониторинг, производительность.

Для цитирования: Лебедев Д.В. Цифровые системы для мониторинга и ухода за пчелами в Краснодарском крае / Д.В.Лебедев А.А.Иванова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. Д.В.Лебедева - Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. И.Т.Трубилина, 2024.

Original article

DIGITAL SYSTEMS FOR MONITORING AND CARE OF BEES IN THE KRASNODAR REGION

Lebedev Dmitry Vasilievich¹, Ivanova Anastasia Aleksandrovna², Lebedeva Valentina Aleksandrovna³

^{1,2} Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹ dm.lebedev@mail.ru

² lasheskras@gmail.com

³ Vlebedeva@bk.ru

Annotation. The article describes the latest methods and devices for beekeeping. One of them is a device for remote monitoring of beehives using the Internet of Things to improve beekeeping practices and enhance their well-being. The device is equipped with sensors to transmit data on temperature and humidity in the hive, allowing for analysis, determining correlations between bee parameters, and remotely managing the apiary. The novelty of the device lies in the use of an advanced hive design with built-in sensors, a solar panel, and an Internet of Things network. This enables responsible responses to changes in bee behavior, preventing mite infestations, reducing beekeeper labor, and improving honey yield forecasts.

Keywords: bees, digital technologies, solar panel, monitoring, productivity.

For citation: Lebedev D.V. Digital systems for monitoring and caring for bees in the Krasnodar region / D.V. Lebedev, A.A. Ivanova // Actual problems of energy in agriculture: materials of the II National Conference with International Participation / Ed. by D.V. Lebedev - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2024.

Введение. Исходя из научных данных, в зимний период важно обращать особое внимание на состояние пчел в России, чтобы избежать негативных последствий, таких как массовая гибель семей. Для этого необходимо соблюдать определенные процедуры, в том числе обработку семей препаратом бипином и установку тензометрических датчиков для контроля массы меда [1]. При несоблюдении гигиенических норм пчелы могут заболеть и даже погибнуть. Открытие улья для проверки может нанести вред насекомым, поэтому рекомендуется использовать цифровые технологии для мониторинга состояния пасеки. Важно также

проводить ветеринарные процедуры и санитарные мероприятия для поддержания здоровья пчел и предотвращения болезней. Цифровые технологии давно проникают в различные сферы человеческой деятельности, включая сельское хозяйство и пчеловодство. Использование этих технологий позволяет улучшить сбор, обработку и хранение информации о пасаках, а также повысить безопасность и эффективность работы пчеловодов. Внедрение интернета вещей в эти отрасли помогает сократить расходы, повысить урожайность и выявить проблемы на пасеке.

Материалы и методы. Материалами для исследования служат научные статьи и данные, основным методом является анализ полученных сведений и их обобщение. Изучались конструкции ульев, методы содержания пчел в Краснодарском крае и России, а также системы удаленного мониторинга и факторы, влияющие на производительность пасеки. Для подробного обзора данной темы был выполнен аналитический обзор с использованием современных научных источников. Информация для анализа была взята из работ российских ученых. Анализ доступных источников выявил потенциальные направления для создания нового устройства для удаленного мониторинга пчел и улучшения условий их содержания в Краснодарском крае. Исследования проводились с использованием теоретических и эмпирических методов научного исследования, включая аналитический, сравнительный и информационно-логический подходы к анализу, систематизации и классификации информации.

Результаты исследования. Результатом исследования стала разработка устройства для удаленного мониторинга ульев, которое позволяет следить за состоянием пчел и обеспечивать оптимальные условия для их развития. Устройство включает в себя автоматизированный опрыскиватель для обработки пчел от клещей, оптические устройства для анализа состояния и количество приносимой пыльцы, а также тензометрические датчики для определения массы меда и необходимости подкормки семьи. Размещение ульев параллельно ветру оказывает положительное влияние на жизнедеятельность пчел [2]. В улье установлены вентиляционные отверстия, регуляторы влажности и температуры, а также автоматические заслонки над летками. Видеокамеры над летками обеспечивают контроль за размерами пчел, наличием трутней и выходом роя, а также фиксируют прохождение восковой моли. Общий микроклимат в улье контролируется с целью оптимизации условий для пчеловодства [3]. Особое внимание уделяется борьбе с паразитами, такими как *Varroa destructor* и большая восковая моль, чтобы предотвратить гибель пчелиных семей. Немаловажным является дезинфекция внутри улья, наиболее удобным методом было выбрано озонирование [4].

Помимо этого, с развитием "зеленой энергетики" предлагается установка солнечной батареи на крышку улья, подключенной к фотоэлектрической станции для обеспечения альтернативного источника энергии. Солнечная фотоэлектрическая станция работает как автономный и резервный источник электроэнергии, заряжая аккумуляторы с помощью солнечных панелей. Для установки панелей выбирается правильный угол наклона, например, 45° для

Краснодарского края [5], чтобы обеспечить максимальное поглощение энергии солнца. Схема работы системы солнечной батареи на пасеке показана на рисунке 1. Внутри устройства работает схема, оптимизированная для рационального потребления энергии. Информация о состоянии улья и пчел передается пчеловоду для принятия соответствующих мер. Кроме того, солнечная батарея на крышке улья заряжает IoT-устройство и может использоваться для дополнительных нужд пчеловода.

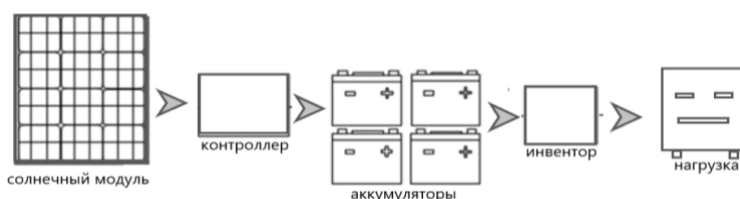


Рисунок.1 - Схема работы системы солнечной батареи на пасеке

На пасеке с целью повышения качества ветеринарного благополучия рекомендуется сначала отбирать только сильные пчелиные семьи, проводить массовый отбор родительских пар и использовать эффект гетерозиса [6]. Близкородственное спаривание необходимо исключить. Также рекомендуется проводить санитарные мероприятия перед началом и в конце сезона [7]. Согласно результатам эксперимента, в котором измерялось среднее количество меда в неделю с улучшенного и контрольного ульев в течение 3 месяцев - с 1 июня по 1 сентября 2023 года, продуктивность пасеки за сезон увеличилась в среднем на 1 кг на каждый улей. Контроль состояния массы улья и сотовых рамок производился специальными устройствами, запатентованными Кубанским ГАУ [8,9].

Таблица 1 - Продуктивность пасеки в летний период

Неделя/пасека	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Среднее за сезон
Продуктивность контрольной группы (кг/улей)	8,5	7,4	7,6	7,5	8,7	5,6	7,8	6,7	7,1	6,3	7,5	8,6	6,5	7,4
Продуктивность экспериментальной группы (кг/улей)	8,6	8,5	8,0	8,9	9,0	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7	9,3	9,0	8,9	8,6

Заключение. Обобщив полученные данные и результаты исследования, можно сделать вывод о том, что внедрение цифровых технологий и солнечных батарей на пасеки позволяет улучшить условия содержания пчел, повысить производительность пасеки и предотвратить возможные заболевания и гибель семей. Важно соблюдать гигиенические нормы, проводить ветеринарные процедуры и санитарные мероприятия, а также использовать современные

средства мониторинга и контроля. Эти меры помогают создать оптимальные условия для развития пчел и обеспечивают безопасность работы пчеловодов.

Список источников

1. Чернова, Е. Н. разработка системы контроля и мониторинга состояния ульев «умная пасека» / Е. Н. Чернова, А. П. Ищенко, Н. О. Голубев // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 28 апреля 2023 года / Под общей редакцией С.М. Бакирова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2023.
2. Электротехнологии в сельском хозяйстве : Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов направления 35.03.06 "Агроинженерия (Электрооборудование и электротехнологии)" / Н. Н. Курзин, Д. А. Нормов, Д. В. Лебедев, Е. А. Рожков. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020.
3. Защита сотохранилищ от восковой моли посредством энтомофагов / В. А. Злепкин, В. А. Чучунов, Е. Б. Радзиевский [и др.] // Вестник Вятского ГАТУ. – 2023. – № 1(15)
4. Озонатор Лебедев Д.В., Кузьменко П.С., Якименко М.О., Лебедев И.Д./ Патент на изобретение RU 2523805 С1, 27.07.2014. Заявка № 2013105279/05 от 07.02.2013.
5. Интеллектуальная система мониторинга пчелиных ульев / Л. Р. Григорьян, М. С. Коваленко, А. Л. Григорьян, Д. Ю. Парошин // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 10. – С. 59-65.
6. Абдрахманов В. Х., Важдаев К. В., Салихов Р. Б. Исследование возможности применения информационно-измерительных технологий и интернета вещей в агропромышленном комплексе // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. №2.
7. Кузнецов А.Ф. Пчеловодство: гигиена, экология, нормы и современные технологии / А.Ф. Кузнецов, В.Г. Тюрин, К.А. Рожков. — СПб.: Квадро, 2019. — 408 с.
8. Устройство для контроля состояния массы улья Лебедев Д.В., Михайлов А.А., Лебедев И.Д., Михайлов Д.А., Максименко М.Н. Патент на изобретение RU 2561462 С1, 27.08.2015. Заявка № 2014122592/13 от 03.06.2014.
9. Устройство для контроля массы сотовых рамок улья Лебедев Д.В., Матишев Д.А., Матишев А.А., Лебедев И.Д., Лебедев В.Д., Дайбова Л.А. Патент на изобретение RU 2692919 С1, 28.06.2019. Заявка № 2018122189 от 15.06.2018.

© Лебедев Д.В., Иванова А.А., Лебедева В.А. 2024

Научная статья

УДК. 631.365.3/4:633.88

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Людмила Александровна Лягина¹, Александр Михайлович Савчук²,
Александр Геннадьевич Русев³

^{1,2,3}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ llyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² llyagina@mail.ru

³ llyagina@mail.ru

Аннотация. В настоящей статье предложен комбинированный способ сушки корнеклубнеплодов, с целью повысить качество продукта, уменьшить энергозатраты.

Ключевые слова: комбинированная сушка, влажность продукта, корнеклубнеплоды, инфракрасный нагрев, входные и выходные параметры процесса.

Для цитирования: Лягина Л.А. Общие подходы к технологии комбинированной сушки корнеклубнеплодов / Л.А. Лягина, А.М. Савчук, А.Г. Русев//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XV Национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

GENERAL APPROACHES TO THE TECHNOLOGY OF COMBINED DRYING OF ROOT CROPS

Lyudmila Alexandrovna Lyagina¹, Alexandr Mihailovich Savchuk², Alexandr Gennadievich Rusev³

^{1,2,3}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ llyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² llyagina@mail.ru.

³ llyagina@mail.ru.

Annotation. In this article, a combined method of drying root crops is proposed in order to improve the quality of the product and reduce energy consumption.

Keywords: combined drying, product humidity, root crops, infrared heating, input and output parameters of the process.

For citation: Lyagina L.A. General approaches to the technology of combined drying of root crops / L.A. Lyagina, A.M. Savchuk, A.G. Rusev // Improving the technology of post-harvest processing of corn by technical means of step-by-step threshing / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Повышение эффективности сельхозпроизводства неразрывно связано с внедрением новых и совершенствованием существующих технологий и технических средств [1]. При этом разработка автоматизации технологических процессов призвана значительно снизить затраты на производство сельхозпродукции и повысить ее качество [1-3].

Материалы и методы. Анализ процесса сушки показывает, что ИК-нагрев для удаления влаги из корнеклубнеплодов в чистом виде может оказаться малоприменимым по технологическим условиям. Высокая скорость нагрева в процессе сушки может привести не только к быстрому удалению влаги, но и к сложным необратимым химическим изменениям и потере качества готового продукта. Высокая скорость нагрева в процессе сушки особо опасна для корнеклубнеплодов.

Вместе с этим, при использовании для сушки корнеклубнеплодов ИК-нагрев процесс растягивается по времени, что приводит к большим потерям электроэнергии, а также снижению качественных показателей [4].

Анализ термограммы (рис. 1.1) и кривой кинетики процесса сушки корнеклубнеплодов с физико-механической связью влаги показывает, что для удаления свободной влаги в начальный момент процесса термообработки целесообразно подводить большее количество энергии [4]. Данное обстоятельство позволяет интенсифицировать процесс влагоудаления и сократить время сушки. По мере удаления влаги уровень подводимой энергии необходимо снижать и поддерживать рабочую температуру, не превышающую предельно допустимых значений для данного материала. Быстрое повышение температуры корнеклубнеплода после критической точки приводит к длительному воздействию высокой температуры, что вызывает ухудшение его технологических свойств.

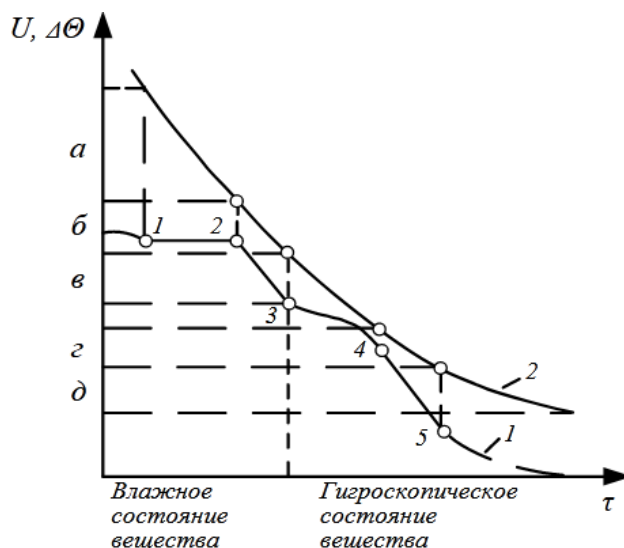


Рисунок 1.1 – Термограмма сушки (1) и кривая сушки (2):

- a* – влага капиллярного состояния в макропорах; *б* – стыковая влага макропор;
- в* – капиллярная влага макропор; *г* – влага полимолекулярной адсорбции;
- д* – влага мономолекулярной адсорбции.

Таким образом, возникает необходимость в прерывном облучении, то есть в сочетании нагрева корнеклубнеплодов ИК-лучами с теплым воздухом. Наиболее подходящим является комбинированный способ сушки с понижением уровня энергоподвода [5,6].

Результаты исследования. На рисунке 1.2 представлена структурная схема объекта исследования.

Сушильная установка отличается большим количеством входных и выходных параметров и сложностью связей между ними. Основные выходные параметры процесса – конечная температура и влажность, температура сушильного агента на выходе, эффективность. В качестве регулирующих воздействий используем изменение подачи электроэнергии и загружаемого продукта.

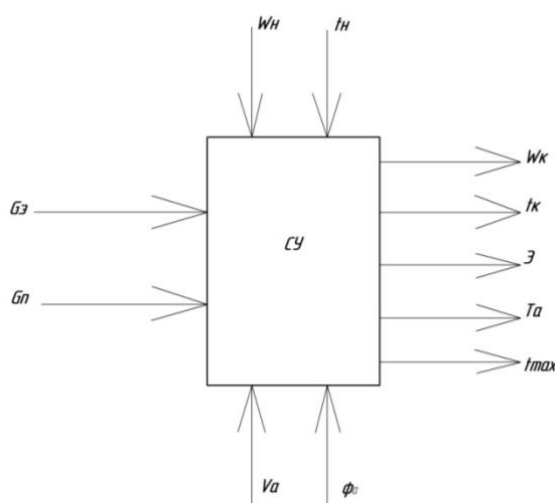


Рисунок 1.2 – Структурная схема объекта исследования:

$G_э$ – подача электроэнергии, кВт; $G_п$ – объем продукта (травы), кг;
 СУ – сушильная установка; $W_н$ – начальная влажность, %; $t_н$ – начальная температура, °С; $W_к$ – конечная влажность, %; $t_к$ – конечная температура, °С;
 T_a – температура сушильного агента, °С; t_{max} – максимальная температура нагрева, °С; \mathcal{E} – технико-экономический критерий (эффективность); V_a – расход сушильного агента; ϕ_a – влажность сушильного агента, %.

Остальные входные параметры – начальная влажность и температура, расход сушильного агента и его влажность – относятся к возмущающим воздействиям. С точки зрения показателя эффективности управления сушилкой должно быть оптимальным. Целевая функция оптимального управления сушилкой имеет вид:

$$\max \mathcal{E} = f(t_n, t_{max}, W_n, W_k, t_k) \quad (1)$$

при ограничениях по конечной влажности и максимально допустимой величине нагрева.

Циклограммы процесса сушки корнеклубнеплодов представлены на рисунке 1.3.

Технология комбинированной сушки корнеклубнеплодов представляется следующим образом. В течении шести минут происходит прогрев продукта ИК-нагревателями. Далее осуществляется четырехминутный цикл продува продукта с использованием электрокалорифера. В течении которого удаляется выделенная из продукта влага за пределы сушильной установки [4]. Циклы сушки повторяются до тех пор, пока продукт не достигнет кондиционной влажности 16...17 % [5]. Температурный режим в сушильной установке поддерживается в соответствии с графиком (рис.1.3).

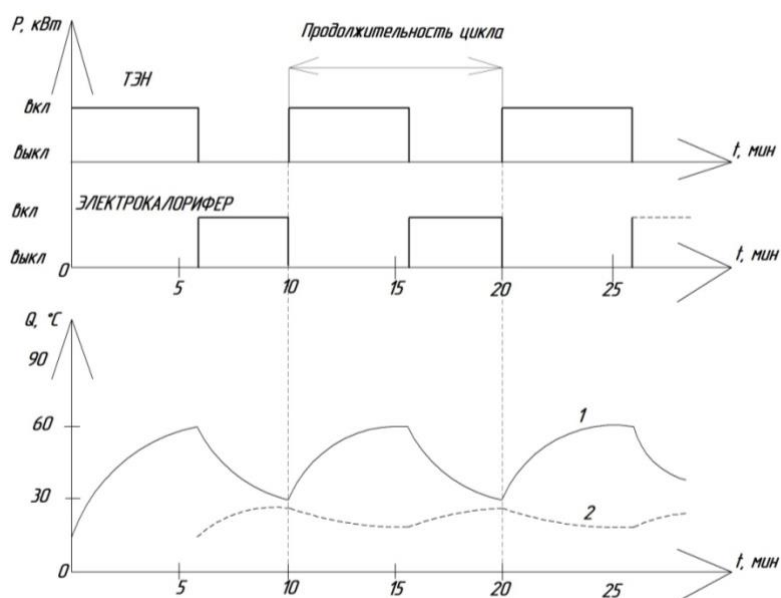


Рисунок 1.3 – Циклограммы процесса комбинированной сушки корнеклубнеплодов: кривые 1– ТЭН; 2– электрокалорифер.

Продукт с такой влажностью может храниться несколько лет без значительного снижения своей питательности [7].

Заключение. Таким образом, предложенный комбинированный способ сушки корнеклубнеплодов позволяет повысить качество продукта, уменьшить энергозатраты.

Список источников

1. Каргин, В.А. Автоматизация систем управления технологическими процессами [Текст]: учебное пособие/ В.А. Каргин, А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, Е.А. Четвериков. – Саратов: Амирит, 2018. – 177с.
2. Моисеев, А.П. Электрооборудование технологий производства и обработки сельскохозяйственной продукции [Текст]: учебное пособие/ А.П. Моисеев, А.В. Волгин, Л.А. Лягина, В.А. Каргин. – Саратов: Амирит, 2018. – 141с.
3. Моисеев, А.П. Электротехнологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве [Текст]: учебное пособие/ А.П. Моисеев, А.В. Волгин, В.А. Каргин, Л.А. Лягина.– Саратов: Амирит, 2018. – 103с.
4. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А.В. Лыков. – Минск: АН БССР, 1961. – 536 с.

5. Лягина, Л.А. Система автоматического управления процессом сушки растительного сырья / Л.А. Лягина, В.А. Каргин, А.П. Моисеев // Аграрный научный журнал, № 7, 2017. – С.78-82.

6. Лягина, Л.А. Интенсификация сушки растительного материала за счет использования инфракрасного излучения / Л.А. Лягина, А.В. Волгин, Е.А. Четвериков, Н.Н. Белова, Моисеев А.П. // Известия Международной академии аграрного образования, 2019. –№ 44.

7. Четвериков, Е.А. Микроволновое и инфракрасное излучение в технологиях сушки продукции растительного происхождения: монография / Е.А. Четвериков, Л.А. Лягина, А.П. Моисеев. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов: Амирит, 2016.– 186с.

© Лягина Л.А., Савчук А.М., Русев А.Г., 2024

Научная статья

УДК 631.365.3/4:633.88

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА СВИНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

Людмила Александровна Лягина¹, Александр Михайлович Савчук²

^{1,2}Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² lyagina@mail.ru

Аннотация. В настоящей статье предлагается функциональная схема установки для разделения жидкого навоза на фракции.

Ключевые слова: виброгрохот, шнековый пресс, твердая и жидкая фракция, влажность после фильтрации.

Для цитирования: Лягина Л.А. Теоретические исследования процесса разделения жидкого навоза свиноводческих ферм / Л.А. Лягина, А.М. Савчук//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XV Национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

THEORETICAL STUDIES OF THE SEPARATION PROCESS OF LIQUID MANURE FROM PIG FARMS

Lyudmila Alexandrovna Lyagina¹, Alexandr Mihailovich Savchuk²

^{1,2}Saratov State Agrarian University N.I. Vavilova, Saratov, Russia

¹ lyagina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9521-6266>

² lyagina@mail.ru,

Annotation. In this article, a functional scheme of an installation for the separation of liquid manure into fractions is proposed.

Keywords: vibrating screen, screw press, solid and liquid fractions, humidity after filtration.

For citation: Lyagina L.A. Theoretical studies of the separation process of liquid manure from pig farms / L.A. Lyagina, A.M. Savchuk // Improving the technology of post-harvest processing of corn by technical means of step-by-step threshing / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В условиях нынешнего времени, когда концентрация животных на фермах уменьшилась и техника устарела, уборка и утилизация навоза превратилась в весьма сложные процессы. На фермах значительно повышаются требования к технологической надёжности оборудования, так как постоянный ремонт и техническое обслуживание повышает себестоимость процесса уборки навоза и естественно себестоимость производства продукции. Увеличение продуктивности животноводства, снижение себестоимости производства свинины во многом зависит от рациональной организации технологических процессов, в частности уборки и транспортировки навоза. Из-за отсутствия навозохранилища на территории фермы, навоз загружается в тракторный прицеп. Из-за высокой влажности жидкая фракция навоза просачивается через щели в бортах прицепа, что ухудшает санитарные условия, как возле свинарника, так и по ферме в целом [1,4].

Материалы и методы. Выбор способа уборки навоза зависит от многих обстоятельств и в первую очередь от способов содержания и кормления животных, суточного выхода навоза, его физико-механических свойств, конструктивных характеристик помещения, климатических и других условий. Системы удаления навоза разделяют на механические и гидравлические. Механически навоз убирается мобильными и стационарными средствами. Мобильные механизмы применяют не только для удаления навоза, но и для транспортирования его в навозохранилище или на открытую навозную площадку. В эту группу механизмов входят скреперы, бульдозеры, прицепные тракторные тележки и электрифицированные монорельсовые вагонетки. Стационарные механизмы используют в качестве рабочего органа замкнутую металлическую цепь со скребками или скрепер [1].

Среди рассмотренного обзорного анализа оборудования для процесса разделения жидкого навоза выбираем наиболее эффективную установку, которая представлена на рисунке 1. Установка предназначена для разделения жидкого навоза на твердую и жидкую фракции. Процесс разделения осуществляется на двух машинах, виброгрохоте и шнековом прессе. Жидкий навоз, тщательно перемешанный в емкости при помощи насоса, подается сначала на виброгрохот, где происходит отделение твердой фракции от жидкой. Жидкая фракция собирается в поддон и по трубе стекает в резервуар. Твердая масса сходит в пресс, где происходит ее дальнейшее обезвоживание. Из пресса

твердая фракция попадает на транспортер, который подает ее в транспортные средства.

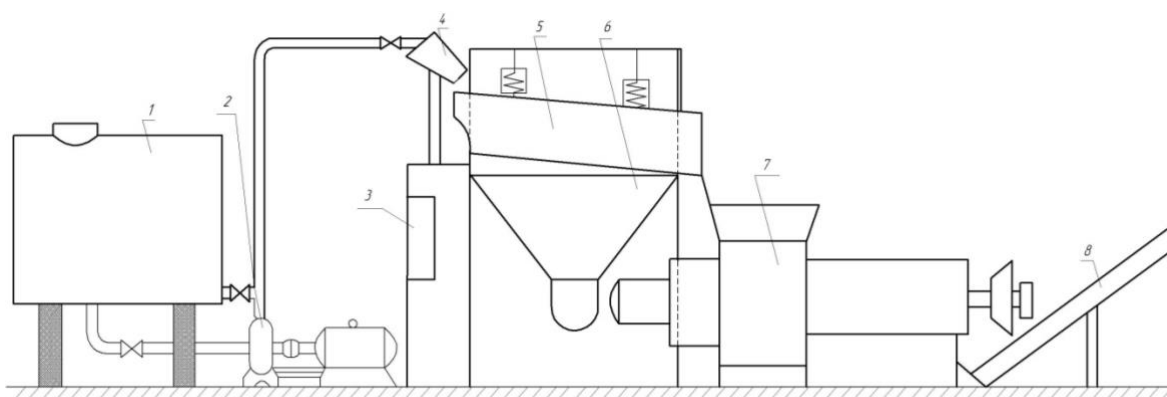


Рисунок 1 – Технологическая схема установки для разделения жидкого навоза на твердую и жидкую фракции: 1 – мерная емкость; 2 – фекальный насос; 3 – шкаф управления; 4 – распределительный конус; 5 – виброгрохот; 6 – поддон для фильтрата; 7 – пресс; 8 – скребковый транспортер.

Результаты исследования. Для установки разработана функциональная схема процесса разделения жидкого навоза на фракции. Функциональная схема установки представлена на рисунке 2. Подается жидкий навоз в мерную емкость. Входными параметрами являются начальная влажность навоза (W_n), масса подаваемого исходного навоза (m_n). В процессе фильтрования образуется два выходных параметра: твердая фракция (ТФ) и жидкая фракция (ЖФ). Каждая фракция характеризуется влажностью и массой. Для обеспечения влажности твердой фракции не менее 65% важным параметром является величина давления прессы (P). Конструктивные параметры виброгрохота относятся к возмущающим воздействиям [2,3].

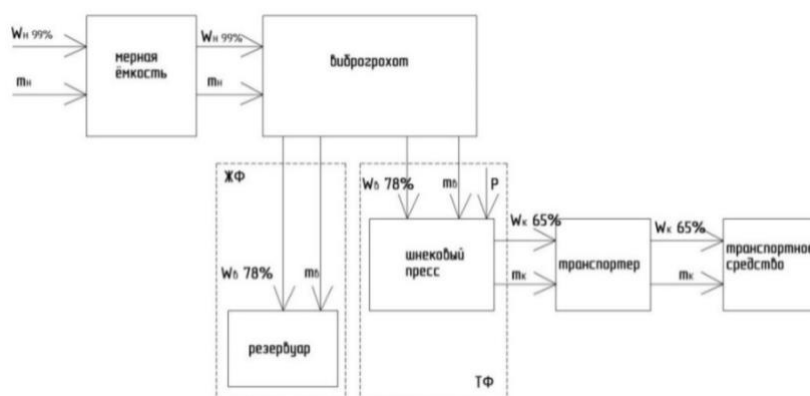


Рисунок 2 – Функциональная схема установки для разделения жидкого навоза ЖФ – жидкая фракция; ТФ – твердая фракция; W_n , W_k , – начальная и конечная влажность навоза, %; W_b – влажность после фильтрации на виброгрохоте, %; m_n , m_k – начальная и конечная масса навоза, кг; m_b – масса после фильтрации на виброгрохоте, кг; P – давление прессы.

Выходной параметр исследуемой системы – конечная влажность определяется следующим образом:

$$W_{\text{к}} = \frac{(m_{\text{н}} - m_{\text{к}})}{(m_{\text{н}} - m_1)} \cdot 100\% \quad (1)$$

где m_1 – масса контейнера, кг.

При прессовании массы первоначальный объем V из под шнекового пресса выходит объем органической массы $V_{\text{к}}$, что вызывает напряжения σ в массе.

Относительное уменьшение объема определяется по формуле

$$\beta = \frac{(V - V_{\text{к}})}{V} \quad (2)$$

где V – начальный объем прессуемой массы, м^3 ; $V_{\text{к}}$ – конечный объем прессуемой массы, м^3 ; β – относительное уменьшение объема.

Работа, возникающая при прессовании описывается следующим выражением:

$$A = \sigma \cdot \beta \cdot V \quad (3)$$

где A – работа, возникающая при прессовании; σ – напряжения, Па.

Следовательно, независимой переменной, влияющая на конечную влажность является работа, возникающая при прессовании.

Заключение. Таким образом, для установки разделения жидкого навоза на твердую и жидкую фракции разработали функциональную схему, которая отражает функционально-блочную структуру управления и регулирования технологического процесса.

Список источников

1. Лягина, Л.А. Способы переработки птичьего помета для производства органических удобрений / Л.А. Лягина, А.Е. Устинин //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием.– Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. 183-186 с.
2. Барышников, А.В. Параметры процесса разделения жидкого навоза свиноводческих ферм мобильной установкой. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Зерноград, 2022. 20с.
3. Комаров, Г.В. Исследование процесса разделения навоза на фракции прессованием на свиноводческих фермах. Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1978. 18с.
4. Лягина Л.А. Совершенствование локальной системы автоматического управления контроля расхода в сушильной установке для переработки помета / Л.А. Лягина, А.Е. Устинин //Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.186-189с.

© Лягина Л.А., Савчук А.М., 2024

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ И ДРОНОВ В АГРОБИЗНЕСЕ

Николай Васильевич Малашихин¹, Николай Александрович Кошевой²

^{1,2}Кубанский Государственный Аграрный Университет имени И.Т.Трубилина, г. Краснодар, Россия

¹ grebensikovaanastasia7066@gmail.com

² iva1506an@gmail.com

Аннотация. В статье приводится обзор научной литературы о перспективах развития дронов и роботов в сельском хозяйстве. Акцент делается на цифровизации аграрного сектора и ее влиянии на повышение производства продукции. Рассматриваются различные технологии, включая применение дронов для контроля и обработки сельскохозяйственных культур, а также беспилотных тракторов с системами искусственного интеллекта. Приводятся примеры успешного использования дронов в сельском хозяйстве, а также вызовы и ограничения, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении новых технологий. Обсуждается потенциал роста использования цифровых решений в сельском хозяйстве и их влияние на повышение производительности и конкурентоспособности отрасли.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, беспилотные авиационные системы, точное земледелие, технологии ИИ, цифровые платформы, агробизнес.

Для цитирования: Малашихин Н.В. Перспективы применения робототехники и дронов в агробизнесе / Н.В. Малашихин, Н.А.Кошевой // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. Н.В.Малашихина - Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. И.Т.Трубилина, 2024.

Original article

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ROBOTICS AND DRONES IN AGRICULTURAL BUSINESS

Nikolay Vasilyevich Malashikhin¹, Nikolay Aleksandrovich Koshevoy²

^{1,2} Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

¹ grebensikovaanastasia7066@gmail.com

² iva1506an@gmail.com

Annotation. The article provides a review of scientific literature on the prospects for the development of drones and robots in agriculture. The focus is on the digitization of the agricultural sector and its impact on increasing production. Various technologies are considered, including the use of drones for monitoring and processing agricultural crops, as well as unmanned tractors with artificial intelligence systems. Examples of

successful drone use in agriculture are given, as well as the challenges and limitations faced by enterprises when implementing new technologies. The potential for the growth of digital solutions in agriculture and their impact on increasing productivity and competitiveness of the industry are discussed.

Keywords: digitization of agriculture, unmanned aerial systems, precision farming, AI technologies, digital platforms, agribusiness.

For citation: Malashikhin N.V. Prospects of Robotics and Drones Application in Agribusiness / N.V. Malashikhin, N.A. Koshevoy // Actual problems of energy in agriculture: materials of the II National Conference with international participation / Ed. N.V. Malashikhin - Krasnodar: Kuban SAU named after I.T. Trubilin, 2024.

Введение. На сегодняшний день аналоговая эра в сельском хозяйстве исчезает, уступая место цифровой реальности. Применение современных технологий в аграрном секторе мировой экономики может привести к увеличению производства продукции на 70% уже через 30 лет. Научно-технический прогресс, включая точное земледелие, новую сельскохозяйственную технику, гербициды и генетически модифицированные растения, позволяют значительно увеличить урожайность. Технологии в аграрном секторе постоянно совершенствуются, становятся более доступными и позволяют получать данные о сельскохозяйственных объектах для более эффективного управления и прогнозирования результатов. Многие сельскохозяйственные предприятия осознали важность цифровизации, чтобы оставаться конкурентоспособными и эффективными. Стремительное развитие новых цифровых решений побуждает традиционные компании искать способы сохранить свою конкурентоспособность. Основные стратегии крупных агрохолдингов сегодня направлены на инновации и цифровую трансформацию для оптимального использования ресурсов, повышения производительности и конкурентоспособности.

Материалы и методы. Материалами для исследования служат научные статьи и данные, основным методом является анализ полученных сведений и их обобщение. БЛА изначально использовалась как военная технология, но они активно внедряются в гражданское общество, особенно в сельском хозяйстве. Дроны эффективно используются для контроля и обработки сельскохозяйственных культур. Различают два основных типа дронов: наземные и воздушные. Российская компания Cognitive Technologies разрабатывает беспилотный трактор с системой компьютерного зрения. Воздушные дроны могут быть самолетного или вертолетного типа. Примером БЛА для обработки полей являются SenseFly eBee SQ и Precision Hawk Lancaster 5. Для распыления химикатов и удобрений используют дроны вертолетного типа, такие как DJI Agras MG-1. Компания AeroVinci разработала дрон Jack и автономную докстанцию DroneDock для обмена данными и автономной работы дронов [1].

В Тюменской области опыт применения беспилотных авиационных систем начали использовать крестьянско-фермерские хозяйства. Фермерское хозяйство «А. Коптяев» приобрело беспилотный летательный аппарат с программным

обеспечением на базе дрона в 2015 году. Землепользование в районе отличается сложностью, с полями небольших размеров до 150 гектаров. Дрон использовался для визуального наблюдения через видео- и фотосъемку, обработки фотографий для выявления проблем роста урожая и контроля качества работы персонала [2]. Использование дронов в сельском хозяйстве сталкивается с ограничениями готовности специалистов к новым технологиям и техническими ограничениями при использовании аппаратов. Сложность адаптации дронов к условиям конкретных предприятий и проблемы применения в сельском хозяйстве требуют решения разработчиков и производителей.

Результаты исследования. В 2012 году компания Autonomous Tractor Cooperation продемонстрировала прототип беспилотного трактора Spirit для сельского хозяйства. Система искусственного интеллекта позволяет трактору самостоятельно передвигаться по определенному пути [3]. В России также проводились тесты беспилотного трактора с системой компьютерного зрения, способной работать даже ночью. Тем не менее, несмотря на усовершенствование технологий, присутствие человека в кабине трактора остается обязательным.

Мониторинг посевов – еще одна сфера развития дронов и ИИ, которая играет важную роль в успехе предприятия. В прошлом фермерам и производителям было сложно следить за посевами из-за необходимости передвигаться пешком по обширным участкам земли. В таблице 1 приведены примеры экономии расходов на топливо, средства защиты растений, удобрения, семена и трудозатрат на примере крупного агрохолдинга России - АО "Авангард-Агро", который внедрил использование дронов в производственный процесс [4]. Повышение эффективности работы агрохолдингов, увеличение потока выручки и прибыли положительно сказывается на их финансовом положении, конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынке, а также повышает их рыночную стоимость.

Таблица 1 - Экономия ресурсов на примере АО «Авангард-Агро»

Показатели	ГСМ	СЗР	Удобрения	Семена	ФОТ	Всего, тыс. руб.
Расход, руб/га	1959	2846	5133	2639	1023	-
Всего, тыс. га	320	320	320	320	320	-
Итого расходов, тыс. руб.	627140	910862	1643061	844799	327360	-
Экономия с 1 % расходов	6271	9109	16431	8448	3274	43532

По мнению Агрофизического НИИ Санкт-Петербурга, в России только начинают внедрять технологии точного земледелия, хотя уже около 5-10% производителей используют цифровые технологии. В Евросоюзе и США такие технологии популярны среди сельскохозяйственных предприятий. В России каждый год

увеличивается площадь пашни, обрабатываемая оборудованием точного земледелия на 3,5% [5]. Минсельхоз разработал цифровые платформы для повышения производительности. Исследование ВЦИОМ показало, что защита растений является самой популярной областью применения новых технологий среди агропредприятий. Для улучшения работы предприятий используются датчики, метеостанции, GPS-навигаторы и другие цифровые решения. В России система Agro IoT только начинает формироваться, главным образом на крупных агропромышленных комплексах с государственной поддержкой. Продукт Газпромэнергохолдинга - сервис «АНТ» на базе предприятия холдинга "Агрокомплекс имени Н. И. Ткачёва" позволяет выявлять зоны неоднородности для более эффективного использования фунгицидов [6].

Заключение. В заключение, стоит отметить, что использование современных технологий в аграрном секторе способствует увеличению производства продукции, повышению эффективности и конкурентоспособности предприятий. Цифровизация сельского хозяйства, включая применение беспилотных авиационных систем, точного земледелия и технологий искусственного интеллекта, открывает новые возможности для оптимизации процессов и увеличения урожайности.

Список источников

1. Чуйкин, К. А. Влияние дронов и искусственного интеллекта на сельское хозяйство / К. А. Чуйкин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – Т. 2, № 4(14). – С. 389-391.
2. Чуба, А. Ю. Использование беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве / А. Ю. Чуба, А. Ю. Чуба // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3(77). – С. 161-163.
3. Солнцева, О. Г. Аспекты применения технологий искусственного интеллекта / О. Г. Солнцева // E-Management. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 43-51.
4. Васильченко, А. В. Инновации и цифровизация в защите растений / А. В. Васильченко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2020. – № 61(1). – С. 161-172.
5. Бочаров, К. О. Применение дронов в сельском хозяйстве / К. О. Бочаров // Наука без границ. – 2021. – № 6(58). – С. 88-94.
6. Е.В.Труфляк/ Дистанционный мониторинг посевов риса и алгоритм выявления неоднородностей / Е. В. Труфляк, С. И. Скубиев, В. В. Цыбулевский, Н. В. Малашихин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 110-124.

© Малашихин Н.В., Кошевой Н.А, 2024

Научная статья
УДК 519.649.71

АЛЬТЕРНАТИВА ИЗ ИСТОЧНИКОВ НАЛАЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Юсуп Дадебаевич Махемов¹, Саяра Алтыбаевна Балтаева², Акыл
Арслановна Дурдыева³, Юнус Махмыт оглы Гелдиев⁴**

^{1,2,3,4}Туркменский сельскохозяйственный институт, г Дашогуз, Туркменистан.

¹mahemowuyusup@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-6479-1431>

²narmemedowa09@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0009-9392-7627>

³akyldurduyewa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0009-6679-5767>

⁴yunusgeldiyew95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0009-4321-5714>

Аннотация. В статье рассматриваются экономические и экологические преимущества альтернативных источников энергии в сельском хозяйстве. Поскольку выбросы углекислого газа, являющегося загрязнителем воздуха, сокращаются в несколько раз, рекомендуется наладить производство электроэнергии из альтернативных источников.

Ключевые слова: альтернативные источники, электрическая энергия, производства.

Для цитирования: Махемов Ю. Д. Альтернатива из источников налаживание производства электроэнергии //Аграрные конференции. 2024. № 43(1). С. 1-5. <http://agroconf.sgau.ru>

Original article

AN ALTERNATIVE SOURCE FOR ESTABLISHING ELECTRICITY PRODUCTION

**Yusup Dadebayevich Mahemov¹, Sayara Altybayevna Baltayeva², Akyl
Arslanowna Durduyeva³, Yunus Mahmyt ogly Geldiyev⁴**

^{1,2,3,4}Turkmen Agricultural Institute, Dashoguz, Turkmenistan

Annotation. The article discusses the economic and environmental benefits of alternative energy sources in agriculture. Since emissions of carbon dioxide, an air pollutant, are reduced several times, it is recommended to establish electricity production from alternative sources.

Keywords: alternative sources, electrical energy.

For citation: Mahemov Y. D. An alternative source for establishing electricity production // Agrarian Conferences, 2024; (43(1)): 1-5 (InRuss.). <http://agroconf.sgau.ru>

Введение. В связи с быстрым развитием технологий в сельском хозяйстве потребность в электроэнергии увеличивается с каждым годом. Производство электроэнергии увеличивает использование подземных углеводородных ресурсов, таких как нефть и газ, которые являются природным топливом. Массовое использование этого ископаемого топлива истощает мировые запасы. Эффективное использование природного топлива является одной из важнейших проблем, требующих решения сегодня. Поэтому сокращение производства электроэнергии из природного топлива и налаживание производства из альтернативных источников является одним из приоритетных направлений в науке. В связи с этим перспективными в развитии солнечной энергетики на инновационной основе считаются методы, разработанные с использованием полупроводникового кремния, полупроводниковых приборов и фотоэлектрических моделей, а также зеркал, которые являются неотъемлемой частью гелиотехнологий. Эта проблема также находится в центре внимания в экономическом секторе. В стадии реализации находится несколько проектов, связанных с этим энергетическим направлением.

Методика исследований. Одной из основных задач является постоянное обогащение и углубление содержания информации, излагаемой в курсе физики, в соответствии с требованиями сегодняшнего дня. Поэтому рекомендуется включать в содержание курса информацию о научных достижениях в области энергетики и альтернативных источников энергии.

Энергетическую отрасль информацией о достижениях физических наук. Одной из наиболее актуальных задач является подготовка пособия по систематизации и доведению до населения информации о научных достижениях, особенно об альтернативных источниках энергии.

Парогазовые электростанции привлекательны не только в экономическом, но и в экологическом плане, так как количество выбросов в атмосферу продуктов сгорания – углекислого газа – снижается в 2-3 раза [1, 93с].

Одной из важнейших задач современности является преподавание особенностей населения и окружающей среды в сельском хозяйстве. Анализируя содержание и объем информации по преподаванию электричества, мы определили важность предоставления учащимся экологического образования посредством надлежащего использования местной информации на уроках физики и во внеклассных мероприятиях. Преподавание окружающей среды на уроках физики это можно делать на разных этапах учебной деятельности: регулярные занятия, прогулки на природе и экологически значимые вечера. Основная миссия – создавать, развивать и совершенствовать экологические знания и идеи молодого поколения посредством образовательной и наставнической деятельности в классе и за его пределами.

При изучении тем, связанных с электричеством, на уроках физики:

- Природные ресурсы: устойчивое и безопасное использование нефти, газа, угля;
- Экологически чистые и доступные методы использования атомной, электрической, тепловой и механической энергии;

- Физические методы защиты окружающей среды от загрязнения;
- Особое внимание следует уделить экологическим вопросам, таким как возможность использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, геотермальной энергии и энергии биомассы) в сельскохозяйственном секторе.

Информации о содержании электричества он обучает окружающей среде и предоставляет важную информацию о сельском хозяйстве. Это также поможет молодому поколению развиваться как зрелые личности, любящие свою страну, умеющие уважать материальные и духовные ценности народа, знающие об окружающей среде, образованные и обладающие широким кругозором.

Создание производства электроэнергии из альтернативных источников Современная электростанция имеет несколько газовых турбин и несколько паровых турбин всемирно известной американской компании General Electric. Работа этих установок характеризуется производством дополнительной электрической энергии за счет использования тепла выхлопных газов газовых турбин в паровых турбинах.

Осуществимость этой технологии может быть доказана численно. Но если КПД электростанции малой последовательности равен среднему фиксированному проценту, то КПД комбинированной последовательности может быть увеличен в полтора раза.

Заключение. Внедрение этой современной технологии в сельское хозяйство создало условия для организации безотходного производства и значительного снижения количества вредных отходов, выбрасываемых в окружающую среду. Это также позволило сэкономить природный газ, используемый для производства электроэнергии.

На этой мощной сельскохозяйственной электростанции компьютеризирован процесс производства электроэнергии из альтернативных источников. Это обеспечивает эффективный контроль всех операций из центра управления. Ввод в эксплуатацию сельскохозяйственной электростанции позволил увеличить объемы электроэнергии, подаваемой населению, еще на миллион киловатт-часов. Созданы новые современные рабочие места в сельском хозяйстве. Опыт наших специалистов обогащается.

Список источников

1. Бердымухамедов Г. Электроэнергетическая мощь Туркменистана. Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2022.

© Махемов Ю.Д., Балтаева С.А., 2024

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЕГАЗАЦИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Махмуд Мохаммед Али Сами¹, Родионов Юрий Викторович²

¹Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия, mr.mohammedali1993@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2771-843X>

²Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия, rodionow.u.w@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9601-9555>

Аннотация. В современном сельскохозяйственном машиностроении эффективная дегазация пищевых продуктов имеет важнейшее значение для поддержания качества и продления срока годности. В данной статье рассматривается внедрение инновационного жидкостнокольцевого вакуумного насоса, разработанного для улучшения процесса дегазации в агропромышленном комплексе. В отличие от традиционных вакуумных насосов, жидкостнокольцевой вакуумный насос использует жидкостное уплотнение, обычно водяное, для создания мягкого, но мощного вакуума, что делает его идеальным для обработки насыщенных влагой и деликатных сельскохозяйственных продуктов. Эффективно удаляя воздух и газы, эта технология помогает предотвратить окисление, рост микробов и другие формы разложения, тем самым повышая качество и безопасность продукции. В статье также была предложена интеграция тепловых аккумуляторов с теплоаккумулирующими материалами для снижения тепловых эффектов, улучшения производительности вакуумного насоса и повышения энергоэффективности процесса дегазации. Полученные результаты свидетельствуют о том, что внедрение этого нового вакуумного насоса и тепловых аккумуляторов может значительно повысить эффективность и экологичность процессов переработки пищевых продуктов в сельскохозяйственном секторе.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, энергоэффективный, дегазация, агропромышленный комплекс.

Для цитирования: Махмуд Мохаммед Али Сами. Особенности использования жидкостнокольцевых вакуумных насосов для энергоэффективных процессов дегазации в агропромышленных комплексах/ Махмуд Мохаммед Али Сами, Ю.В. Родионов//Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XV Национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

CHARACTERISTICS OF THE USE OF LIQUID RING VACUUM PUMPS FOR ENERGY-EFFICIENT DEGASSING PROCESSES IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEXES

Mahmood Mohammed Ali Sami¹, Rodionov Yuriy Viktorovich²

¹Tambov State Technical University, Tambov, Russia,
Mr.mohammedali1993@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2771-843X>

²Tambov State Technical University, Tambov, Russia, rodionow.u.w@rambler.ru.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9601-9555>

Annotation. In modern agricultural engineering, the efficient de-gassing of food products is crucial for maintaining quality and extending shelf life. This article explores the implementation of an innovative liquid ring vacuum pump designed to enhance the degassing process in agro-industrial complex. Unlike traditional vacuum pumps, the liquid ring vacuum pump utilizes a liquid seal, typically water, to create a gentle yet powerful vacuum, making it ideal for handling moisture-laden and delicate agricultural products. By effectively removing air and gasses, this technology helps prevent oxidation, microbial growth, and other forms of degradation, thereby improving product quality and safety. The article also suggested integration of the thermal accumulators with heat storage materials to reduce thermal effects, improve the performance of the vacuum pump and increase the energy efficiency of degassing process. The findings suggest that adopting this novel vacuum pump and thermal accumulators can significantly advance the efficiency and sustainability of food processing operations in the agricultural sector.

Keywords: liquid ring vacuum pump, energy efficient, degassing, agro-industrial complex.

For citation: Mahmood Mohammed Ali Sami. Features of the use of liquid ring vacuum pumps for energy-efficient degassing processes in agro-industrial complexes/ Mahmood Mohammed Ali Sami, Yu.V. Rodionov//Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Conference with international participation/ Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В современном сельском хозяйстве эффективная переработка сельскохозяйственной продукции имеет первостепенное значение для поддержания качества, продления срока годности и удовлетворения потребностей потребителей. В агропромышленных комплексах (АПК), где различные сельскохозяйственные продукты подвергаются переработке и упаковке, дегазация играет важную роль в обеспечении целостности продукта. Эффективная дегазация необходима для сохранения свежести продукта и предотвращения его порчи, например, для удаления воздуха из жидкостей или газов из твердых веществ и масел.

Традиционно для процессов дегазации в АПК использовались обычные вакуумные насосные системы. Однако технический прогресс проложил путь к созданию более эффективных и устойчивых альтернатив. Одним из таких нововведений является внедрение инновационного жидкостнокольцевого вакуумного насоса (ЖВН), который произвел революцию в процессах дегазации в сельском хозяйстве [1-4].

В отличие от традиционных вакуумных насосов, которые используют вращающиеся лопасти для создания вакуума, ЖВН работают с использованием жидкостного уплотнения, обычно водяного, для создания вакуума [3]. Эта уникальная конструкция обладает рядом преимуществ, что делает ее особенно подходящей для дегазации в АПК.

Прежде всего, ЖВН (рисунок 1) обеспечивает мягкое и мощное разрежение, что делает его идеальным для обработки деликатных сельскохозяйственных продуктов. Будь то дегазация фруктовых соков, удаление воздуха из упакованных овощей или извлечение газов из ферментационных емкостей, этот насос обеспечивает минимальную деградацию продукта при достижении оптимальных результатов дегазации.

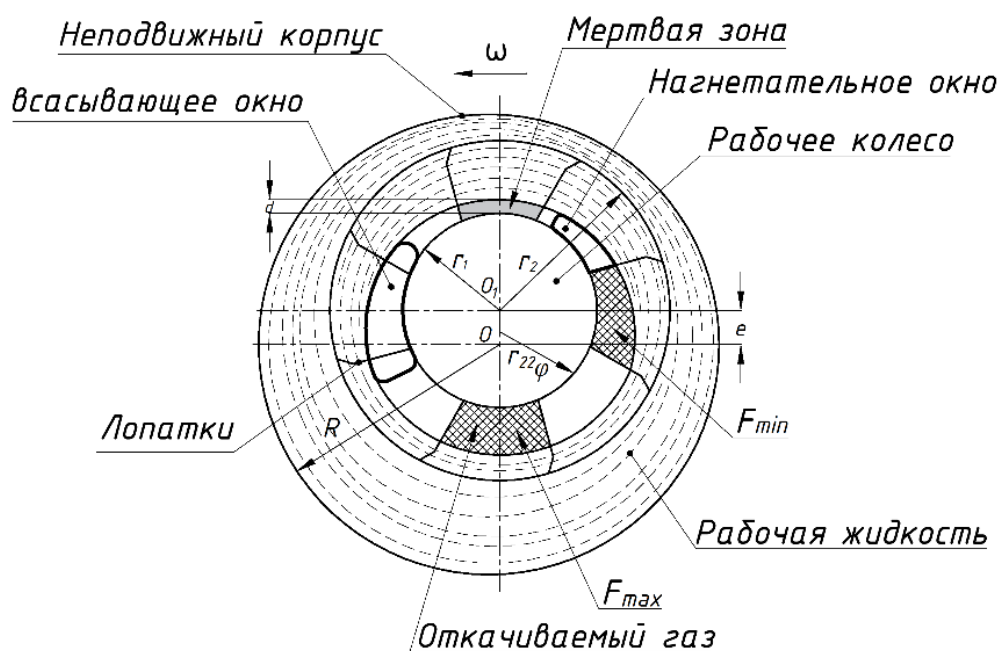


Рисунок 1 – Традиционная конструкция ЖВН [4].

Кроме того, ЖВН отлично справляется с обработкой насыщенного влагой воздуха и жидкостей, что является распространенной проблемой при переработке сельскохозяйственной продукции. Еще одним ключевым преимуществом инновационного ЖВН является его энергоэффективность [5-7]. Благодаря использованию воды в качестве уплотнительной среды и передовым конструктивным особенностям, таким как частотно-регулируемые приводы и

оптимизированная конструкция крыльчатки, эти насосы обеспечивают значительную экономию энергии по сравнению с традиционными вакуумными системами [2]. Это не только снижает эксплуатационные затраты, но и согласуется с инициативами по устойчивому развитию в сельскохозяйственной отрасли.

Помимо своей эффективности и эксплуатационных характеристик, ЖВН также способствуют повышению качества и безопасности продукции. Эффективно удаляя воздух и газы из сельскохозяйственной продукции, эти насосы помогают предотвратить окисление, рост микроорганизмов и другие формы разложения, тем самым продлевая срок хранения и повышая общее качество обработанных продуктов.

Для повышения энергоэффективности процесса дегазации в АПК с использованием ЖВН могут быть использованы тепловые аккумуляторы (ТА) на основе теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) для поглощения тепловой энергии [8]. Эта технология позволяет поглощать тепловую энергию и охлаждать всасываемый газ и рабочую жидкость ЖВН во время дегазации различных материалов, таких как дегазация растительных масел. Это накопленное тепло впоследствии может быть использовано повторно, что снижает общую потребность в энергии. На рисунке 2 представлены несколько конструкций тепловых аккумуляторов, используемых в тепловой системе.



Рисунок 2 – Различные формы тепловых аккумуляторов с использованием теплоаккумулирующих материалов [8].

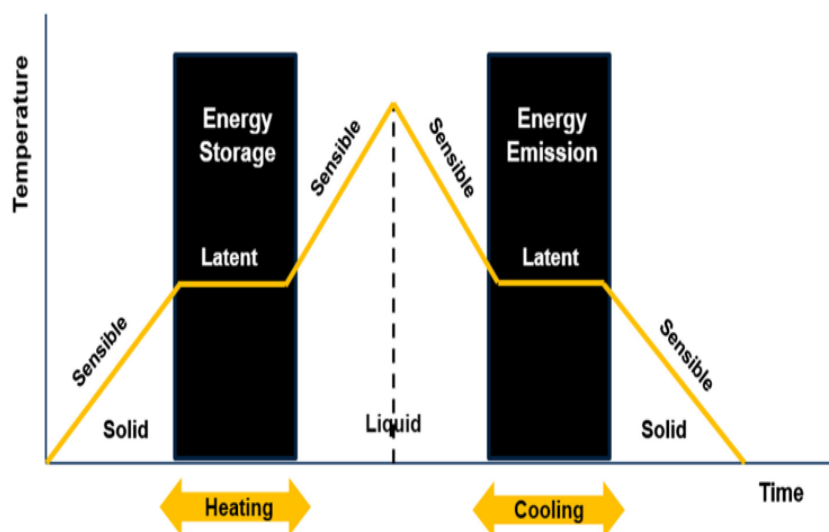


Рисунок 3 – Принцип работы теплоаккумулирующих материалов для нагрева и охлаждения [8].

В *заклучение* следует отметить, что внедрение инновационных жидкостно-кольцевых вакуумных насосов представляет собой значительный прогресс в области сельскохозяйственного машиностроения. Обладая превосходными характеристиками дегазации, энергоэффективностью и сохранностью продукта, эти насосы преобразуют методы обработки и упаковки сельскохозяйственной продукции на АПК. Поскольку сельскохозяйственная отрасль продолжает развиваться, внедрение таких инновационных технологий будет иметь важное значение для удовлетворения потребностей растущего населения планеты, обеспечивая при этом устойчивость и качество. Основными перспективными исследованиями является использование тепловых аккумуляторов в системе ЖВН для процесса дегазации в АПК.

Список источников

1. Rodionov Y.V. Novel construction of liquid ring vacuum pumps / Y.V. Rodionov, Y.T. Selivanov, D.V. Nikitin, M.V. Sychev, P.V. Kombarova // *Chemical and Petroleum Engineering*. – 2019. – Т. 55. – № 5-6. – С. 473-479.
2. Родионов Ю.В. Жидкостнокольцевые вакуумные насосы комбинированного типа для энергоэффективных технологических процессов переработки растительного сырья / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, Г.В. Рыбин, А.В. Щегольков, И.А. Елизаров, М.С. Блохин // *Наука в центральной России Science in the central Russia*. – 2023. – Т. 66. – № 6. – С. 7-16. – <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-6-7-16>.
3. A comprehensive review of liquid ring vacuum pumps and compressors for improving global efficiency and energy saving / Mohammed Ali Sami Mahmood, Rodionov Yuriy Viktorovich, Nikitin Dmitriy Vyacheslavovich, Voronin Nikolai Vladimirovich, and Dmitriy Nikolayevich Protasov // *AIUB Journal of Science and Engineering*. – 2022. – Vol. 21, № 1. – P. 26 - 36.

4. Махмуд, М.А.С. Аналитическая математическая модель определения быстроты действия жидкостнокольцевых вакуумных насосов / М.А.С. Махмуд, Ю. В. Родионов // Известия ТулГУ. Технические науки. 2024. – № 2. – С. 500-504.
5. Махмуд М.А.С. Повышение энергосбережения жидкостнокольцевых вакуум-насосов и влияние процессов тепло- и массообмена на их рабочие характеристики / Махмуд М.А.С, Родионов Ю.В. // Мир Науки Без Границ: материалы 8-й всероссийской научно практической конференции молодых учёных (с международным участием). – Тамбов. – 2021. – С. 207 – 209.
6. Махмуд М.А.С. Обзор тепло- и массообменных процессов в жидкостнокольцевых вакуум-насосах и компрессорах / Махмуд М.А.С., Родионов Ю.В., Никитин Д.В. // Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург: НИЦ МС, – 2021. – №4. – С. 12 – 14.
7. Rodionov, Yu.V. Liquid ring vane vacuum pumps. Trends in development of vacuum technology (in English) / Yu.V. Rodionov // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2006. – Т. 12. – № 3-2. – С. 779-784.
8. Application of thermal energy accumulators based on paraffin phase change materials in convective-vacuum impulsive drying units: A brief-focused overview of characteristics and thermal conductivity enhancement techniques / Mohammed Ali Sami Mahmood, Rodionov Yuriy Viktorovich, Shchegolkov Alexandr Viktorovich // Journal of Renewable Energy and Environment. – 2023. – Vol. 10, № 4. – P. 99-106.

© Махмуд Мохаммед Али Сами, Ю.В. Родионов, Родионов Ю.В. 2024

Научная статья

УДК 64.011.5

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ

Лариса Николаевна Минеева¹, Анна Игорьевна Пшенцова², Михаил Владимирович Ерюшев³, Елизавета Ивановна Пшенцова⁴

^{1,2,3,4} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ mineeval@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8235-8342>

² pshiv@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1177-4223>

³ trud@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9753-517X>

⁴ elizabet-pshen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1492-2674>

Аннотация. В данной статье рассматривается применение GSM канала для диспетчеризации котельной, то есть удаленного контроля и управления

параметрами и состояния котельной с помощью мобильной связи. Описываются принципы работы и преимущества такой системы, а также примеры конкретных решений, использующих GSM модули для мониторинга котельных различных типов и мощностей. Показывается, что GSM диспетчеризация котельной обеспечивает повышение надежности, безопасности и эффективности эксплуатации котельной, а также экономию энергоресурсов и снижение затрат на обслуживание.

Ключевые слова: диспетчеризации котельной, GSM, мониторинг котельных, снижение затрат, мобильная связь.

Для цитирования: Л.Н. Минеева Применение инновационных методов управления котельной / Л.Н. Минеева, А.И. Пшенцова, М.В. Ерюшев, Е.И. Пшенцова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальная научно-практическая конференция с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

APPLICATION OF INNOVATIVE BOILER ROOM MANAGEMENT METHODS

Larisa Nikolaevna Mineeva¹, Anna Igorevna Pshentsova², Mikhail Vladimirovich Yeryushev³, Elizaveta Ivanovna Pshentsova⁴
^{1,2,3,4} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ mineeval@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8235-8342>

² pshiv@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1177-4223>

³ trud@sgau.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9753-517X>

⁴ elizabet-pshen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1492-2674>

Annotation. This article discusses the use of the GSM channel for dispatching the boiler room, that is, remote monitoring and control of the parameters and condition of the boiler room using mobile communications. The principles of operation and advantages of such a system are described, as well as examples of specific solutions using GSM modules for monitoring boilers of various types and capacities. It is shown that GSM dispatching of the boiler room provides an increase in reliability, safety and efficiency of boiler room operation, as well as energy savings and reduced maintenance costs.

Keywords: boiler room dispatching, GSM, boiler room monitoring, cost reduction, mobile communication.

For citation: L.N. Mineeva Application of innovative methods of boiler room management / L.N. Mineeva, A.I. Pshentsova, M.V. Yeryushev, E.I. Pshentsova // Actual problems of agroindustrial energy: proceedings of the II National Scientific and

Введение. Котельная - это важный элемент инженерной инфраструктуры любого здания или сооружения, который обеспечивает отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и другие необходимые функции. Котельная состоит из одного или нескольких котлов, работающих на различных видах топлива (газ, электричество, твердое топливо и т.д.), а также из дополнительного оборудования, такого как насосы, клапаны, датчики, регуляторы, счетчики и т.д. Контроль и управление котельной требует постоянного внимания и квалифицированного персонала, который должен следить за правильной настройкой и работой всех компонентов системы, а также своевременно реагировать на возможные аварии и неисправности.

Однако, в некоторых случаях, постоянное присутствие обслуживающего персонала на котельной может быть затруднительно или невыгодно по разным причинам, например, из-за удаленности объекта, низкой загрузки котельной, высокой стоимости труда и т.д. В таких ситуациях, целесообразно использовать систему диспетчеризации котельной по GSM каналу, которая позволяет удаленно контролировать и управлять параметрами и состоянием котельной с помощью мобильной связи.

Материалы и методы. Система диспетчеризации котельной по GSM каналу основана на использовании специального GSM модуля, который устанавливается в котельной и подключается к необходимым датчикам и исполнительным механизмам. GSM модуль обеспечивает двустороннюю связь между котельной и ответственными лицами (владельцем, диспетчером, сервисной службой и т.д.) с помощью SMS сообщений или коротких звонков. С помощью GSM модуля можно осуществлять следующие функции:

- Мониторинг параметров котельной, таких как температура, давление, уровень топлива, наличие электропитания и т.д. GSM модуль периодически или по запросу отправляет SMS сообщения с актуальными данными о состоянии котельной.

- Оповещение об авариях и неисправностях. GSM модуль анализирует сигналы от датчиков и исполнительных механизмов и в случае выявления проблемы отправляет SMS сообщение с кодом и описанием ошибки. Также GSM модуль может генерировать SMS сообщение в случае устранения аварии или нормализации ситуации.

- Защита от ложных срабатываний. GSM модуль проверяет достоверность полученных сигналов от датчиков и исполнительных механизмов и предотвращает отправку ложных тревожных сообщений.

- Предупреждение о расходе топлива котла. GSM модуль контролирует уровень топлива в котле и отправляет SMS сообщение, когда топлива остается меньше заданного порога. Таким образом, можно своевременно заказать доставку топлива и избежать остановки котла.

- Контроль электропитания. GSM модуль контролирует наличие и качество электропитания котельной и отправляет SMS сообщение в случае отключения или восстановления электроснабжения. Также GSM модуль имеет встроенный аккумулятор, который позволяет ему продолжать работать в режиме автономного питания до 24 часов.

- Контроль температуры и работы датчиков. GSM модуль контролирует температуру в котельной и в отапливаемых помещениях, а также работу датчиков температуры, давления, уровня топлива и т.д. GSM модуль отправляет SMS сообщение в случае выхода температуры или датчиков за допустимые пределы или их поломки.

- Запрос состояния котельной и температуры. GSM модуль позволяет получать информацию о текущем состоянии и параметрах котельной по запросу с помощью SMS сообщения или короткого звонка. Например, можно запросить температуру в котельной или в отапливаемом помещении, уровень топлива в котле, наличие электропитания и т.д.

- GSM диспетчеризация котельной. GSM модуль позволяет не только контролировать, но и управлять котельной с помощью SMS сообщений или коротких звонков. Например, можно включать или выключать котел, изменять температуру теплоносителя, запускать или останавливать насосы, клапаны и т.д. Также можно программировать GSM модуль для выполнения определенных действий по расписанию или по событию.

- Дистанционное управление котельной. GSM модуль позволяет не только контролировать, но и управлять котельной с помощью специального приложения для смартфона или компьютера, которое подключается к GSM модулю по интернету или по телефонному звонку. Приложение показывает текущие параметры и состояние котельной, а также позволяет изменять настройки и давать команды котельной. Также приложение может получать уведомления об авариях и неисправностях, а также о расходе топлива и балансе SIM карты.

Результаты исследования. Преимущества системы диспетчеризации котельной по GSM каналу заключаются в следующем:

- Повышение надежности и безопасности котельной. GSM диспетчеризация котельной позволяет оперативно обнаруживать и устранять аварии и неисправности, а также предотвращать их возникновение. Также GSM диспетчеризация котельной обеспечивает защиту котельной от несанкционированного доступа и взлома.

- Повышение эффективности и экономии эксплуатации котельной. GSM диспетчеризация котельной позволяет оптимизировать работу котельной в соответствии с потребностями и условиями эксплуатации, а также экономить топливо и электроэнергию. Также GSM диспетчеризация котельной позволяет снизить затраты на обслуживание и ремонт котельной, а также на оплату мобильной связи.

- GSM диспетчеризация котельной позволяет управлять котельной с любого места и в любое время с помощью мобильного телефона или компьютера. Также GSM диспетчеризация котельной позволяет получать актуальную информацию о состоянии и параметрах котельной, а также о расходе топлива и балансе SIM карты.

Заключение. Таким образом GSM диспетчеризация котельной обеспечивает повышение надежности, безопасности и эффективности эксплуатации котельной, а также экономию энергоресурсов и снижение затрат на обслуживание. Также было отмечено, что GSM диспетчеризация котельной позволяет удобно и комфортно управлять котельной с любого места и в любое время с помощью мобильного телефона или компьютера. В заключение, можно сделать вывод, что GSM диспетчеризация котельной является современным и перспективным способом диспетчеризации котельной, который имеет множество преимуществ и возможностей для пользователей.

Список источников

1. Потемкин В.В., Кузнецов В.С., Бондаренко Д.В. Опыт применения GSM технологий в распределенных системах автоматизации по учету // http://www.wws.donin.com/news/20032502/opr_teplovoz.htm
2. Зыков Д.Д., Шелупанов А.А. Примеры использования GSM в автоматизации // Научная сессия ТУСУР – 2007: Матер. докл. Всерос. научнотехнич. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 3–7 мая 2007 г. – Томск: Издво «В Спектр», 2007. – Ч. 2. – С. 100–102.
3. Хуторной С.В. Сотовые модемы фирм Fargo Telecom и DAI Telecom в автоматизированных системах управления и мониторинга // Автоматизация в промышленности. – 2004. – № 8. – С. 54–57.
4. Нестеренко П.Г., Галкин И.А. Коммуникационный контроллер «ЭлсиКОМ» // Современные средства и системы автоматизации – гарантия высокой эффективности производства. – Томск: Издво Том. унта, 2003. – С. 30–33.
5. Савельев Д.В., Филькин К.Н., Сарин К.С., Зыков Д.Д. Надёжность проектирования программного обеспечения // Научная сессия ТУСУР – 2005: Матер. Всерос. научнотехнич. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов, Томск, 26–28 апреля 2005 г. – Томск: Издво ТУСУР, 2005. – Ч. 2. – С. 171–173.
6. GSM модуль для котлов отопления: организация управления отоплением на расстоянии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: Информация взята с: <https://sovet-ingenera.com/otoplenie/kotly/gsm-modul-dlya-kotlov-otopleniya.html>
7. Применение GSM модулей с котлами. Плюсы решения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: Информация взята с: https://alfatep.ru/article/kotly_otopleniya/primenenie_gsm_moduley_s_kotlami/

8. Система дистанционного контроля работы котельной GSM. [Электронный ресурс] – Режим доступа: Информация взята с: <https://tsm-company.ru/stati/sistema-distancionogo-kontrolja-raboty-kotelnoi-gsm.html>

© Минеева Л.Н., Пшенцова А.И., Ерюшев М.В., Пшенцова Е.И., 2024

Научная статья
УДК 621.313

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Моисеев Алексей Петрович¹, Четвериков Евгений Александрович²

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
moiseevap-distant20-21@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
mechanik200420042004@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-6155-4301>

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены перспективы применение новых технических средств и способов для контроля электробезопасности с помощью умных технологий (интернет вещей, облачные технологии, big data, искусственный интеллект (ИИ)).

Ключевые слова: Нейронные сети, электробезопасность, искусственный интеллект, электротравматизм, интернет вещей.

Для цитирования: А.П. Моисеев. Перспективы применения умных технологий для контроля электробезопасности / А.П. Моисеев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г. П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

PROSPECTS FOR THE USE OF SMART TECHNOLOGIES FOR ELECTRICAL SAFETY CONTROL

Moiseev Alexey Petrovich¹, Chetverikov Eugeny Alexandrovich²

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering. N.I. Vavilova, Saratov, Russia
moiseevap-distant20-21@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5071-5766>

Annotation. This article discusses the prospects for the use of new technical means and methods for monitoring electrical safety using smart technologies (Internet of Things, cloud technologies, big data, artificial intelligence (AI)).

Keywords: Neural networks, electrical safety, artificial intelligence, electrical injuries, the Internet of things.

For citation: A.P. Moiseev. Prospects for the use of smart technologies for electrical safety control / A.P. Moiseev // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National Scientific and Practical Conference with international participation named after G. P. Eroshenko / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. На сегодняшний день уровень электротравматизма довольно высок. Энергетические установки, электрические сети занимают большое место в производственных помещениях АПК. Отсюда риск пожароопасности, а также поражения электрического тока среди рабочего персонала увеличивается в разы. Не зная причин электротравматизма, невозможно понять, как можно решить проблему электробезопасности. Поэтому статистика электротравматизма в соответствии с видами электроустановок, рода тока и напряжением с их качественными характеристиками, данных электроустановок является первоосновой для обеспечения безопасности жизни и здоровья людей [1,2,3].

Общий анализ несчастных случаев, вызванных вследствие поражения током показал, что 40–45% травм относятся к нарушению правил устройства электроустановок, 25–30% случаев происходят из-за нарушения правил безопасности при организации рабочего места, 30–35% травм связаны с плохим ремонтом оборудования, наличие напряжения на токоведущих частях.

Чтобы уменьшить случаи травматизма, вызванные поражением тока, среди рабочего персонала, следует:

- организовывать должный уровень профессиональной подготовки рабочих;
- проводить обучение персонала безопасным приемам и методам реализации работ;
- осуществлять контроль за состоянием электрооборудования и систем электроснабжения в установленные сроки;
- следить за психофизиологическим состоянием работников.

В предыдущих работах отсутствуют конкретно предлагаемые меры по снижению пожаро и травмобезопасности, предлагаемые методики сложны и объемны, недостаточно предложено и рассмотрено применение новых технических средств, а самым основным недостатком - это отсутствие применения в этом направлении умных технологий (интернет вещей, облачные технологии, big data, искусственный интеллект (ИИ) и т.д.) [1].

Поэтому возникает необходимость актуализировать данную тему для исключения приведенных недочётов. И более подробно остановиться, например, на роли нейронных сетей для увеличения электробезопасности.

Материалы и методы. Для гарантии безопасности персонала и материальных ценностей следует внедрять комплексный подход, который будет учитывать все факторы и условия, из-за которых возникают электротравмы и пожары, и необходимо совместно рассматривать как плюсы так и минусы применения умных технологий.

Искусственный интеллект может использоваться для анализа и интерпретации данных из различных электрических систем, выявления потенциальных рисков или опасностей, а также обеспечения мониторинга в реальном времени и профилактического обслуживания. Кроме того, ИИ может помочь в автоматизации протоколов безопасности, оптимизации конструкции электрических систем и повышении общих показателей безопасности за счет принятия решений на основе данных. Научные аспекты включают разработку алгоритмов, моделей машинного обучения и статистических методов для обеспечения точного и надежного анализа данных, связанных с электробезопасностью [1,2,3].

Нейронные сети могут играть важную роль в электробезопасности, помогая обнаруживать и предотвращать опасные ситуации. Их можно использовать для решения различных задач, таких как [1,2,3]:

1. Обнаружение неисправностей. Нейронные сети можно обучить выявлять электрические неисправности или аномалии в оборудовании или энергосистемах. Анализируя закономерности и данные датчиков, они могут быстро обнаружить отклонения и принять меры безопасности.

2. Прогнозное обслуживание. Нейронные сети могут прогнозировать вероятность отказа или поломки оборудования на основе исторических данных. Это обеспечивает упреждающее техническое обслуживание, снижает риск несчастных случаев и обеспечивает безопасную эксплуатацию.

3. Прогнозирование нагрузки. Анализируя исторические модели использования и внешние факторы, нейронные сети могут прогнозировать будущие потребности в электроэнергии. Точное прогнозирование нагрузки помогает коммунальным предприятиям более эффективно управлять электроснабжением, сводя к минимуму риски перегрузки и повышая безопасность.

4. Мониторинг в реальном времени. Нейронные сети могут непрерывно контролировать электрические системы и в режиме реального времени выдавать оповещения или предупреждения в случае потенциальных угроз безопасности, таких как короткие замыкания, колебания напряжения или чрезмерные потоки тока.

5. Обнаружение пожара. Нейронные сети могут анализировать данные датчиков или камер, чтобы обнаружить признаки возгорания или перегрева в электрических системах. Раннее обнаружение обеспечивает быстрое реагирование и помогает предотвратить крупномасштабные пожары и ущерб.

6. Безопасность человека. Нейронные сети можно использовать для повышения безопасности работников в электрических средах. Они могут выявлять и предупреждать о небезопасном поведении, например, неправильном обращении с проводами под напряжением или использовании неисправного оборудования.

Однако при рассмотрении вопроса электробезопасности необходимо учитывать и недостатки ИИ [1,2,3], а именно:

а) Отсутствие человеческого суждения. Системы искусственного интеллекта могут не обладать таким же уровнем суждения и интуиции, как люди, когда дело доходит до оценки рисков электробезопасности, что потенциально может привести к принятию неправильных или недостаточных мер.

б). Ограниченная адаптивность. Системы искусственного интеллекта обучаются на конкретных наборах данных и могут с трудом адаптироваться к новым или уникальным ситуациям электробезопасности, что делает их менее эффективными в борьбе с непредвиденными опасностями.

в). Уязвимость для злонамеренных атак. Системы искусственного интеллекта могут быть уязвимы для взлома или манипуляций, что делает их уязвимыми для преднамеренного использования в злонамеренных целях, например, для нарушения мер электробезопасности.

г). Сложность и отсутствие прозрачности. Некоторые алгоритмы ИИ очень сложны, что затрудняет понимание и интерпретацию процессов принятия решений. Отсутствие прозрачности может создать трудности при выявлении потенциальных недостатков или отклонений в их результатах, связанных с электробезопасностью.

д). Чрезмерная зависимость от искусственного интеллекта. Слишком сильная зависимость от систем искусственного интеллекта в вопросах электробезопасности может снизить участие и бдительность человека, что потенциально может привести к самоуспокоенности или пренебрежению необходимыми мерами безопасности.

Важно отметить, что, хотя эти недостатки существуют, ИИ также может значительно улучшить электробезопасность за счет автоматизации, профилактического обслуживания и передовых систем мониторинга, если они надлежащим образом разработаны, внедрены и контролируются [1,2].

Заключение. Таким образом, инновации, такие как визуализация, системы блокировки и умные технологии, позволяют решить существенную часть трудновыполнимых задач по обеспечению электробезопасности.

Список источников

1. Лой, Е. С. Использование технологии искусственного интеллекта в области электробезопасности / Е. С. Лой // Роль науки и образования в модернизации и реформировании современного общества: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Самара, 30 июня 2023 года. – Стерлитамак: ООО "Агентство международных исследований", 2023. – С. 148-

150.

2. Зайцева, Н. М. Автоматизация определения уровня электробезопасности электротехнических комплексов с использованием нечеткой логики / Н. М. Зайцева // Вестник Инновационного Евразийского университета. – 2019. – № 3(75). – С. 80-86.

3. Современные методы мониторинга параметров электробезопасности электроустановок / М. В. Рябчицкий, И. В. Королев, А. О. Кулешова [и др.] // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2024. – № 1. – С. 56-62. – DOI 10.24160/1993-6982-2024-1-56-62.

© Моисеев А.П., Четвериков Е.А. 2024

Научная статья
УДК 542.4

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ООО «САРАТОВ-ХОЛОД ПЛЮС» Г. ХВАЛЫНСК САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ С РАЗРАБОТКОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Игорь Юрьевич Мочалкин¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Россия

¹igor.mochalkin80@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается вопрос применения резервного дизельного источника теплоснабжения.

Ключевые слова: дизельное топливо, схема подачи резервного топлива, котельная.

Для цитирования: Мочалкин И.Ю. Определение эффективности применения резервного дизельного топлива, как источника теплоснабжения / С.М. Бакиров, А.И. Шематурин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

Scientific article

DEVELOPMENT OF THE HEAT SUPPLY SYSTEM OF SARATOV-KHOLOD PLUS LLC, KHVALYNSK, SARATOV REGION, WITH THE DEVELOPMENT OF A BOILER HOUSE

Igor Yurievich Mochalkin¹

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia

¹igor.mochalkin80@mail.ru

Annotation. The paper considers the issue of using a backup diesel heat supply source.

Keywords: diesel fuel, reserve fuel supply circuit, boiler room.

For quoting: Mochalkin I.Yu. Determining the effectiveness of using reserve diesel fuel as a source of heat supply / S.M. Bakirov, A.I. Shematurin // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Проектирование новых котельных должно осуществляться в соответствии с разработанными и согласованными в установленном порядке схемами теплоснабжения, или с обоснованиями инвестиций в строительство, принятыми в схемах и проектах районной планировки, генеральных планов городов, поселков и сельских поселений, проектов планировки жилых, промышленных и других функциональных зон или отдельных объектов.[1]

Расчетная тепловая мощность котельной определяется как сумма максимальных часовых расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование, средних часовых расходов тепловой энергии на горячее водоснабжение и расходов тепловой энергии на технологические цели. При определении расчетной тепловой мощности котельной должны учитываться также расходы тепловой энергии на собственные нужды котельной, потери в котельной и в тепловых сетях с учетом энергетической эффективности системы.

Расчетные часовые расходы тепловой энергии на отопление, вентиляцию, кондиционирование и горячее водоснабжение должны приниматься по заданию на проектирование, при отсутствии таких данных - определяться по СП 74.13330.

Материалы и методы. Число и производительность котлов, установленных в котельной, следует выбирать, обеспечивая:

-расчетную производительность;

-стабильную работу котлов при минимально допустимой нагрузке в теплый период года.

При выходе из строя наибольшего по производительности котла в котельных первой категории оставшиеся котлы должны обеспечивать отпуск тепловой энергии потребителям первой категории:

-на отопление, на вентиляцию и горячее водоснабжение - в количестве, определяемом режимом наиболее холодного месяца. [1]

При выходе из строя одного котла независимо от категории котельной количество тепловой энергии, отпускаемой потребителям второй категории, должно обеспечиваться в соответствии с требованиями СП 74.13330.

Число котлов, устанавливаемых в котельных, и их производительность, следует определять на основании технико-экономических расчетов.

Открытая установка оборудования в различных климатических зонах возможна, если это допускается инструкциями заводов-изготовителей и отвечает по шумовым характеристикам требованиям в СП 51.13330 и [15].

Компоновка и размещение технологического оборудования котельной должны обеспечивать:

- условия для механизации ремонтных работ;
- возможность использования при ремонтных работах напольных подъемно-транспортных механизмов и устройств.

Для ремонта узлов оборудования и трубопроводов массой более 50 кг следует предусматривать, как правило, инвентарные грузоподъемные устройства. При невозможности использования инвентарных грузоподъемных устройств следует предусматривать стационарные грузоподъемные устройства (тали, тельферы, подвесные и мостовые краны).

В котельных по заданию на проектирование следует предусматривать ремонтные участки или помещения для проведения ремонтных работ. При этом следует учитывать возможность выполнения работ по ремонту указанного оборудования соответствующими службами промышленных предприятий или специализированными организациями. [2]

Принятые в проекте основные технические решения должны обеспечивать:

- надежность и безопасность работы оборудования;
- максимальную энергетическую эффективность котельной;
- экономически обоснованные затраты на строительство, эксплуатацию и ремонт;
- требования охраны труда;
- требуемые санитарно-бытовые условия для эксплуатационного и ремонтного персонала;
- требования охраны окружающей среды.

Тепловую изоляцию оборудования котельных, трубопроводов, арматуры, газоходов, воздухопроводов следует предусматривать с учетом требований СП 60.13330 и СП 61.13330.

Компоновка генерального плана котельной должна решаться с учетом подходов железных и автомобильных дорог, выводов инженерных коммуникаций и наиболее рациональных технологических связей в увязке с генеральной схемой развития района (квартала, узла) и с учетом архитектурных требований.

Порядок согласования размещения котельной и ее сооружений, которые могут угрожать безопасности полетов воздушных судов или создавать помехи для нормальной работы радиотехнических средств аэродромных служб, а также размеры земельных участков следует принимать в соответствии с требованиями, приведенными в СП 43.13330.

Территория котельной должна иметь ограждения за исключением случаев размещения ее на территории промышленного предприятия.

Расстояния от зданий и сооружений до отдельно стоящей котельной, а также от оборудования, расположенного на открытых площадках, до жилых и

общественных зданий необходимо определять согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031.[3]

Ограждающие и конструктивные материалы для котельных, подлежащие обязательной сертификации, должны иметь техническое свидетельство, санитарно-гигиенический и пожарный сертификат соответствия требованиям российских норм и стандартов.

Высоту встроенных антресолей или площадок под оборудование следует принимать по технологическим требованиям и назначать их кратными 0,3 м. Место установки котлов в производственных помещениях должно быть отделено от остальной части помещения несгораемыми перегородками по всей высоте котла, но не ниже 2 м, с устройством дверей.

В здании котельной следует предусматривать бытовые и служебные помещения.

В здании котельной не допускается размещать бытовые и служебные помещения, не предназначенные для персонала котельной, а также мастерские, не предназначенные для ремонта котельного оборудования.

Отметку чистого пола котельного зала следует принимать на 0,15 м выше планировочной отметки земли у здания котельной. Размещение приямков в зоне расположения котла не допускается. Разрешается устраивать приямки под котлами, если такая необходимость вызвана условиями обслуживания котла. В этом случае должна быть предусмотрена вентиляция приямка.

Конструкции каналов и полов должны быть рассчитаны на нагрузки от перемещения оборудования от монтажных проемов до места его установки и должны обеспечивать возможность проезда грузоподъемных механизмов.

Расстояние от площадок или верхней части обмуровки котла, с которых производится обслуживание арматуры, гарнитуры, контрольно-измерительных приборов, до низа выступающих конструкций перекрытия (покрытия) котельной должно быть не менее 2 м.

Расстояние от пола до низа площадок обслуживания и коммуникаций в местах проходов под ними должно быть не менее 2 м.

Если котел не обслуживается в верхней части обмуровки и нет необходимости перехода по верху котла, через барабан, сухопарник или экономайзер, то расстояние от верхней части обмуровки до низа выступающих конструкций перекрытия (покрытия) должно быть не менее 0,7 м.

Категория зданий и помещений котельных по взрывопожарной и пожарной опасности устанавливаются в соответствии с СП 12.13130.

Наружные ограждающие конструкции наземной части зданий и помещений систем топливоподачи следует проектировать, исходя из того, что площадь легкобрасываемых конструкций должна быть не менее $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 объема помещения.[4]

При использовании жидкого и газообразного топлива в помещении котельной следует предусматривать легкобрасываемые ограждающие конструкции из расчета $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 свободного объема помещения, в котором находятся котлы, топливоподающее оборудование и трубопроводы.

В качестве легкобрасываемых конструкций следует, как правило, использовать остекление окон и фонарей. Применение для заполнения окон армированного стекла, стеклоблоков и стеклопрофилита не допускается.

При устройстве остекления, предусматриваемого в качестве легкобрасываемых конструкций, площадь и толщина отдельных листов стекла (в оконном переплете) должна удовлетворять требованиям, приведенным в СП 56.13330.

В помещениях топливоподачи оконные переплеты должны быть металлическими.

При невозможности обеспечения требуемой площади остекления допускается в качестве легкобрасываемых конструкций использовать ограждающие конструкции, как правило, верхнее перекрытие из стальных, алюминиевых и асбестоцементных листов и эффективного утеплителя или предусматривать взрывные каналы, соединенные с наружным выбросом.

Предел огнестойкости ограждающих конструкций помещений, в которых располагается электрооборудование с количеством масла в единице оборудования 60 кг и более, должен быть не менее REI 45.

Полы в электротехнических помещениях должны быть непылящими.

В соответствии с п. 4.1.1. Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок, утвержденных приказом Минэнерго России от 24 марта 2003 г. № 115, эксплуатация оборудования топливного хозяйства должна обеспечивать своевременную, бесперебойную подготовку и подачу топлива в котельную. Должен обеспечиваться запас основного и резервного топлива в соответствии с нормативами.

Также на основании СП 89.13330.2016 п.4.8, котельная, является единственным источником тепловой энергии системы теплоснабжения и поскольку климат зимой климат суровый (температура опускается ниже -30°C), то предусматриваем один резервный котел, работающий на резервном топливе - дизеле с параметрами приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры дизельного топлива

Характеристика	Марка (А)
1.Цетановое число, не менее	45
2. Фракционный состав	
50% перегоняется при температуре, °С, не выше	255
95% (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	360
3. Кинематическая вязкость при 20°С, мм ² /с (сСт)	1,5-4,0
4. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже:	
для дизелей общего назначения	30
5. Массовая доля серы, мг/кг, не более	500-2000
6. Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01
7. Массовая доля сероводорода	Отсутствие
8. Испытание на медной пластинке	Выдерживает. Класс 1
9. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие
10. Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива, не более	5

11. Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6
12. Зольность, %, не более	0,01
13. Коксуемость, 10%-ного остатка, %, не более	0,2
14. Общее загрязнение, мг/кг, не более	24
15. Содержание воды, мг/кг, не более	200
16. Плотность при 15 °С, кг/м ³ , не более	863,4
17. Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-45

Поскольку температура кристаллизации составляет -32 °С[3], то прокладку резервного топливопровода до резервуара с топливом осуществляем в тепловой изоляции и под отдельной линией теплоснабжения, ведущей к резервуару, которая не даст замерзнуть трубопроводам резервным топливом. Температура топлива в резервуаре поддерживается на уровне 10 °С. Резервуар расположен на открытом воздухе и обмотан тепловой изоляцией.

При разработке источника теплоснабжения будут использоваться трехходовые газодизельные котлы Valdex. Данный выбор обоснован тем, что доставка и стоимость оборудования сравнительно ниже чем у конкурентов. Этот тип оборудования предназначен для эксплуатации в суровых климатических условиях.

Котел выполнен в блочном исполнении. Корпус котла состоит из наружной обечайки, камеры поворота газов, трубных решёток, гладкой жаровой трубы, дымогарных труб разных диаметров. Жаровая труба имеет эксцентричное расположение, смещенное вниз относительно наружной обечайки. На корпусе котла расположены патрубки для подвода и отвода воды, и два штуцера под предохранительные клапана и патрубков осмотра поверхностей нагрева. Фронтальные дверцы котла обеспечивают удобный доступ к дымогарным трубам при техническом обслуживании и чистке котла. Также с тыла котла расположены две двери, продувочно-дренажный патрубок, штуцер для слива конденсата с газохода и патрубков для осмотра и очистки поверхностей нагрева. На рисунке 1 показан предполагаемый котел марки Valdex для установки в проектируемом источнике теплоснабжения. [4]



Рисунок 1 – Котел серии Valdex

Преимущества по сравнению с другими марками котлов
 - Удобное обслуживание;

- Конструкция котла с низким уровнем тепловых напряжений;
- Дешевле аналогов.
- Нижнее расположение топки способствует меньшему скоплению шлама, а отсутствие в нижней части дымогарных труб и наличие специальных лючков, открывающих доступ к этой области, значительно упрощает обслуживание и чистку котла;
- Котел подходит для использования любых горелочных систем, поддерживает двухступенчатый и моделируемый режим работы.
- Поставка котлов с горелкой и шкафом автоматики позволяет осуществить экономически правильный подбор оборудования. [5]
- Трехходовая конструкция котла способствует уменьшению выбросов оксидов азота.
- В котле предусмотрена защита от недостатка воды — специальная система ограничения уровня недостатка воды в котле;
- Дымогарные трубы изготавливаются только из бесшовной котловой трубы, а топка и трубные решетки из жаростойкой стали;
- При изготовлении поворотной камеры применяются облегченные обмуровочные материалы;
- С тыла котла установлен газоход, в котором имеются лючки для очистки от отходов продуктов сгорания;
- Наружная обшивка котла выполняется из алюмокомпозитных панелей. Это современный фасадный материал, который сочетает в себе прочность, легкость и технологичность. Он не ржавеет при хранении и эксплуатации и придает ему приятный внешний вид;
- Гальванизированная фурнитура котла, благодаря которой котел не будет иметь ржавчину от воздействия внешних факторов.
- Также на надежность, безопасность и экономичность отопительного котла существенно влияет содержание в воде солей жесткости, железа и сульфатов.

Недостатки

Данный тип котлов требует качественной водоподготовки. При нагреве жесткой воды выше 40 градусов, в ней происходит карбонатное отложение солей жесткости. Отложение накипи толщиной 2-3 мм могут привести к поломке нагревательных элементов. [6]

К котлам, работающим на газовом топливе идут горелки в комплекте с системами КИП и автоматики. Для основных котлов выбираем блочную модульную горелку с электронным управлением марки UNIGAS CINQUECENTO KR525 MP.MD.S.RU.A.1.65.ES. На рисунке 2 показан общий вид данного типа горелок.



Рисунок 2 – Общий вид горелки UNIGAS

Эти горелки, выпускаемые в моноблочном исполнении из алюминиевого литья, предназначены в первую очередь для промышленного использования, но могут быть использованы в крупных котельных. Возможность использования двух разных видов топлива независимо друг от друга, вместе с практичностью при эксплуатации и обслуживании, несмотря на значительные размеры, выносят эту горелку в разряд уникальной. В нашем случае данный тип горелок на 2 котлах будут работать на газовом топливе, на резервном котле на дизельном топливе. На горелке имеется модуль для регулирования процессов горения. С помощью модуля можно оптимизировать процессы горения, как относительно процесса горения, так и с помощью использования электронных систем с контролем O_2 , так и относительно подачи топлива, с использованием, как традиционного, встроенного электрошита, так и настенного или отдельно стоящего.[5]

Выбор технологии очистки зависит от химического состава воды и цели ее использования. Водонагревательное оборудование надежно защищают от накипи магнитные активаторы. Для того чтобы предотвратить образование нерастворимых осадков, таких как соли кальция, необходима водоподготовка для котельного оборудования.

Процесс системы водоподготовки для котлов заключается в том, что перед подачей воды в котельную производится предварительная химическая очистка воды. Химически обработанная вода в котельных установках используется для питания водогрейных котлов, подпитки тепловых сетей с открытой и закрытой системами теплоснабжения и технологических нужд предприятия.

Несомненно, качественная химводоочистка в котельной является гарантом долговечного срока службы и экономичного функционирования любых трубопроводов и котлов. Чтобы избежать образования накипи в котельном оборудовании, необходимо использовать воду определенной жесткости или подвергать ее умягчению и дегазации. Дегазация воды в котельных производится путем вакуумдеаэрации.

Деаэратор предназначен для удаления кислорода и углекислых газов. Устанавливается перед насосами, которые подают воду в котлы. Кислород

является основной причиной коррозии трубопроводов, причем его агрессивность увеличивается с повышением температуры.

Системы водоочистки и водоподготовки в котельной должны проводиться согласно физическому и химическому составу воды. А способы водоочистки должны проходить поэтапно, в зависимости, от содержания загрязнителя.

Также методом сравнения ценовых характеристик, сроков и способов поставки оборудования будет выбрано все необходимое оборудование.

Соответственно, после расчета тепловой схемы рассмотрим подбор реального оборудования применяемого в котельной. [1]

Результаты исследования. В этой работе применяется следующая разработка: Переоборудование котельного агрегата для работы на резервном виде топлива, при выходе из строя одного из основных котлов, и использовании его при нехватке тепловой энергии в качестве основной единицы.

Необходимость резервного топлива для котельной обусловлена объективной необходимостью обеспечить бесперебойную работу котельной в случае отключения либо не поставки основного топлива. Во исполнение этой задачи на котельной создается не снижаемый запас резервного (аварийного) топлива в соответствии с регламентирующими документами. [2]

Документами, регламентирующими необходимость резервного топлива для котельных являются:

1.Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок, утвержденные Приказом Минэнерго Российской Федерации от 24 марта 2003 г. № 115, (п. 4.1.1);

2.Правила пользования газом и предоставления услуг по газоснабжению в Российской Федерации, утверждены Постановлением Правительства России от 17 мая 2002 г. № 137, (п.49);

3.СП 89.13330.2016 «Котельные установки», утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 281, (п.4.5).

Применение дизельного топлива для котельной сейчас является одним из самых распространенных видов резервного топлива. Дизельный котел эксплуатируется в качестве временного источника теплоснабжения и постоянного в том случае, если отсутствует основное топливо. В связи невозможностью доставки железнодорожным транспортом мазутного топлива и относительной удаленностью от населенных пунктов, было принято решение о модернизации одного из котлов на работу на дизельном топливе, поскольку наземная доставка экономически целесообразна для данного региона и альтернативные варианты отсутствуют.

Топливо хранится в наземном отопляемом резервуаре и постоянно находится в жидком состоянии, поскольку климат в зимнее время суров.

Благодаря тому, что на одном из котлов установлена комбинированная горелка для сжигания газового и жидкого топлива, то на случай перебоев с дизельным топливом допустимо сжигание и других видов (мазут, СУГ) на случай возникновения перебоев с поставками основного вида топлива. На рисунке 3 показана схема модернизации котла для применения резервного вида топлива.

В качестве резервного топлива принимаем дизельное топливо с теплотой сгорания $42 \text{ МДж/кг} = 10031,53 \text{ ккал/кг}$; $Q_{\text{НОМ}} = 8 \text{ МВт} = 6,88 \text{ Гкал/ч}$. [2]

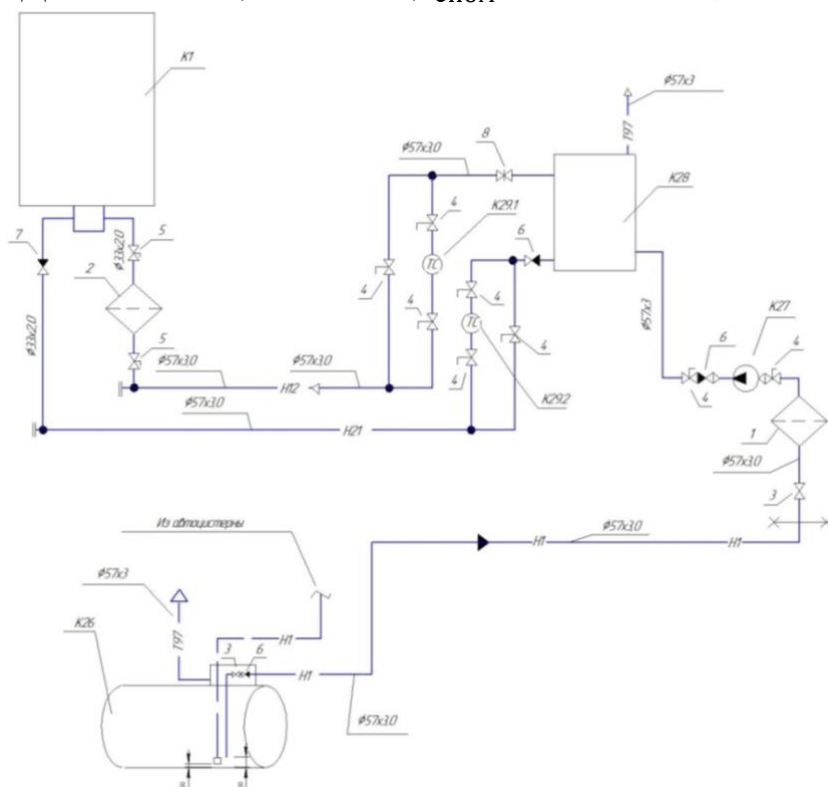


Рисунок 3 – Схема подачи резервного топлива:

K1- котел резервный, K28 – Вспомогательный резервуар с топливом, K-27-Насос перекачки топлива, K-26 Основной резервуар, K29.1....K29.2 –Топливные счетчики, 1-8-Запорная арматура

Коэффициент нагрузки:

$$K = \tau_{\text{от}}/8766, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{от}}$ - отопительный период [3], ч/год..

Расход топлива $V_{\text{уст}}$ (кг/ч) в режиме номинальной (установленной) тепловой мощности определяется по формуле, кг/ч:

$$V_{\text{уст}} = (Q_{\text{НОМ}}/Q_{\text{Н}}^{\text{P}} \cdot \eta) \cdot 10^6, \quad (2)$$

где η - КПД котельной установки, в долях;

$Q_{\text{НОМ}}$ принимаем в Гкал/ч;

$Q_{\text{Н}}^{\text{P}}$ принимаем в ккал/кг.

Расход топлива за рассматриваемый период определяется по действующим нормам расхода на выработку теплоты или по формуле [3], кг/ч:

$$V = K \cdot V_{\text{уст}}. \quad (3)$$

Для встроенных и пристроенных автономных котельных на жидком топливе следует предусматривать склад топлива, расположенный вне помещения котельной и отапливаемых зданий, вместимостью, рассчитанной по суточному расходу топлива, исходя из условий хранения, не менее чем для жидкого топлива - 5 суток. Количество резервуаров жидкого топлива при этом не нормируется.[29]

Допускается предусматривать установку резервуаров для топлива в помещениях, пристроенных к зданиям котельных. При этом общая емкость топливных резервуаров должна быть не более 50 м³ - для легкого нефтяного топлива.[2]

Емкость топливозохранилища принимается в зависимости от назначения и способа доставки топлива. Принимая во внимание то, что дизельное является резервным видом топлива для данной котельной и доставка его осуществляется по автомобильным транспортом, емкость хранилища рассчитываем на 5-суточный расход по формуле [29], м³:

$$V_{\text{рез}} = \frac{G_{\text{ч}}}{\rho_{\text{д}}} \cdot n_{\text{к}} \cdot 24 \cdot 5, \quad (4)$$

где $G_{\text{ч}}$ – часовой расход топлива, кг/ч;

$\rho_{\text{д}}$ – плотность топлива [29], кг/м³;

$n_{\text{к}}$ – количество котлов.

Заключение. Аналитические исследования, выполненные в этом направлении позволяют обосновать перспективность предлагаемых решений и получения эффективности за счет комбинирования способов подачи топлива. В данном случае рассмотрено обоснованное использование резервного источника топливоснабжения.

Список источников

1. Борщов, Д. Я. Эксплуатация отопительной котельной на газообразном топливе [Текст]: / Д. Я. Борщов. - М.: Стройиздат, 2008. - 240 с.: ил. - ISBN 5-27400130-0.
2. Пелевин, Ф.В. Перспективы развития систем теплоснабжения коммунального хозяйства [Текст]: / Ф.В. Пелевин, В.В. Козлов // Сервис в России и за рубежом. - 2013. - № 1. - С. 110 - 122.
8. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. [Текст]. - Взамен СНиП 41-01-2003; введ. 2013-01-01. – М.: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, 2013. - 67 с.
3. Беликов, С. Е. Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы. [Текст]: учебное пособие / С.Е. Беликов, В.Р. Котлер. - М.: Аква-Терм, 2016. - 212 с.
4. Варфоломеев, Ю.М. Отопление и тепловые сети [Текст]: учебник /Ю.М Варфоломеев,О.Я. Кокорин. –М.: Инфра-М, 2006. – 480с.,ISBN 5-16-002270-8.
5. Фокин, В.М. Расчет и эксплуатация теплоэнергетического оборудования котельных [Текст]: учебное пособие / В.М. Фокин. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2004. – 228 с. ISBN 598276-048-х.
6. Амерханов, Р.А. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем [Текст]: учебник / Р.А. Амерханов, Г.П. Ерошенко, Е.В. Шелиманова. – М.: Энергоатомиздат, 2008. - 448 с. - ISBN 978-5-283-03283-2

© Мочалкин И.Ю., 2024

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ НАШЕЙ СТРАНЫ

Нургелди Аразгелдиевич Нургелдиев¹, Аннаев Аширмет², Шатлык Овлягулыевич Пыгамов³

^{1,2,3}Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз, Туркменистан

¹nurgeldiyev@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-7054-5729>

²annayevtoshi@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-0099-7597>

³pygamowshatlyk@gmail.com <https://orcid.org/0009-0006-9727-8835>

Аннотация. В эпоху Возрождения новой эпохи стабильного государства Президент Туркменистана определяет наиболее актуальные и в то же время трудноразрешимые проблемы, стоящие перед всей страной и странами мира, и пути их реализации во имя мирной жизни человечества и мирного развития мира. Среди этих проблем, прежде всего, главной задачей является обеспечение энергетической безопасности в мире.

Ключевые слова: системы солнечной энергии, природных ресурсов, электроэнергии, альтернативные источники, новые технологии.

Для цитирования: Нургелдиев Н.А. Альтернативные источники энергии прикладные технологии / Н.А. Нургелдиев, А. Аннаев, Ш.О. Пыгамов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. Н.А. Нургелдиев – Дашогуз: Туркменский сельскохозяйственный институт, 2024.

Original article

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES OF OUR COUNTRY

Nurgeldi Arazgeldiyevich Nurgeldiyev¹, Ashirmat Annayev², Shatlyk Ovlyagylyyevich Pygamov³

^{1,2,3}Turkmen Agricultural Institute, Dashoguz, Turkmenistan

¹nurgeldiyev@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-7054-5729>

²annayevtoshi@gmail.com <https://orcid.org/0009-0005-0099-7597>

³pygamowshatlyk@gmail.com <https://orcid.org/0009-0006-9727-8835>

Annotation. In the era of the revival of the new era of the stable state, the President of Turkmenistan determines the most relevant and at the same time difficult solvable problems facing the entire country and countries of the world, and the ways of their implementation in the name of the peaceful life of humanity and peaceful development of the world. Among these problems, first of all, the main task is to ensure energy security in the world.

Keywords: Systems of solar energy, natural resources, electricity, alternative sources, new technologies.

For citation: Nurgeldiyev N.A. Alternative energy sources applied technologies / N.A. Nurgeldiyev, A. Annayev, G.D. Abdullayeva // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. N.A. Nurgeldiyev - Dashoguz: Turkmen Agricultural Institute, 2024.

Сегодня Туркменистан не только обладает огромными запасами «черного золота» и «голубого золота», высоким производственным и экспортным потенциалом, но и будет привлекательной страной с огромным потенциалом альтернативных источников энергии, получившей название «зеленое золото».

В своем письме участникам прошедшей в Ашхабаде международной конференции «Энергетика и альтернативные источники энергии» и «Основные направления развития энергетической отрасли Туркменистана» Уважаемый Президент отметил: «Возможности альтернативной энергетики – солнечной, ветровой, вода, геотермальное и гидротермальное тепло, биогаз» и разработка новых, экологически чистых высоких технологий, направленных на использование энергии других природных ресурсов, являются важными задачами науки. системы электропередачи до мест – пастбищ, месторождений нефти и газа, Туркменского озера «Алтын Асыр» Альтернативные источники энергии будут широко использоваться в ближайшем будущем при реализации таких крупных проектов, как Национальная туристическая зона «Аваза» на туркменском побережье. Каспийского моря в освоении окружающей пустынной зоны", – сказал он. Они создают биотоплива и создание других промышленных объектов, работающих автономно и безотходно, апробация возможностей добычи кремния из песков Каракумов. Будущее возобновляемых источников энергии в Туркменистане реализуется поэтапно. очень велик, а его годовой объем составляет 100 миллиардов тонн условного топлива. Существует полная возможность увеличить долю возобновляемых источников энергии в энергосистеме Туркменистана, поскольку внедрение научно обоснованных, экономически эффективных производств и технологий значительно. служит экономическому развитию страны [1].

Новые технологии, разработанные с учетом погодных условий Туркменистана, позволят внедрить автономные системы энергетического теплоснабжения и питьевого водоснабжения в пустынных, горных и других труднодоступных регионах на основе комплексного использования системы солнечной энергии.

Комплексное использование фотоэлектрических батарей с ветрогенераторами еще больше повысит эффективность систем альтернативного энергоснабжения. Развитие источников возобновляемой энергии играет важную роль как в решении многих экономических и экологических вопросов. Биомасса, гидроэнергия и солнечная энергия, теплые геотермальные воды и источники энергии, связанные с атмосферой могут заменить виды горючего, получаемые из полезных ископаемых, а также создать дополнительные возможности для развития ряда отраслей экономики и сельского хозяйства, уменьшить выбросы

вредных веществ в окружающую среду [2]. В производстве биогаза широко применяются органические отходы промышленности и сельского хозяйства, навоз. В последнее время в числе современных научных разработок особый интерес вызывает в качестве альтернативного источника энергии использование водородной энергетики, основанной на использовании в качестве топлива водорода. В нашей стране в научно-практических исследованиях одно из основных мест занимает получение электричества из солнечной энергии, используя термо и фотоэлектрические элементы. К преимуществам солнечной энергии можно отнести возобновляемость данного источника энергии, бесшумность, отсутствие вредных выбросов в атмосферу при переработке солнечного излучения в различные виды энергии.

Другим альтернативным источником станет тепловая энергия огромное количество которой храниться в глубинах земли. Горячие источники воды или пара могут служить альтернативными источниками для получения электричества из тепловой энергии. Наличие в нашей стране огромного потенциала солнца и ветра, в том числе 80 процентов территории, расположенной в пустынной и горной местности Туркменистана, создает возможности для использования в народ Обеспечение надёжной, безопасной и экономически выгодной работы энергетических комплексов в энергетических систем требует решение комплекса вопросов программирования, прогнозирования, мониторинга, анализа, использования инновационных технологий и методов управления [3].

Развитие возобновляемой энергетики востребовано, в первую очередь, для решения приоритетной задачи по обеспечению энергетической безопасности. В Туркменистане уделяется особое внимание вопросам энергоэффективности и энергосбережения, использования возобновляемых источников энергии. Геополитическое и геокомическое расположение Туркменистана создаёт все условия для вывода топливных богатств на мировые рынки. Наша страна находится на перекрестке высоких рубежей динамичного развития экономики с большим потенциалом. Внедрение передовых научно-технических разработок и достижений науки, новейших высоких технологий в эпоху могущества и счастья станет надёжным залогом эффективного использования альтернативных источников энергии.

Сегодня наша страна отводит особую роль вопросам энергоэффективности и энергосбережения использования возобновляемых источников энергию. При этом на первый план выдвигаются такие вопросы, как бережное отношение к экологии, к сохранению естественной природной среды, использование инновационных технологий и методов управления, новейшие разработки и технологические решения при создании энергетической производственной инфраструктуры [4].

Он поможет разработать безотходную технологию производства качественных, экологически чистых органических удобрений, важных как для энергетики, так и для сельского хозяйства, путем переработки отходов сельскохозяйственного производства в биогаз с использованием солнечной

энергии. В последние годы, помимо использования биомассы морских водорослей в сельском хозяйстве, медицине и фармацевтической промышленности, большое внимание уделяется ее использованию в топливно-энергетическом комплексе. Учитывая, что геотермальные источники горячей воды расположены практически во всех провинциях страны. В стране тепло источников горячей воды используется для производства электроэнергии и появляются возможности применения горячего водоснабжения.ном хозяйстве альтернативных источников энергии, получения энергии, тепло и водоснабжения.

Обеспечение надёжной, безопасной и экономически выгодной работы энергетических комплексов в энергетических систем требует решение комплекса вопросов программирования, прогнозирования, мониторинга, анализа, использования инновационных технологий и методов управления. Развитие возобновляемой энергетики востребовано, в первую очередь, для решения приоритетной задачи по обеспечению энергетической безопасности. В Туркменистане уделяется особое внимание вопросам энергоэффективности и энергосбережения, использования возобновляемых источников энергии. Геополитическое и геокомическое расположение Туркменистана создаёт все условия для вывода топливных богатств на мировые рынки. Наша страна находится на перекрестке высоких рубежей динамичного развития экономики с большим потенциалом. Внедрение передовых научно-технических разработок и достижений науки, новейших высоких технологий в эпоху могущества и счастья станет надёжным залогом эффективного использования альтернативных источников энергии.

Сегодня наша страна отводит особую роль вопросам энергоэффективности и энергосбережения использования возобновляемых источников энергии. При этом на первый план выдвигаются такие вопросы, как бережное отношение к экологии, к сохранению естественной природной среды, использование инновационных технологий и методов управления, новейшие разработки и технологические решения при создании энергетической производственной инфраструктуры.

Он поможет разработать безотходную технологию производства качественных, экологически чистых органических удобрений, важных как для энергетики, так и для сельского хозяйства, путем переработки отходов сельскохозяйственного производства в биогаз с использованием солнечной энергии. В последние годы, помимо использования биомассы морских водорослей в сельском хозяйстве, медицине и фармацевтической промышленности, большое внимание уделяется ее использованию в топливно-энергетическом комплексе [3]. Учитывая, что геотермальные источники горячей воды расположены практически во всех провинциях страны. В стране тепло источников горячей воды используется для производства электроэнергии и появляются возможности применения горячего водоснабжения.

Список источников

1. В Туркменистане активно развивается отрасль возобновляемых источников энергии Orient Link: <https://www.orient.tm/ru/post/66372/v-turkmenistane-aktivno-razvivaetsya-otrasl-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii>
2. Уникальный проект «зелёной» энергетики <https://turkmenistan.gov.tm/ru/post/60378/unikalnyj-proekt-zelyonoj-energetiki>
3. М.В.Голицын, А.М.Голицын, Н.В.Пронина. «Альтернативные энергоносители» Изд. Наука, Москва, 2004 г.
4. Gevorkian P. «Альтернативные источники энергии в проектировании зданий» The McGraw-Hill Companies, 2009.
5. Международное энергетическое агентство (МЭА). «Показатели энергоэффективности: основы формирования политики» Изд. МЭА, 2014 г.

© Нургелдиев Н.А., Аннаев А., Пыгамов Ш.О., 2024

Научная статья

УДК 628.1; 636.084.75

КОМПЛЕКСНАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ПОДОГРЕВА ВОДЫ В КОРОВНИКАХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ПРИВЯЗНОМ СОДЕРЖАНИИ КОРОВ

Александр Александрович Павликов¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

Аннотация. В статье рассматривается система подогрева воды в коровниках в зимний период эксплуатации при привязном содержании коров. Описан принцип работы системы. Обозначены преимущества системы.

Ключевые слова: животноводческие комплексы, энергоэффективность, нетрадиционные источники энергии, крупный рогатый скот, электрическая энергия.

Для цитирования: Павликов А.А. Комплексная энергоэффективная система подогрева воды в коровниках в зимний период эксплуатации при привязном содержании коров / А.А. Павликов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

AN INTEGRATED ENERGY-EFFICIENT SYSTEM FOR HEATING WATER IN COWSHEDS DURING THE WINTER PERIOD OF OPERATION WITH TETHERED COWS

Alexander Alexandrovich Pavlikov¹

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

Annotation. The article discusses the system of water heating in cowsheds during the winter period of operation with tethered cows. The principle of operation of the system is described. The advantages of the system are outlined.

Keywords: livestock complexes, energy efficiency, non-traditional energy sources, cattle, electric energy.

For citation: Pavlikov A.A. Integrated Energy-efficient water heating system in cowsheds in winter operation with tethered cows / A.A. Pavlikov // Actual problems of Agro-industrial Complex Energy: Materials of the II National Scientific and Practical Conference with International participation named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Для достижения необходимых показателей производства молочной продукции на фермах и комплексах крупного рогатого скота необходимо не только тщательно подходить к качеству корма, потребляемого животными, но и своевременно обеспечивать подачу подогретой питьевой воды необходимой температуры.

На существующих животноводческих комплексах в подавляющем большинстве нагрев воды осуществляется в подогревателях с электронагревательными элементами, что влечет за собой потребление электрической энергии в больших количествах. Из-за увеличения расходов электрической энергии на фермах и комплексах наблюдается внедрения оборудования, работающего с использованием нетрадиционных источников энергии: гелиоустановки, тепловые насосы, ветровые станции, биогазовые установки. Использование подобного рода оборудования позволяет достичь снижения расходов электроэнергии. Однако из-за увеличивающихся с каждым годом тарифов на электрическую энергию, вопрос поиска новых энергоэффективных способов нагрева воды для экономии денежных средств остается актуальным.

На сегодняшний день системы подогрева воды на фермах и комплексах крупного рогатого скота различаются как своей структурой в целом, так и отдельными составными элементами, входящими в её состав. В современных исследованиях, направленных на изучение способов снижения затрат электрической энергии рассматривается использование для нагрева воды устройств, работающих за счет нетрадиционных источников энергии. В работах [1, 2, 3] делается акцент на источниках нагрева воды, но не затрагиваются другие, не менее важные элементы – поилки.

К вопросу повышения энергоэффективности в системах нагрева воды необходимо подходить тщательно, уделяя внимание каждому составляющему элементу системы.

Нами предлагается комплексная энергоэффективная система подогрева воды в коровниках в зимний период эксплуатации при привязном содержании коров (рисунок 1).

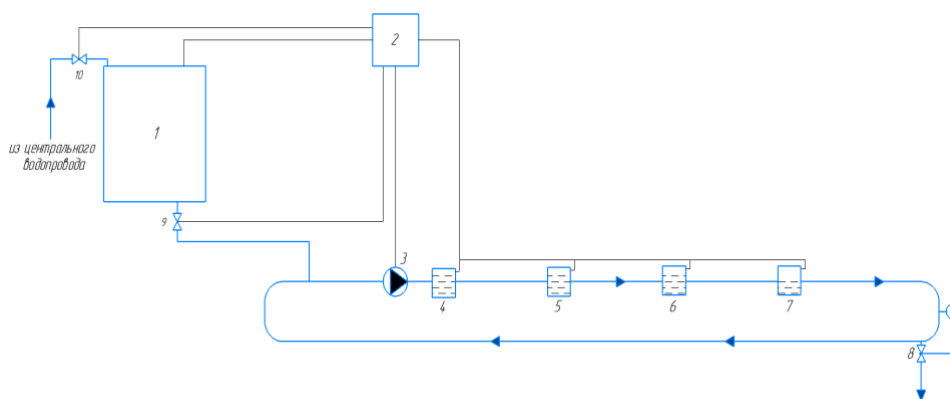


Рисунок 1 – Комплексная энергоэффективная система подогрева воды в коровниках в зимний период эксплуатации при привязном содержании коров:

1 – Накопительный бак с нагревательным устройством; 2 – Шкаф управления; 3 – Циркуляционный насос; 4-7 – Поилки с установленными датчиками; 8-10 – Клапаны; 11 – Температурный датчик.

Принцип работы системы заключается в следующем: при падении уровня воды в поилке (4-7) ниже минимально допустимого, начинает работать нагревательное устройство, расположенное в накопительном баке (1), открывается клапан (9) и нагретая вода, при помощи циркуляционного насоса (3) поступает в поилки. Как только уровень воды в накопительном баке (1) опускается ниже допустимого, открывается клапан (10), и в бак начинает поступать вода из центрального трубопровода.

В случаях, когда температура воздуха в зимний период сильно понижается, возникает риск замерзания воды в трубах, что может повлечь за собой выход из строя оборудования. Для того чтобы избежать подобных случаев устанавливается дополнительный клапан (8) вместе с датчиком температуры (11). Как только температура воды достигнет минимально возможного значения, откроется клапан (8), и вода начнет удаляться из системы и будет использована на технологические нужды в коровнике.

Оптимальная температура питьевой воды для нормального функционирования организма коровы – 8-12 °С [4]. Допускается значение температуры питьевой воды не выше 20 °С. За то время, пока вода дойдет до самой дальней поилки в коровнике, произойдет уменьшение её температуры. Для того чтобы значение температуры в самой дальней поилке не было ниже требуемого, необходимо нагревать воду до максимально допустимой температуры. В противном случае, в поилках, расположенных ближе всего к баку будет перегретая вода, что нельзя допускать.

Главным элементом предложенной системы является нагревательное устройство, встроенное в накопительный бак (рисунок 2).

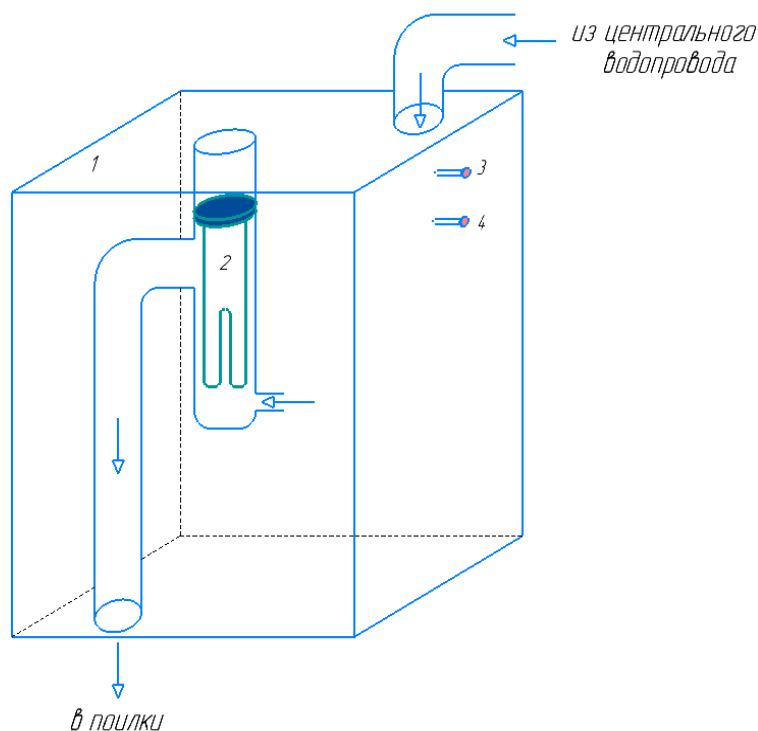


Рисунок 2 – Накопительный бак с нагревательным устройством:
1 – Накопительный бак; 2 – Нагревательное устройство (ТЭН);
3 – Датчик контроля максимального уровня воды в баке; 4 – Датчик контроля минимального уровня воды в баке.

Экономия электрической энергии при использовании данной системы происходит за счет того, что нагревательное устройство и циркуляционный насос, потребляющие электрическую энергию, потребляют её только в периоды времени, когда коровы активно пьют воду. В остальное время электрическая энергия не расходуется, так как в данной системе не предусматривается циркуляция воды.

Заключение. Предложенные технические решения позволят более рационально использовать электрическую энергию, смогут упростить обслуживание системы, так как не придется отогревать замерзшие при сильном морозе трубы.

Список источников

1. Дулепова Ю.М. Разработка и исследование энергосберегающего устройства для нагрева воды, работающего от теплоты крупного рогатого скота: дисс. ...канд. техн. наук : 05.20.02 / Ю.М. Дулепова . – Княгинино, 2022 – 168 с.
2. Дулепова Ю.М. Анализ конструктивных особенностей устройства для нагрева воды, предназначенной для поения животных / Ю. М. Дулепова, А. А. Александрова // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 4 (44). С. 42–47.

3. Маслова (Александрова) А.А. Теоретические предпосылки создания солнечного водонагревателя [Текст] / А.А. Маслова (Александрова), М. М. Маслов / Вестник НГИЭИ. – 2017. – №4(71) – С. 67–76.
4. РД-АПК 1.10.01.01-18 Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 167 С.

© Павликов А.А., 2024

Обзорная статья
УДК 628.1; 636.084.75

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПОЕНИЯ НА ФЕРМАХ КРС

Александр Александрович Павликов¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
Aleksandravlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

Аннотация. В статье описаны основные требования к питьевой воде на фермах КРС. Обозначены наиболее благоприятные значения температуры воды, а также ее влияние на здоровье и продуктивность коров. Рассмотрены существующие системы поения в зависимости от способа содержания коров. Описаны существующие поилки разных производителей, используемых на фермах КРС: Thrifty KING (США), SPI (Канада), Suevia (Германия). Изучены существующие способы подогрева воды в поилках, отмечены достоинства и недостатки каждого из способов. Предложены способы модернизации систем поения: 1) использование менее энергозатратного метода нагрева воды; 2) внедрение средств автоматизации для контроля оптимального уровня температуры воды в поилках.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, групповые поилки, индивидуальные поилки, сельское хозяйство, крупный рогатый скот, электрическая энергия.

Для цитирования: Павликов А.А. Анализ оборудования применяемого для поения на фермах КРС / А.А. Павликов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

ANALYSIS OF EQUIPMENT USED FOR WATERING ON CATTLE FARMS

Alexander Alexandrovich Pavlikov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Aleksandrpavlikov7@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

Annotation. The article describes the basic requirements for drinking water on cattle farms. The most favorable values of water temperature are indicated, as well as its effect on the health and productivity of cows. The existing watering systems are considered depending on the method of keeping cows. The existing drinkers from different manufacturers used on cattle farms are described: Thrifty KING (USA), SPI (Canada), Suevia (Germany). The existing methods of heating water in drinkers have been studied, the advantages and disadvantages of each method have been noted. The ways of modernization of drinking systems are proposed: 1) the use of a less energy-consuming method of heating water; 2) the introduction of automation tools to control the optimal level of water temperature in drinkers.

Keywords: fuel and energy resources, group drinkers, individual drinkers, agriculture, cattle, electric energy.

For citation: Pavlikov A.A. Analysis of equipment used for drinking on cattle farms / A.A. Pavlikov // Actual problems of agro-industrial complex energy: materials of the II national scientific and practical conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Сельское хозяйство представляет собой высокоэнергетическое производство и является одним из самых крупных потребителей топливно-энергетических ресурсов. Для достижения больших объёмов производства сельскохозяйственной продукции необходимо непрерывное развитие отрасли. Одной из главных составляющих развития является повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Современное состояние и перспективы развития объектов сельскохозяйственной отрасли свидетельствует об актуальности вопроса постоянного поиска и изучения новых способов и путей повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов [2].

В подавляющем большинстве технологических процессов сельского хозяйства важную роль играет использование электрической энергии. Большое количество электрической энергии в сельском хозяйстве расходуется животноводческих комплексах, в частности на фермах крупного рогатого скота (КРС). Одним из основных потребителей электрической энергии на данных фермах является система подогрева воды для поения КРС.

Питьевая вода, в равной степени с количеством и качеством потребляемого корма, имеет большое значение в поддержании необходимого уровня здоровья и функционирования животного. При организации водоснабжения на фермах КРС необходимо уделять пристальное внимание к качеству воды, которую потребляют коровы. Молоко, получаемое на фермах, состоит из воды на 83-88 %

[1]. Для получения 1 л молока нужно обеспечить корову 3 л питьевой воды, отвечающей всем необходимым требованиям [4].

Каждая корова, для достижения оптимальных показателей надоя, должна потреблять необходимое количество питьевой воды (рисунок 1 [3]).

Таблица 1. Общие среднесуточные нормы потребления воды на поение по группам животных для ферм и комплексов по производству молока в расчете на одну корову

Уровень молочной продуктивности, кг	Нормы потребления воды на одну голову, л		
	для лактирующих коров	для сухостойных коров	для среднегодовых коров
3500	43	35	43
4000	50	37	48
5000	60	40	57
6000	65	42	60
7000	70	45	70

Особо важную роль стоит уделять температуре воды. По нормативным документам температура воды в поилках должна быть в диапазоне 14-16 °С для телят и 8-12 °С для остального поголовья [3]. В случае, когда температура воды будет ниже нормируемых значений, состояние и здоровье коровы начнет ухудшаться: нарушение функций желудочно-кишечного тракта, возникновение простудных заболеваний. С другой стороны, при значении показателей температуры воды выше нормативных, также будет наблюдаться ухудшение состояния здоровья животного. Вода со значением температуры выше 20 °С хуже утоляет жажду, при частом употреблении такой воды может происходить увеличение восприимчивость коров к простудным заболеваниям.

Обеспечение коров водой в необходимых количествах и с необходимыми температурными показателями благоприятным образом сказывается на показателях надоя коров [5]. Именно поэтому крайне важно обеспечить всех животных на фермах и комплексах постоянным доступом к питьевой воде.

Здесь большое значение уделяется системе поения крупного рогатого скота. В зависимости от способов содержания крупного рогатого скота, поилки можно разделить на:

- индивидуальные – в коровниках с привязным содержанием коров;
- групповые – в коровниках с беспривязным содержанием коров.

На сегодняшний день на фермах и животноводческих комплексах применяются разного рода поилки как отечественных, так и зарубежных производителей.

Групповые поилки серии Thrifty KING рассчитаны на количество коров от 10 до 80 голов. Термоизоляция в поилках данной серии защищает воду от замерзания. Данные поилки можно использовать как в летний, так и в зимний период эксплуатации. Однако в тех регионах, где в зимний период температура

воздуха понижается ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ необходимо использовать нагревательный элемент для поддержания необходимых значений температуры воды.



Рисунок 1 – Групповая поилка Thrifty KING CT4

Групповые поилки серии SPI производятся из пищевого пластика и предназначаются для работы в течение большого количества времени. В поилках с электрическим подогревом воды имеется изолированное основание и двойная стенка со вспененным теплоизолирующим материалом, что позволяет избежать тепловых потерь при нагреве воды в поилке. Для контроля уровня воды в поилках предусмотрен поплавковый клапан, который срабатывает при снижении необходимого уровня.



Рисунок 2 – Групповая поилка Thrifty KING CT4

В большом количестве представлены поилки серии Suevia. При беспривязном содержании крупного рогатого скота используются поплавковые поилки, поилки с заслонкой, поилки ванны со сливной пробкой, а также переворачивающиеся поилки. Поилки всех вышеперечисленных видов позволяют обеспечить животных водой в больших количествах.

На многих фермах и комплексах можно использовать как один из видов поилок, так и одновременно несколько (рисунок 3, рисунок 4).



а



б

Рисунок 3 – Поилка Suevia: а) со сливной пробкой; б) переворачивающиеся.



а



б

Рисунок 4 – Поилка Suevia: а) с заслонкой; б) поплавковая.

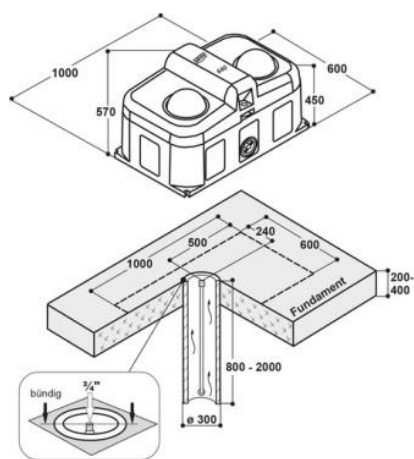
В помещениях, в которых по тем или иным причинам отсутствует подключение к сетям электроснабжения, могут использоваться поилки «Теплый родник» (рисунок 5) [7]. Поилки данного типа работают по принципу термоса: вода к поилке поступает через подводящую трубу, проходящую через заполненную водой шахту (полая бетонная труба), соединенную с водопроводом, проложенном в грунте, на глубине ниже промерзания грунта. Вода, поступающая в поилку, нагревается за счет конвективного теплообмена, происходящего между верхним и нижним слоями грунта.

Главное преимущество данной системы – отсутствие затрат на электроэнергию, так как электрический нагрев исключен, но важно отметить, что в регионах с низкими температурами воздуха предусматривается дополнительный подогрев воды с использованием встроенного нагревательного элемента.

При всем этом, у поилок с данной системой нагрева имеется и весомый недостаток – большие капиталовложения для внедрения данной системы в уже построенные комплексы.



а



б

Рисунок 5 – Поилка «Теплый родник»: а) общий вид поилки; б) схема установки поилки.

На фермах с привязным содержанием коров используются индивидуальные поилки с язычковым клапаном. Одним из недостатков данных поилок можно назвать необходимость их регулярной очистки, так как во время процесса поения воды, под клапаном скапливаются остатки корма.



а



б

Рисунок 6 – Поилка модель 115: а) общий вид поилки; б) применение поилки в коровках.

Подогрев воды может производиться как в каждой отдельной поилке, за счет встроенного электронагревателя, так и в отдельно установленном водонагревателе, из которого уже подогретая вода поступает в поилки.

В случае с локальным обогревом выделяются два весомых недостатка:

- возможность замерзания воды в подающих трубах;
- получение животным электрического удара из-за возникновения токов утечки.

Если в поилку поступает уже подогретая вода, то недостаток будет заключаться в том, что вода может остыть в самой поилке. При сильном понижении температуры воздуха и замерзании воды может произойти выход оборудования из строя, что повлечет за собой затраты на его замену и ремонт.

Заключение. Системы водоснабжения, используемые в коровниках, нуждаются в модернизации для снижения количества потребляемой электрической энергии. Одним из направлений модернизации является поиск новых способов нагрева и поддержания оптимальных значений температуры воды в поилках. Одними из таких способов можно назвать: использование менее энергозатратного метода нагрева воды; внедрение средств автоматизации в системы поения.

Список источников

1. Молоко. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/moloko-f19049> (дата обращения 18.05.2024).
2. Стребков Д.С., Тихомиров Д.А., Тихомиров А.В. Показатели потребления топливно-энергетических ресурсов в сельском хозяйстве и энергоёмкости сельхозпроизводства, их прогноз на период до 2030 года // Техника и технологии в животноводстве. 2018. №4 (32) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-potrebleniya-toplivno-energeticheskikh-resursov-v-selskom-hozyaystve-i-energoemkosti-selhozproizvodstva-ih-prognoz-na-period> (дата обращения 18.05.2024).
3. РД-АПК 1.10.01.01-18 Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 167 С.
4. Сёмин А. Комфортная среда обитания коровы – залог хорошего здоровья и продуктивного долголетия // Молочная промышленность. 2013. № 7. С. 20.
5. Вторый В.Ф., Вторый С.В., Ильин Р.М. Оценка влияния основных факторов на водопотребление дойных коров // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 2 (107). С.106- 115
6. Шматко Н.Н., Музыка А.А, Кирикович С.А., Москалев А.А., Тимошенко М.В. Водообеспечение коров на селекционно-племенной молочной ферме // Зоотехническая наука Беларуси. 2016. Т.51 №2. С. 325-333.
7. Оболенский Н.В., Шевелев А. В. Основные направления модернизации систем поения на фермах КРС // Вестник НГИЭИ. 2016. № 10(65). С. 111-118.

© Павликов А.А., 2024

Обзорная статья
УДК 62-69-1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЦТ И ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ ПРОИЗВОДСВЕННОЙ БАЗЫ ПАО «ГАЗПРОМ»

Игорь Викторович Петренко¹, Александр Александрович Кожевников²

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ igor.petrenko.99.99@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2856-1028>

² alex27071986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8447-5331>

Аннотация. В статье рассматриваются различные факторы и технические характеристики при проектирование теплоснабжающих систем. А также свойства систем централизованного теплоснабжения.

Ключевые слова: теплообмен, проектирование ГАЗПРОМ, надежность, источники теплоснабжения, система централизованного теплоснабжения, водообеспечение.

Для цитирования: Петренко И.В. Проектирование источника теплоснабжения производственной базы «Газпром газораспределение Саратовская область» // Петренко И.В., Кожевников А.А. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

DESIGN OF SCT AND HEAT SOURCES OF THE PRODUCTION BASE OF PAO «GAZPROM»

Petrenko Igor Viktorovich¹, Alexander Alexandrovich Kozhevnikov²

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ igor.petrenko.99.99@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2856-1028>

² alex27071986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8447-5331>

Annotation. The article discusses various factors and technical characteristics in the design of heat supply systems. As well as the properties of district heating systems.

Keywords: heat exchange, GAZPROM design, reliability, heat supply sources, district heating system, water supply.

For citation: Petrenko I.V. Designing a heat supply source for the Gazprom Gas Distribution Saratov Region production base // Petrenko I.V., Kozhevnikov A.A. // Actual problems of agro-industrial complex energy: materials of the II National Conference with international participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024

Введение. Одной из ведущих отраслей промышленности, обеспечивающих рост национальной экономики, а также политической и социальной стабильности общества в Российской Федерации, является теплоснабжение. Согласно Федеральному закону «О теплоснабжении» № 190-ФЗ в качестве основной цели развития отрасли выделено обеспечение повсеместного качественного и надежного теплоснабжения в масштабах всей страны. [1] Совершенствование систем теплоснабжения предприятий проводится с целью достичь надежности, качества и экономичности оказываемых услуг при минимизации ухудшения экологической обстановки, привлечения частных инвестиций и реализации программы по энергосбережению и энергоэффективности путем внедрения энергосберегающих технологий.

Энергетические ресурсы используются повсеместно: необходимы для жизненного обеспечения населения, а также для нормального функционирования предприятий и учреждений. Важнейшей составной частью жизнеобеспечения регионов являются его системы теплоснабжения.

Системой теплоснабжения называется совокупность технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортировку, распределение в соответствии со спросом на теплоту по отдельным потребителям. [2,3]

Сущность теплоснабжающих систем заключается в том, чтобы максимально эффективно обеспечить потребителей тепловой энергией в нужном объеме и качестве.

Система теплоснабжения включает три основных элемента:

- источник тепла (ТЭЦ, районные или групповые котельные, местные котельные или индивидуальные источники тепла);
- система транспортировки тепла (тепловые сети);
- потребители тепла (радиаторы отопления (батареи) и калориферы).

Одним из основных свойств систем централизованного теплоснабжения (СЦТ), определяющих их эффективность, является надёжность. Учет фактора надёжности является одним из основных аспектов оптимизации.

Разработка и проектирование СЦТ и источников теплоты (ИТ) в их составе осуществляется на основании нормативных документов, расчетов и обоснования надёжности. Исключения составляют их задачи, связанные с выбором параметров тепловых сетей (ТС). Между тем, именно на стадии проектирования принимаются решения, в значительной степени определяющие надёжность теплоснабжения. Отсутствие оценки качественной надёжности ИТ в СЦТ на этапах их проектирования и модернизации, означает, что поиск экономически целесообразного уровня надёжности не предусмотрен. В тоже время, переход экономики страны на рыночную основу предъявляет повышенные требования к надёжности отпуска энергии и учету интересов сторон, участвующих в процессе производства, транспорта и потребления теплоты. [6]

За последние годы крупные аварии произошли в СЦТ. Последствия этих аварий, происходивших в период низких температур наружного воздуха, очень

тяжелые. В тоже время, исследования возможных последствий для потребителей при подобных авариях, как в расчетных условиях, так и при возможных чрезвычайных ситуациях при проектировании СЦТ не производятся. [4]

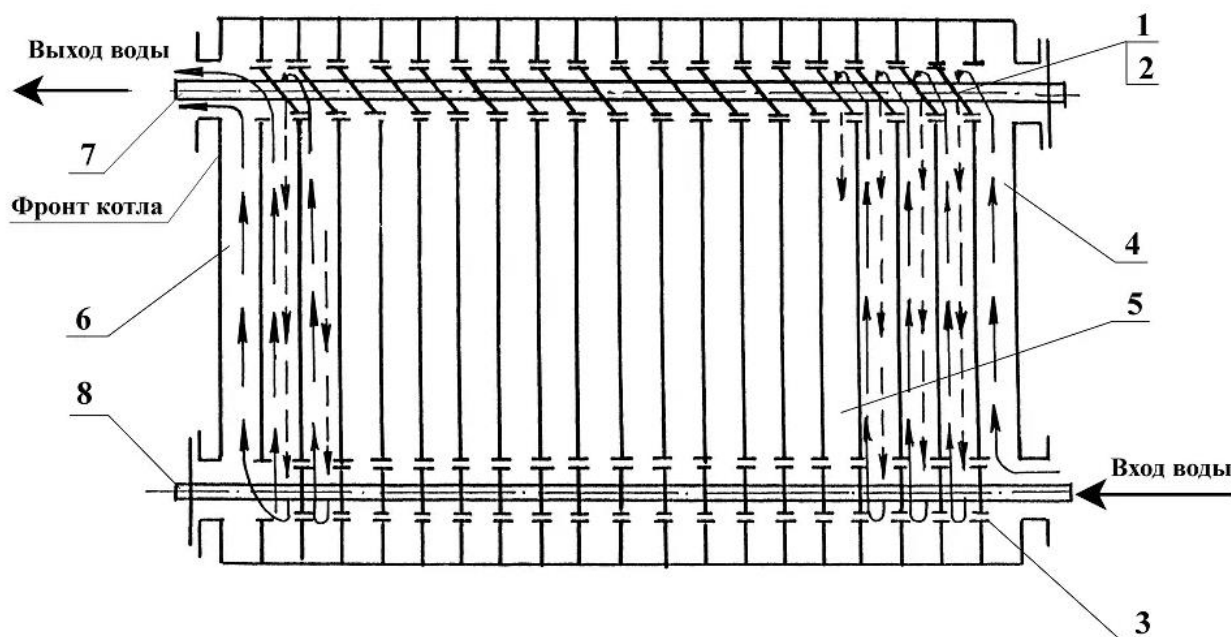


Рисунок 1 – Схема установки (Факел – Г) стяжных болтов и вставок для винтообразного движения воды:

1 – Вставка; 2 – Подставка; 3 – Ниппель; 4 – Секция задняя; 5 – Секция средняя; 6 – Секция передняя; 7 – Болт стяжной; 8 – Болт стяжной нижний.

Принцип работы котла в системе отопления.

Продукты сгорания от газогорелочного устройства, отдав часть тепла чугунной топочной камере котла, через проемы в нижней части топки двумя потоками направляются в конвективные газоходы секций, которые спереди и сзади закрываются специальными крышками.

В верхней части секций продукты сгорания поворачивают, омывая низкотемпературные газоходы пакета секций и удаляются через газоход, расположенный сзади котла, в сборный газоход, соединенный с газоходом котельной. Стоит отметить, что в отличие от основных конкурентов и других промышленных котлов аналогичной мощности, Факел-Г имеет специальный дымоход в виде стального переходника с прямоугольным сечением, который монтируется непосредственно в кирпичную кладку атмосферной дымовой трубы.

В соответствии с рисунком 1 вода в котел подводится через нижний патрубок и поступает в заднюю секцию. Вследствие того, что нижний коллектор имеет шайбы, приваренные к стяжному болту, вода по задней секции поднимается вверх. Далее, при помощи специальных литых вставок, установленных в верхних головках секций, обеспечивается винтообразное движение воды по средним секциям котла. Вода, пройдя последовательно по

всем секциям, нагревается и через патрубок на фронте котла отводится в систему теплоснабжения. [5,7]

На котле должна быть установлена табличка по ГОСТ 12971-67. На табличке маркируются следующие данные:

- наименование и условное обозначение котла;
- заводской номер;
- год изготовления;
- теплопроизводительность котла;
- рабочее давление воды;
- максимальная температура нагрева воды;
- номер ТУ на котел;
- поверхность нагрева котла.

Заключение. Одной из ведущих отраслей промышленности, обеспечивающих рост национальной экономики, а также политической и социальной стабильности общества в Российской Федерации, является теплоснабжение.

Разработка и проектирование СЦТ и источников теплоты (ИТ) определяет надежность теплоснабжения.

Основной задачей СЦТ является максимально эффективно обеспечить потребителей тепловой энергией в нужном объеме и качестве.

Список источников

1. Овсянников А. А. Современные системы теплоснабжения в России: проблемы и пути их решения / А. А. Овсянников, В. М. Кизим, А. В. Щеглов // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 июня 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г. Ю.), 2019. – С. 58–61
2. Дмитриев В.З. Формирование конфигурации систем централизованного теплоснабжения крупного промышленного города / В.З. Дмитриев Д.В. Жуков // Труды всерос. науч.-практ. конф. «Повышение надежности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем «Энерго-2010»: МЭИ. М., т. 1. С. 224,225.
3. Емелин Энергосбережение в теплоснабжении на основе государственно-частного партнерства // Сборник материалов студенческих научных конференций Ивановского филиала Института управления (г. Архангельск) за 2013 год «Молодая наука 2013» - 2014- С.17-26.
4. Мустафина Е.С. Мониторинг котельных в р.п. Мошково. // Сборник научных трудов НГТУ. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.- Вып.3(37). С. 127-132.
5. Муслимова Н.И. Методы исследования информационных характеристик отопительных приборов / А.М. Мукашев, Н.И. Муслимова // Научная сессия ТУСУР–2013: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, – Томск: Издательство «В-Спектр», 2013 г. С.95–96. 7. Муслимова.

6. Антропов П.Г., Замоторин Р.В. Элементная надежность газотурбинных установок // Новые технологии в газовой промышленности: Тез. докл. Конференции молодых ученых, специалистов и студентов по проблемам газовой промышленности России. М.; Нефть и газ, 2005. С. 296-297.

7. Замоторин Р.В., Антропов П.Г., Ларин Е.А., Челышев П.В., Чекмарев М.С. Моделирование и оптимизация характеристик газотурбинных мини-ТЭЦ для энергоснабжения промышленной и социальной инфраструктуры предприятий ОАО "Газпром" // Доклады конференции молодых специалистов, посвященной 50-летию ВНИИГаза. - М., 2009. С. 51-53.

© Петренко И.В., Кожевников А.А., 2024

Обзорная статья
УДК 62-69-1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСВЕННОЙ БАЗЫ ПАО «ГАЗПРОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ»

Игорь Викторович Петренко¹, Александр Александрович Кожевников²

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ igor.petrenko.99.99@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2856-1028>

² alex27071986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8447-5331>

Аннотация. В статье рассматривается эффективность отрасли теплоснабжения. А также структура и связи механизма управления теплоснабжением. Представлена схема распределительных трубопроводов системы отопления котельной производственной базы АО «Газпром газораспределение Саратовская область».

Ключевые слова: теплоэнергетика, проектирование и монтаж, ГАЗПРОМ, котельная, схема теплоснабжения, источники теплоснабжения, водообеспечение.

Для цитирования: Петренко И.В. Проектирование источника теплоснабжения производственной базы «Газпром газораспределение Саратовская область» // Петренко И.В., Кожевников А.А // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

DESIGN OF A HEAT SUPPLY SOURCE FOR THE PRODUCTION BASE OF PAO «GAZPROM GAS DISTRIBUTION SARATOV REGION»

Petrenko Igor Viktorovich¹, Alexander Alexandrovich Kozhevnikov²

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ igor.petrenko.99.99@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2856-1028>

² alex27071986@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8447-5331>

Annotation. The article discusses the efficiency of the heat supply industry. As well as the structure and connections of the heat supply control mechanism. A diagram of the distribution pipelines of the heating system of the boiler production base of Gazprom Gas Distribution Saratov Region JSC is presented.

Keywords: thermal power engineering, design and installation, GAZPROM, boiler house, heat supply scheme, heat supply sources, water supply.

For citation: Technical re-equipment and modernization of Russian thermal power plants using world experience / Devyanin A.V., Tsanev SV., Burov V.D. Devyanin V.A. // Materials of scientific and technical conf. "Improving efficiency, reliability and environmental safety." MEI, 2005. pp. 102-110.

Введение. В теплоэнергетике Российской Федерации очевидна необходимость масштабных преобразований. Ослабление роли государства в период с конца 1980-х до конца 1990-х годов не было компенсировано развитием рыночных механизмов, что, в частности, стало причиной ухудшения состояния отрасли теплоснабжения. Этому способствовали резкое уменьшение финансирования, отсутствие экономических стимулов к повышению эффективности производства и неэффективная система регулирования параметров теплоносителя и его распределения.

Использование старых нерыночных механизмов управления привело теплоэнергетику к глубочайшему кризису, который приобрёл черты системного: высокий износ основных фондов в масштабах всей отрасли, увеличивающаяся аварийность генерирующего оборудования и тепловых сетей, неплатежи со стороны населения, промышленных потребителей и бюджетного сектора, отсутствие финансовых ресурсов на реконструкцию и модернизацию технической базы. Износ основных фондов в теплосетях к концу 2002 г. составил 65%, а к 2009 – 70%; аварийность за период 1996 – 2009 гг. возросла в 12 раз. [1,6]

Повышение эффективности функционирования отрасли теплоснабжения в целом может быть достигнуто за счет совершенствования методов оценки эффективности (на уровне как муниципальных образований, так и теплоснабжающих организаций, а также отдельных теплоисточников) как одного из инструментов реализации экономического механизма управления, предполагающего своевременную корректировку планов развития; эффективное ценообразование; экономическое стимулирование, ориентированное на достижение поставленных целей; обеспечение предприятия необходимыми финансовыми ресурсами; хозяйственный расчет.

Кроме того, эффективная работа в современных условиях возможна лишь при соблюдении баланса особенностей и интересов всех участников процесса

теплоснабжения, что не было обеспечено до сих пор и что не позволяет достичь должной инвестиционной привлекательности отрасли.

Рассмотрение литературы и периодических изданий по вопросам теплоэнергетики показало недостаточную системную проработанность темы – работы большей частью касаются решения отдельных задач - методологических, организационных, технических, эксплуатационных.

Кроме того, необходимы дальнейшие исследования по таким вопросам, как методология оценки эффективности управления теплоснабжением, выбор оптимальной схемы теплоснабжения для локальных условий применения, а также механизмы взаимодействия с потребителями (управление спросом). [2]

На современном этапе для ОАО «Газпром», как и для других крупных нефтегазовых компаний, важной задачей является не только сохранение уникального производственно-технологического комплекса, созданного трудом нескольких поколений, но и формирование на его основе современной компании. В целях рационального осуществления воспроизводства основных средств в соответствии с принципом непрерывности деятельности организации, необходимо значительно повысить организационный, технический и экономический уровень управления основными средствами. [7]

На рисунке 1 представлены связь и структура экономического механизма управления теплоснабжением.

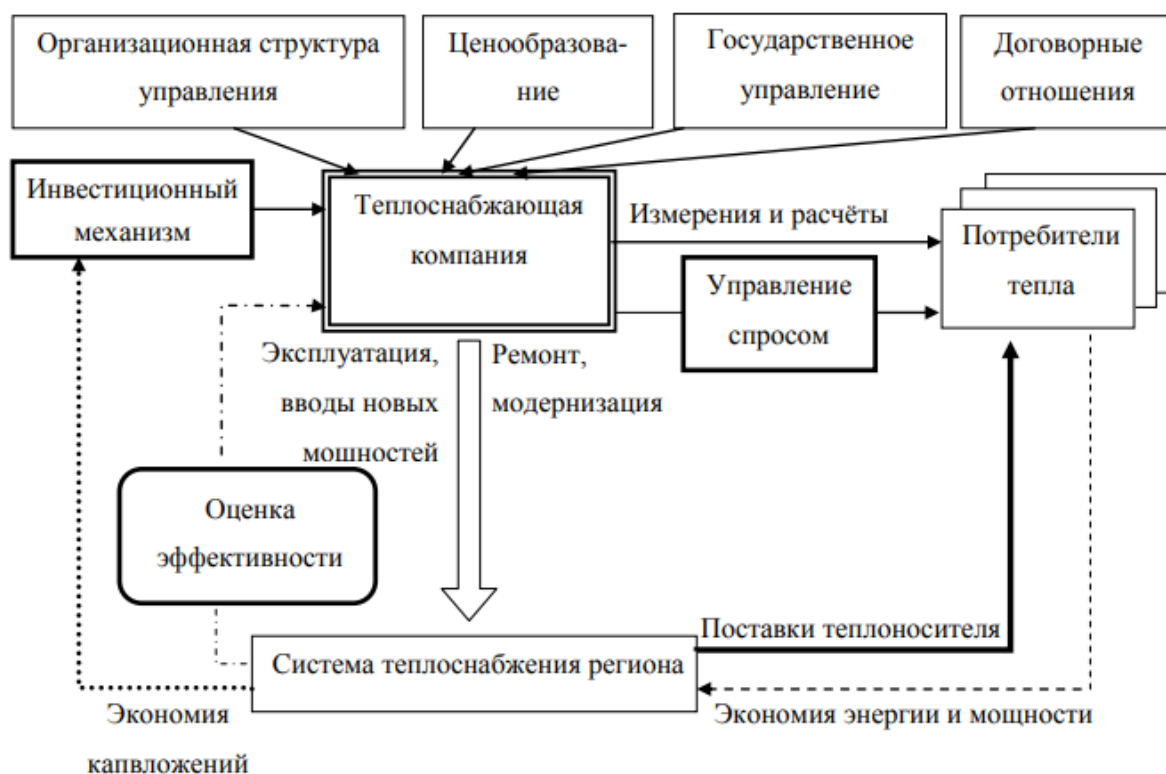


Рисунок 1 – Структура и связи механизма управления теплоснабжением

При проектировании и монтаже водогрейных котельных основным руководящим документом являются «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²),

водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 С)» Помещения котельной должны выполняться согласно СП 89.13330.2016 «Котельные установки» [3,4]

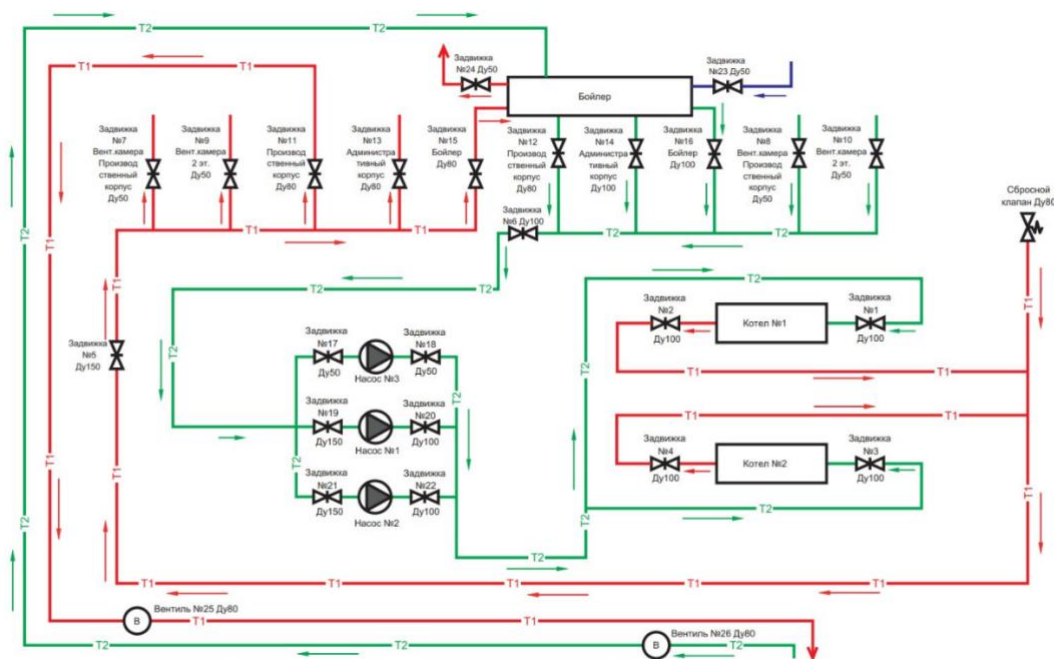


Рисунок 2 – Схема распределительных трубопроводов системы отопления котельной производственной базы АО «Газпром газораспределение Саратовская область»

Схема теплоснабжения — это предпроектный документ или «энергетическое планирование», она служит основанием для принятия в дальнейшем решений о строительстве объектов на территории, ее наличие — необходимое условие для выделения бюджетных инвестиций. Схема упорядочивает документацию и информацию о существующей в городе системе теплоснабжения, и предлагает варианты ее оптимизации с точки зрения энергетической и экономической эффективности. [5]

Заключение. В теплоэнергетике Российской Федерации очевидна необходимость масштабных преобразований, поэтому необходимо повышать эффективность функционирования отрасли.

Схема теплоснабжения является основной для оптимизации энергетической и экономической эффективности производственного объекта.

При проектировании и монтаже нужно строго следовать проектной и рабочей документации.

Список источников

1. Сенникова, О.Б. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий [Текст] / О.Б. Сенникова. — М.: Изд-во МГИУ, 2001.
2. Проект парогазовой ТЭЦ с паровой турбиной Т-250/300-240 / Девянин А.В., Цанев СБ., Буров В. Д. // Тез. докл. XIII Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». МЭИ, 2007

3. Техническое перевооружение и модернизация российских тепловых электростанций с использованием мирового опыта / Девянин А.В., Цанев С.В., Буров В.Д. Девянин В.А. // Материалы науч.-техн. конф. «Повышение экономичности, надежности и экологической безопасности». МЭИ, 2005. с. 102-110.
4. Мустафина Е.С. Мониторинг котельных в р.п. Мошково. // Сборник научных трудов НГТУ. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004.- Вып.3(37). С. 127-132.
5. Оптимизация схем и параметров газотурбинных установок / Пустовалов П.А., Цанев С.В. // Тез. докл. III Межд. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». МЭИ, 2012 с. 189
6. Овсянников А. А. Современные системы теплоснабжения в России: проблемы и пути их решения / А. А. Овсянников, В. М. Кизим, А. В. Щеглов // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 июня 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г. Ю.), 2019. – С. 58–61
7. Замоторин Р.В., Антропов П.Г., Ларин Е.А., Челышев П.В., Чекмарев М.С. Моделирование и оптимизация характеристик газотурбинных мини-ТЭЦ для энергоснабжения промышленной и социальной инфраструктуры предприятий ОАО "Газпром" // Доклады конференции молодых специалистов, посвященной 50-летию ВНИИГаза. - М., 2009. С. 51-53.

© Петренко И.В., Кожевников А.А., 2024

Научная статья
УДК 621.382

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПУТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Вадим Игоревич Редкоzubов¹, Юлия Викторовна Иванкина², Сидоров Илья Юрьевич³

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹ vad.redkozubow@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0006-7978-1904>

² Lexsi2007@mail.ru <http://orcid.org/0009-0005-8424-0582>

³ leevmell2@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0009-6323-748x>

Аннотация. В статье приводится анализ способов охлаждения солнечных фотоэлектрических установок.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), электроэнергетика, ветер, солнце, солнечные фотоэлектрические установки (СФУ).

Для цитирования: Редкозубов В.И. Повышение эффективности солнечных панелей путем охлаждения / В.И. Редкозубов, Ю.В. Иванкина, И.Ю. Сидоров // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы XV Национальной конференции с международным участием / под редакцией С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS BY COOLING

Vadim Igorevich Redkozubov¹, Yulia Viktorovna Ivankina², Sidorov Илья Юриевич³

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ vad.redckozubow@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0006-7978-1904>

² Lexsi2007@mail.ru <http://orcid.org/0009-0005-8424-0582>

³ leevmell2@yandex.ru <http://orcid.org/0009-0009-6323-748x>

Annotation. The article provides an analysis of cooling methods for solar photovoltaic installations.

Keywords: renewable energy sources (RES), electric power, wind, solar, solar photovoltaic installations (SFU).

For citation: Redkozubov V.I. Improving the efficiency of solar panels by cooling / V.I. Redkozubov, Yu.V. Ivankina, I.Yu. Sidorov // Actual problems of agro–industrial complex energy: Materials of the II National Conference with International participation / edited by S.M. Bakirov - Saratov: Vavilov University, 2024.

Проблема перегрева солнечных панелей действительно важна, так как высокие температуры могут снизить эффективность солнечных модулей и сократить срок службы. При ясном небе и интенсивном солнечном излучении, они неизбежно подвергаются нагреву в течение дня. Это температурное воздействие может не только влиять на эффективность преобразования светового потока, но и приводить к ускорению деградации модуля, Для борьбы с этой проблемой используются различные методы:

- Охлаждение водой: Системы активного охлаждения, которые используют воду для отвода тепла от панелей (рис. 1).

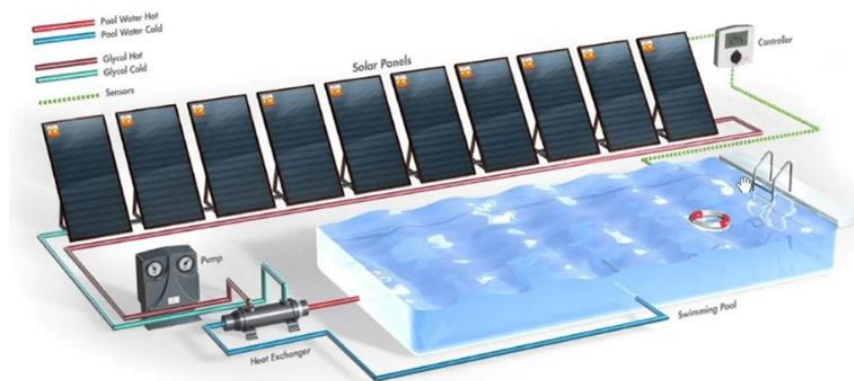


Рисунок 1 - СФБ с водяным охлаждением

- Вентиляция: Установка панелей таким образом, чтобы между ними и крышей был воздушный зазор, способствует естественной вентиляции и охлаждению.



Рисунок 2 - СФБ с воздушным охлаждением

- Отражающие покрытия: Применение специальных покрытий, которые отражают инфракрасное излучение и помогают уменьшить нагрев.
- Материалы с фазовым переходом: Использование материалов, которые могут поглощать тепло при изменении своего состояния (например, из твердого в жидкое), что помогает регулировать температуру панелей.

Для исследования различных методов и способов охлаждения солнечных модулей, а также для экспериментального подтверждения теоретических данных была создана экспериментальная установка. Она позволит тестировать различные методы и материалы в контролируемых условиях.

Для получения точных и достоверных данных используется источник света, имитирующий солнечное излучение, для обеспечения стабильных и повторяемых условий тестирования.

С заданной периодичностью происходит мониторинг температуры поверхности солнечных модулей в реальном времени для оценки эффективности охлаждения. Измерение температуры в ключевых точках модуля для получения точных данных о распределении температуры.

Также важно обеспечить безопасность и точность измерений во время экспериментов. Проведение экспериментов в изолированной среде позволит

минимизировать внешние воздействия и обеспечить точного контроля условий эксперимента. Автоматизированная система для сбора и анализа данных с датчиков и камер обеспечит возможность быстро оценивать результаты.

Ожидаемые выводы эксперимента с использованием описанной установки для исследования способов охлаждения солнечных модулей могут включать:

- Эффективность различных методов охлаждения: Какие методы охлаждения наиболее эффективны для снижения температуры солнечных модулей и как они влияют на общую производительность.
- Оптимальные параметры охлаждения: Какие настройки (например, интенсивность водяного потока или скорость вентилятора) являются наилучшими для каждого метода охлаждения.
- Влияние на эффективность солнечных модулей: Как охлаждение влияет на эффективность преобразования солнечной энергии в электричество.
- Стоимость и практичность: Сравнение стоимости и практичности различных методов охлаждения для массового применения.
- Долговременное воздействие: Как долгосрочное использование методов охлаждения влияет на срок службы и надежность солнечных модулей.

Эти выводы помогут определить наиболее подходящие стратегии для управления температурой солнечных панелей, что может привести к улучшению их эффективности и увеличению срока службы.

Список источников

1. Редкозубов, В. И. Перспективы солнечной энергетики в Саратовской области / В. И. Редкозубов, С. В. Шлюпиков, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 130-134. – EDN VYMPJP.
2. Естаулетов, А. А. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения надежности / А. А. Естаулетов, Ю. В. Иванкина // Актуальные проблемы энергетики АПК : Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 года. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 48-51. – EDN ZTSWJD.
3. 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. – EDN TZJOQT.
4. Иванкина, Ю. В. Оценка состояния электрооборудования с точки зрения теории надёжности / Ю. В. Иванкина, М. С. Милешин // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики : Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Саратов, 25 декабря 2020 года. – Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2020. – С. 135-138. – EDN IMETWC.
5. Дозорова, И. Г. Автономная система электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии

Научная статья
УДК 621.313

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Семен Дмитриевич Россошанский¹, Оксана Владимировна Логачёва²,
Семен Валерьевич Косолапов³

^{1,2,3} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

¹ simon.rise2033@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-2756-0206>

² sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

³ Mtv591402200@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-4375-2437>

Аннотация. В статье рассмотрены современные способы повышения надежности электрооборудования, которые представляют собой комплексный подход, включающий использование передовых технологий и материалов, а также развитие интеллектуальных систем управления и диагностики.

Ключевые слова: надёжность, интеллектуальные системы диагностики, прогнозирование, Интернет вещи, мониторинг.

Для цитирования: Россошанский, С.Д. Современные способы повышения надежности электрооборудования / С.Д. Россошанский, О.В. Логачёва, С.В. Косолапов // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией С.М. Бакирова. Саратов, 2024. С.

Original article

MODERN WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Semyon Dmitrievich Rossoshansky¹, Oksana Vladimirovna Logacheva², Semyon
Valerievich Kosolapov³

^{1,2,3} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ simon.rise2033@gmail.com <https://orcid.org/0009-0001-2756-0206>

² sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

³ Mtv591402200@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-4375-2437>

Annotation. The article discusses modern methods of increasing the reliability of electrical equipment, which represent an integrated approach, including the use of advanced technologies and materials, as well as the development of intelligent control and diagnostic systems.

Keywords: reliability, intelligent diagnostic systems, forecasting, Internet of things, monitoring.

For citation: Rossoshansky, S.D. Modern methods of increasing the reliability of electrical equipment / S.D. Rossoshansky, O.V. Logacheva, S.V. Kosolapov // In the collection: Current problems of energy in the agro-industrial complex. Materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation. Under the general editorship of S.M. Bakirov. Saratov, 2024. S.

Введение. В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке и внедрении новых методов и технологий, направленных на повышение надежности электрооборудования. Современные подходы включают использование интеллектуальных систем диагностики, внедрение инновационных материалов и технологий, а также совершенствование методов прогнозирования и профилактики отказов. Интеллектуальные системы диагностики, основанные на анализе больших данных (Big Data) и машинном обучении, позволяют оперативно выявлять и прогнозировать потенциальные неисправности, что способствует своевременному принятию превентивных мер.

Интеграция цифровых технологий и Интернета вещей (IoT) также играет ключевую роль в повышении надежности электрооборудования. Благодаря IoT устройства могут взаимодействовать друг с другом и с центральными системами управления в реальном времени, обеспечивая постоянный мониторинг и анализ состояния оборудования. Это позволяет не только оперативно реагировать на возникающие проблемы, но и оптимизировать режимы работы, что значительно повышает общую надежность и эффективность электрических систем.

Совершенствование методов прогнозирования и профилактики отказов также является важным направлением в повышении надежности электрооборудования. Использование продвинутых математических моделей и алгоритмов позволяет точнее оценивать вероятности отказов и разрабатывать более эффективные стратегии технического обслуживания и ремонта [3].

Таким образом, современные способы повышения надежности электрооборудования представляют собой комплексный подход, включающий использование передовых технологий и материалов, а также развитие интеллектуальных систем управления и диагностики. Рассмотрение и анализ новейших достижений в этой области позволяют выявить наиболее эффективные методы и подходы, которые могут быть применены для повышения эксплуатационной надежности и безопасности электрических систем различного назначения.

Материалы и методы. Рассмотрим наиболее распространённые способы повышения надежности электрооборудования. Определим их достоинства и недостатки.

Интеллектуальные системы диагностики и мониторинга начали активно использоваться в промышленности с конца 1990-х и начала 2000-х годов. Этот период характеризовался развитием технологий сбора и анализа данных, а также ростом вычислительных мощностей.

Данный метод предлагает множество преимуществ для предприятий, работающих с электрооборудованием, поскольку системы позволяют выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях, что снижает риск серьезных аварий и отказов [1]. Так же интеллектуальные системы диагностики помогают оптимизировать графики технического обслуживания, что сокращает незапланированные простои.

На графиках представлены изменения ключевых показателей надежности электрооборудования до и после внедрения интеллектуальных систем диагностики и мониторинга:

1. Количество отказов оборудования: Снижение количества отказов после внедрения систем.
2. Время простоя: Сокращение времени простоя оборудования благодаря своевременному выявлению и устранению неисправностей.
3. Эксплуатационные затраты: Снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание.
4. Срок службы оборудования: Увеличение срока службы оборудования за счет оптимизации режимов работы и своевременного технического обслуживания.

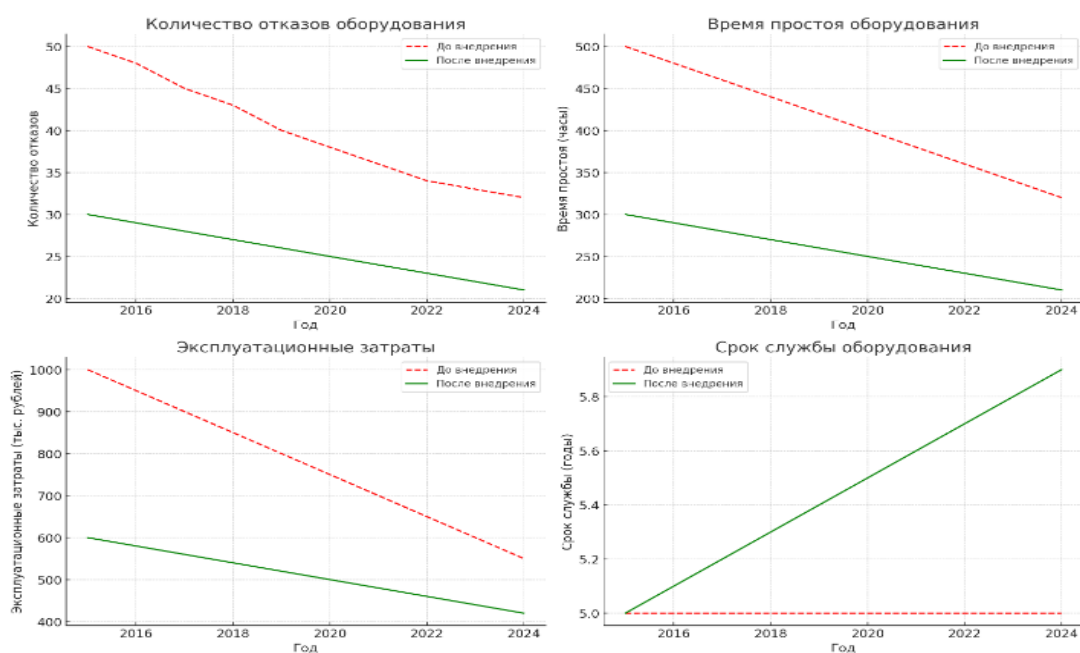


Рисунок 1 – Графики эффективности внедрения интеллектуальных систем диагностики и мониторинга

Помимо неоспоримых преимуществ, у данного метода можно выделить следующие недостатки:

- Высокая стоимость внедрения.

Разработка, установка и интеграция интеллектуальных систем требуют значительных первоначальных инвестиций, а также существенные затраты на модернизацию существующего оборудования для совместимости с новыми системами.

- Сложность интеграции.

Трудности при интеграции новых систем с существующей инфраструктурой предприятий и необходимость в высококвалифицированном персонале для настройки и поддержания работы систем.

- Зависимость от качества данных.

Эффективность работы систем зависит от качества и объема собранных данных. Недостаточная или некорректная калибровка датчиков может привести к неправильным выводам и прогнозам.

- Проблемы с адаптацией.

Не все сотрудники готовы к использованию новых технологий, что может вызвать сопротивление изменениям. Необходимость обучения и повышения квалификации персонала для эффективного использования систем [2].

Среди предприятий, внедривших данный метод можно выделить:

Россети, применяющие интеллектуальные системы для мониторинга и управления электрическими сетями, мониторинга трансформаторов, подстанций и линий электропередачи, что позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности.

Интер РАО использует системы мониторинга для обеспечения надежной работы своих энергетических объектов, состояния генераторов, турбин и другого критически важного оборудования на электростанциях.

Росатом внедряет системы мониторинга и диагностики для обеспечения безопасности и надежности работы своих атомных электростанций, состояния реакторов, турбин и систем охлаждения.

Интеграция IoT (Интернет вещей) позволяет подключать оборудование к сети для сбора и передачи данных в режиме реального времени.

Среди преимуществ можно выделить постоянный мониторинг. Данные собираются и анализируются в режиме реального времени, что позволяет быстро реагировать на изменения состояния оборудования.

Интеграция с другими системами: IoT-устройства могут интегрироваться с другими системами управления производством, что повышает общую эффективность работы предприятия.

На графиках представлена эффективность применения IoT (интернета вещей) и корреляции надежности электрооборудования.

1. Количество отказов оборудования:

До внедрения IoT: количество отказов постепенно снижалось, однако с внедрением IoT это снижение стало более значительным.

После внедрения IoT: наблюдается существенное сокращение количества отказов благодаря более эффективной диагностике и мониторингу.

2. Время простоя оборудования:

До внедрения IoT: время простоя постепенно уменьшалось, но медленными темпами.

После внедрения IoT: время простоя резко сократилось, что свидетельствует о быстром реагировании на потенциальные проблемы и их своевременном устранении.

3. Эксплуатационные затраты:

До внедрения IoT: затраты снижались, но недостаточно быстро.

После внедрения IoT: значительное сокращение затрат на обслуживание и ремонт оборудования благодаря предиктивному обслуживанию.

4. Срок службы оборудования:

До внедрения IoT: срок службы оставался стабильным.

После внедрения IoT: наблюдается постепенное увеличение срока службы оборудования благодаря более эффективному управлению его состоянием.

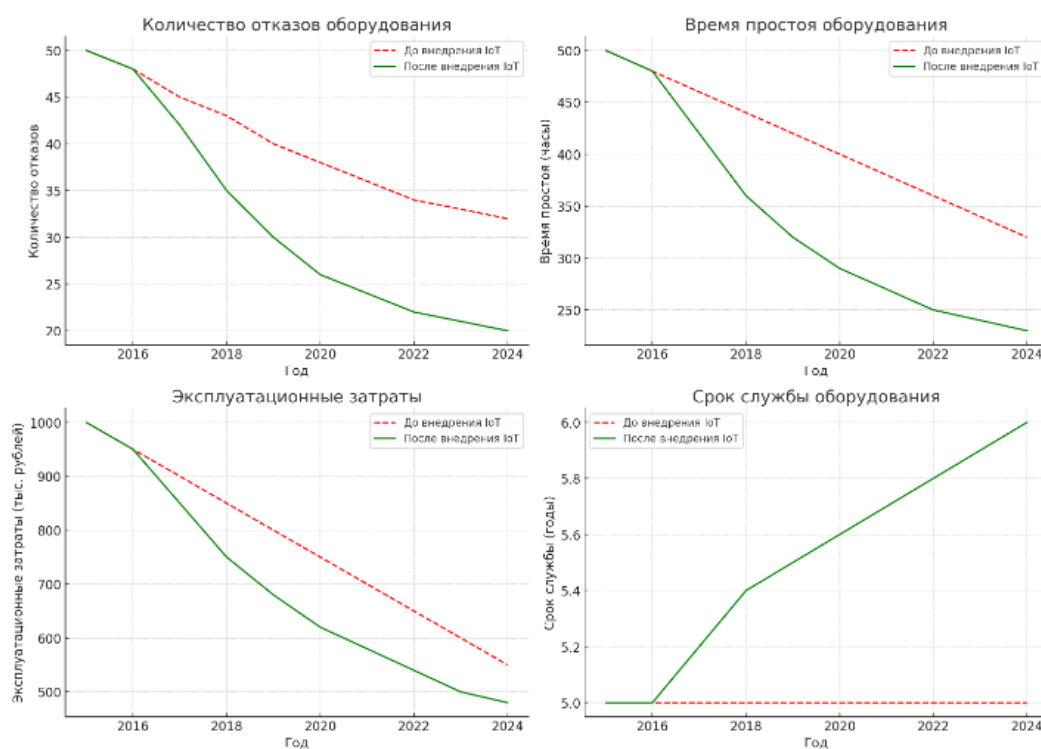


Рисунок 2 – Графики эффективности внедрения интернета вещей

У данного метода также есть недостатки, вроде безопасности данных, так как подключение оборудования к сети создает риски кибербезопасности, требующие дополнительных мер защиты [7].

Инфраструктурные требования так же имеют негативные последствия. Для эффективного использования IoT требуется надежная инфраструктура связи и хранения данных.

Результаты исследования. Исходя из собранных данных, можно составить сравнительную диаграмму эффективности внедрения интеллектуальных систем диагностики и мониторинга и IoT.

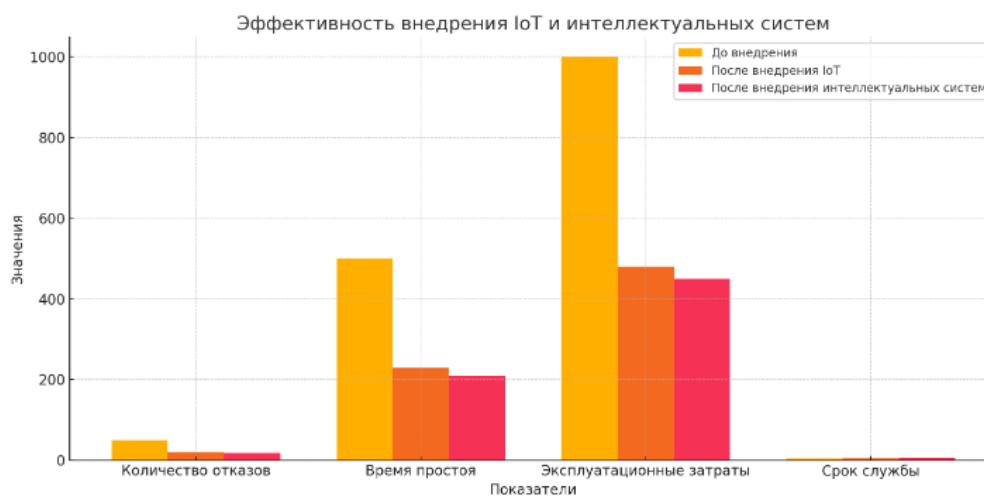


Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма

На диаграмме представлены сравнительные данные по четырем ключевым показателям: количество отказов, время простоя, эксплуатационные затраты и срок службы оборудования. Данные сравниваются до внедрения технологий, после внедрения IoT и после внедрения интеллектуальных систем диагностики и мониторинга.

1.Количество отказов: Значительное снижение после внедрения как IoT, так и интеллектуальных систем.

2.Время простоя: Существенное уменьшение времени простоя после внедрения обеих технологий.

3. Эксплуатационные затраты: Снижение затрат на обслуживание и ремонт оборудования.

4. Срок службы оборудования: Увеличение срока службы оборудования благодаря улучшенному управлению его состоянием.

Эти результаты демонстрируют, что обе технологии значительно улучшают показатели надежности и эффективности электрооборудования, при этом интеллектуальные системы показывают чуть лучшие результаты по некоторым показателям [5, 6].

Заключение. Совершенствование методов прогнозирования и профилактики отказов электрооборудования посредством внедрения интеллектуальных систем диагностики и мониторинга, а также использования технологий интернета вещей (IoT), позволяет значительно повысить надежность и эффективность работы оборудования. Эти технологии предоставляют возможность постоянного мониторинга состояния оборудования, выявления аномалий и прогнозирования возможных отказов.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, внедрение этих технологий связано с определенными трудностями, такими как высокие первоначальные затраты, сложность интеграции в существующие системы и необходимость квалифицированного персонала.

Список источников

1. Лошкарев, И. Ю. Стратегии технического обслуживания и ремонта асинхронных двигателей / И.Ю. Лошкарев, О.В. Логачева, А.В. Волгин // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VIII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2017 – С. 162-164. – EDN ZQZBII
2. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 222-223. – EDN XGQPWN
3. URL: <https://www.siemens.com/global/en/products/services/digital-enterprise-services/analytics-artificial-intelligence-services/predictive-services.html> (Дата обращения: 23.05.2024).
5. Спиридонов, А.А. Стоимостный подход к капитальному ремонту электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 219-221. – EDN XGQPVX
6. Спиридонов, А.А. К вопросу оптимизации надежности электрических систем / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 266-268. – EDN UEEIRV
7. Сохинов, Д. Ю. Надежность функционирования электрических систем / Д.Ю. Сохинов, О. В. Логачёва // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019 – С. 208-211. – EDN NRSOCS

©Россошанский С.Д., Логачёва О.В., Косолапов С.В., 2024

Научная статья
УДК 620

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ КОМБИНИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Саяпин Василий Васильевич¹

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

¹SayapinVV@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

Аннотация. В статье приводится анализ преимуществ и недостатков комбинированных источников теплоснабжения.

Ключевые слова: комбинированный источник теплоснабжения, энергоэффективность, тепловая энергия, снижение затрат, энергоснабжение.

Для цитирования: Саяпин В.В. Анализ преимуществ и недостатков комбинированных источников теплоснабжения/ Саяпин В.В. // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ANALYSIS OF ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF COMBINED HEAT SUPPLY SOURCES SAYAPIN VASILY VASILYEVICH¹

¹Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia

¹SayapinVV@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-9623-4752>

Annotation. The article provides an analysis of the advantages and disadvantages of combined heat supply sources.

Keywords: combined heat supply source, energy efficiency, thermal energy, cost reduction, energy supply.

For citation: Sayapin V.V. Analysis of advantages and disadvantages of combined heat supply sources/ Sayapin V.V. // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Комбинированные источники теплоснабжения являются современным и эффективным решением для обеспечения тепловой энергией различных объектов. Эта технология предполагает комбинированное использование различных видов энергетических источников, таких как газ, электричество, солнце, ветер и тепловые насосы.

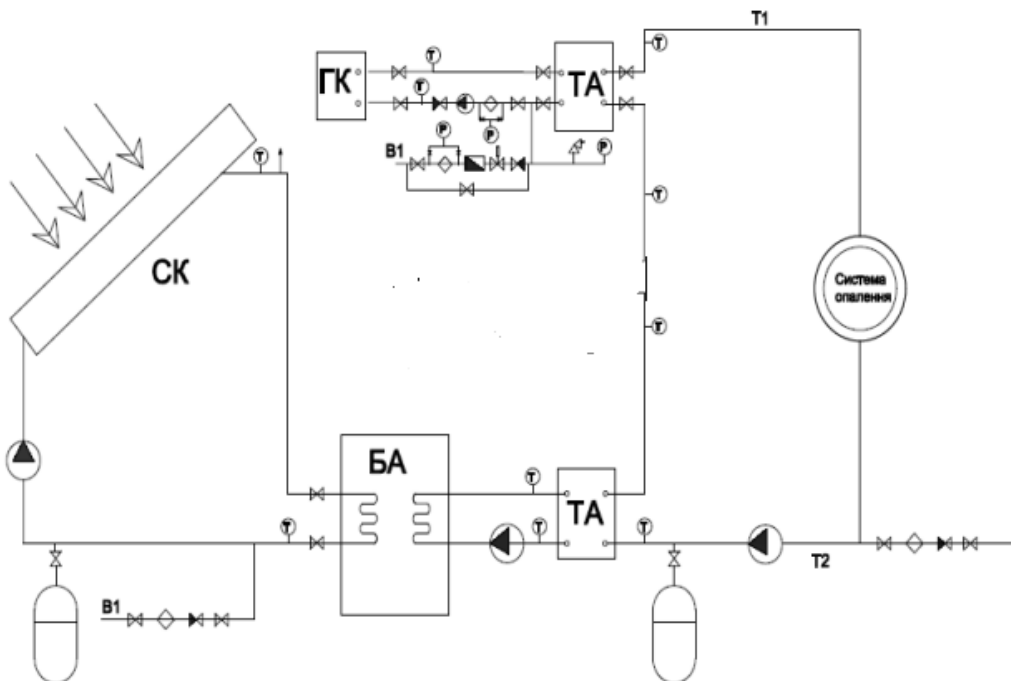


Рис.1. Принципиальная схема комбинированной системы теплоснабжения

Одним из основных преимуществ комбинированных источников теплоснабжения является возможность использования наиболее эффективных и доступных источников энергии в каждом конкретном случае. Например, в холодные зимние месяцы, когда потребление тепла наиболее высоко, можно задействовать газовые котлы или тепловые насосы. Однако в более теплый период года, можно полностью переключиться на использование солнечной или ветровой энергии.

Одним из основных преимуществ комбинированного источника теплоснабжения является его экономическая эффективность. Благодаря сочетанию различных источников энергии, такой системе удастся использовать их преимущества и минимизировать недостатки в целях оптимизации расходов на обеспечение теплом.

Первым важным аспектом экономической эффективности комбинированного источника теплоснабжения является его способность оптимизировать использование энергии. Такие системы позволяют недорого получать тепло из доступных источников, таких как солнечная энергия или геотермальные источники, при условии, что они доступны в данном районе. Это позволяет снизить затраты на покупку топлива или электроэнергии и, следовательно, уменьшить операционные расходы.

Кроме того, комбинированный источник теплоснабжения способен улучшить энергетическую эффективность системы в целом. Благодаря сочетанию различных источников энергии и использованию тепловых сетей, которые эффективно перераспределяют тепло между различными зданиями или потребителями, комбинированные системы могут обеспечить более эффективное использование произведенной энергии. Это позволяет уменьшить

потери и повысить общую энергетическую эффективность, что также положительно влияет на экономическую составляющую проекта.

Дополнительным фактором, способствующим экономической эффективности комбинированного источника теплоснабжения, является его долговечность и надежность. Использование нескольких источников энергии в системе позволяет уменьшить риск полного отказа и повысить надежность работы системы в целом. Это снижает вероятность простоев и сопутствующих финансовых потерь, что в свою очередь способствует повышению экономической эффективности.

Комбинированный источник теплоснабжения является одним из наиболее эффективных и экологически чистых способов обеспечения необходимым теплом больших территорий или промышленных объектов. Он объединяет в себе использование нескольких технологий, позволяя оптимально использовать доступные ресурсы и при этом минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Одним из основных преимуществ комбинированного источника теплоснабжения является его обширный выбор вариантов подключения различных видов теплоснабжения. Например, он может включать в себя парогазовые турбины, которые работают на сжигании газа или угля, солнечные коллекторы, геотермальные системы и др. Такое разнообразие позволяет максимально эффективно использовать различные виды энергоресурсов, что способствует уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Кроме того, комбинированный источник теплоснабжения имеет возможность использовать отходы и низкопотенциальные источники тепла, что делает его еще более экологически чистым. Например, при сжигании мусора или биомассы можно производить тепло и энергию, не только эффективно решая проблему утилизации отходов, но и сокращая использование ископаемых видов топлива.

Еще одним важным аспектом является энергоэффективность комбинированного источника теплоснабжения. Благодаря использованию разных технологий, ему удастся снизить потребление топлива, а следовательно, и выбросы углекислого газа. Это позитивно сказывается на улучшении экологической обстановки и снижении влияния на изменение климата.

Также стоит отметить, что комбинированный источник теплоснабжения способствует диверсификации энергетического комплекса. Это очень важно с точки зрения снижения рисков и обеспечения непрерывности и устойчивости энергоснабжения. При использовании комбинированного источника теплоснабжения разнообразных видов энергии, есть возможность переключаться на более доступные и экологически чистые ресурсы в случае исчерпания или отсутствия одного из них.

Однако, несмотря на все преимущества, комбинированные источники теплоснабжения также имеют свои ограничения. Во-первых, внедрение таких систем требует значительных инвестиций и высокого уровня технического оборудования. Во-вторых, не всегда возможно гарантировать стабильность

поставки энергии от возобновляемых источников, так как они зависят от погодных условий и временных ограничений.

Комбинированный источник теплоснабжения является эффективной инженерной системой, применяемой на промышленных предприятиях. Он обеспечивает надежное и экономичное тепло для различных процессов, увеличивая тем самым энергетическую эффективность предприятия.

Одним из ключевых компонентов комбинированного источника теплоснабжения является совместное использование тепла, получаемого от нескольких источников энергии. Классическими примерами таких источников могут быть паровые котлы, турбины, солнечные панели, газовые двигатели и прочие возобновляемые источники энергии.

Целью комбинированного источника теплоснабжения является максимальное использование отходов тепловой энергии, что позволяет значительно снизить затраты на производство тепла. В системе используется тепло, которое в обычных условиях может быть потеряно, и направляется на целевые процессы, такие как обогрев помещений, нагрев воды, плавка металлов и другие тепловысвобождающие операции.

Кроме того, комбинированный источник теплоснабжения способен адаптироваться к различным условиям производства, что делает его универсальным решением для разных отраслей и масштабов предприятий. Его гибкость в настройке и управлении позволяет оптимизировать процессы и достичь максимальной энергетической эффективности.

Заключение. Таким образом, комбинированные источники теплоснабжения имеют больше преимуществ, чем недостатков и играют важную роль в повышении энергоэффективности.

Список источников

1. Гладышев Н.Н. Источники систем теплоснабжения ЖКХ: учебно – методическое пособие для студентов заочной формы обучения ВШТЭ СПбГУПТД - СПб., 2018.- 97 с.
2. Сериков Э.А. Теплоэнергетические системы и энергоиспользование в теплотехнологическом производстве: Учебное пособие для вузов. – 2-ое издание, дополненное. – Алматы. 2017
3. Гелиосистемы и тепловые насосы в системах автономного тепло- и холодоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2600 (дата обращения: 08.05.2024).

© Саяпин В.В., 2024

Научная статья
УДК 65.011.85:664

РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА

КАРАМЕЛИ

Талмазова Дарья Вячеславовна¹, Семенов Александр Сергеевич², Сохинов Дмитрий Юрьевич³

^{1,2}Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия

¹Darua.mrazb@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7799-7699>

²kustarnichek@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8483-6694>

³Sohinovdju@mgupp.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0030-8580>

Аннотация. В настоящей статье приведены некоторые результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для определения качества карамели. Для этих целей предложена система распознавания и классификации изделий, в основе которой используется сверточная нейронная сеть. Приведена предварительная оценка точности и потерь нейронной сети.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, алгоритмы искусственного интеллекта, сверточные нейронные сети, архитектура нейронных сетей.

Для цитирования: Семенов А.С. Реализация нейронной сети для определения качества карамели / А.С. Семенов, Д.В. Талмазова, Д.Ю. Сохинов // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Введение. Разработка автоматизированных систем контроля качества продукции становится все более актуальной в контексте современной промышленности. В частности, использование систем компьютерного зрения (СКЗ) для контроля качества кондитерских изделий, таких как карамель, представляет собой перспективное направление. Это обусловлено не только повышением требований к качеству продукции, но и необходимостью увеличения производственной эффективности и снижения риска возможных бракованных изделий.

Внедрение подобных систем позволяет компаниям быть конкурентоспособными на рынке, обеспечивая высокое качество продукции при оптимизации производственных процессов. СКЗ позволяет контролировать соблюдение температурных параметров и время охлаждения, что способствует поддержанию оптимальных условий производства и предотвращению отклонений.

Таким образом, внедрение системы компьютерного зрения на этом этапе производства карамельных конфет может оказать значительное воздействие на качество и эффективность производства.

Материалы и методы. Важным этапом разработки СКЗ является реализация нейронной сети. В частности, перед началом обучения специализированной нейронной сети, например, на архитектуре YOLOv3, для определения качества

карамели, необходимо акцентировать внимание на методологических аспектах подготовки и курирования набора данных [1-3]. Этот шаг играет ключевую роль в обеспечении высокой производительности и обобщающей способности модели.

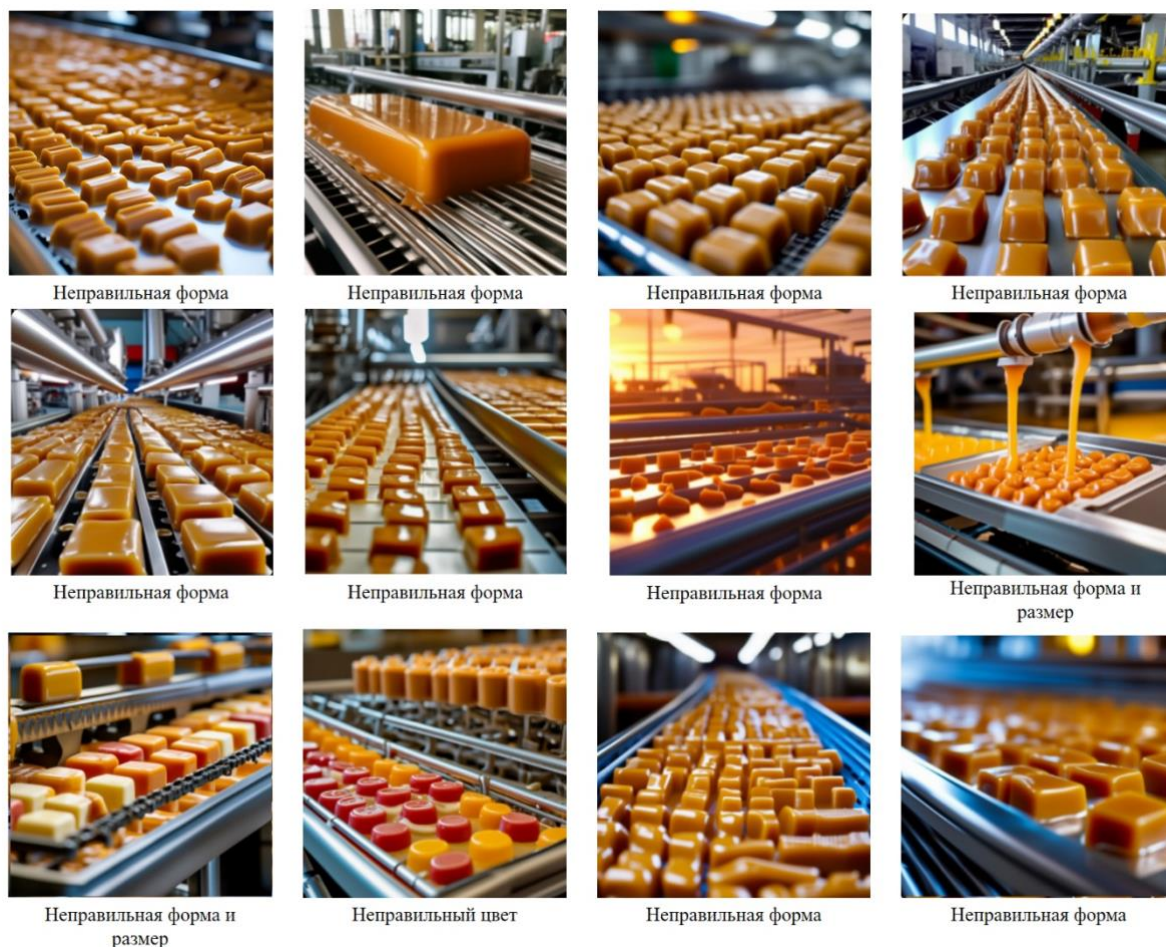


Рисунок 1 - Пример входных изображений

Выбор архитектуры нейронной сети играет решающую роль в успешности проекта. YOLOv3, с его способностью проводить обнаружение объектов в реальном времени, становится идеальным выбором. Однако, настройка параметров, таких как размер изображения и количество якорей, необходима для адаптации модели к уникальным характеристикам нашего набора данных [4-7].

Архитектура YOLOv3 включает в себя несколько ключевых компонентов, в том числе backbones, которые выполняют роль классификаторов. Для оптимальной производительности в задачах обнаружения объектов часто используются сети из семейства Darknet. В данном исследовании был проведен анализ применения различных версий Darknet в качестве backbone для YOLOv3 с учетом поставленных задач.

Эксперименты включали в себя обучение на имеющихся данных в течение 100 эпох с прекращением обучения после 10 эпох без улучшения показателя mAP. После изучения первых четырех архитектур от Darknet-19 до

Darknet-53, на графике зависимости показателя mAP от эпохи обучения было обнаружено, что увеличение количества параметров (от Darknet-19 до Darknet-53) приводит к ухудшению точности детекции объектов. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании Darknet-19 в качестве backbone.

Результаты и обсуждение. Анализ графика зависимости потерь от эпохи обучения подтвердил явление переобучения, где ошибка на валидационных данных перестает уменьшаться после 10-й эпохи, в то время как потери на тренировочных данных продолжают снижаться. Этот эффект переобучения приводит к неточным предсказаниям модели на новых данных, несмотря на высокую точность на тренировочных данных [8,9].

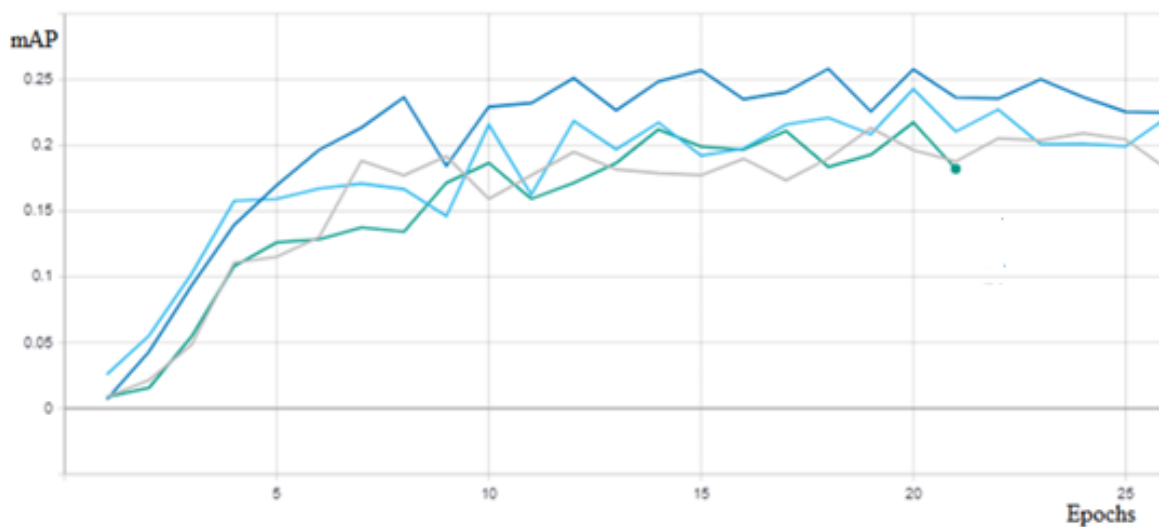


Рисунок 2 - График зависимости показателя mAP от эпохи обучения

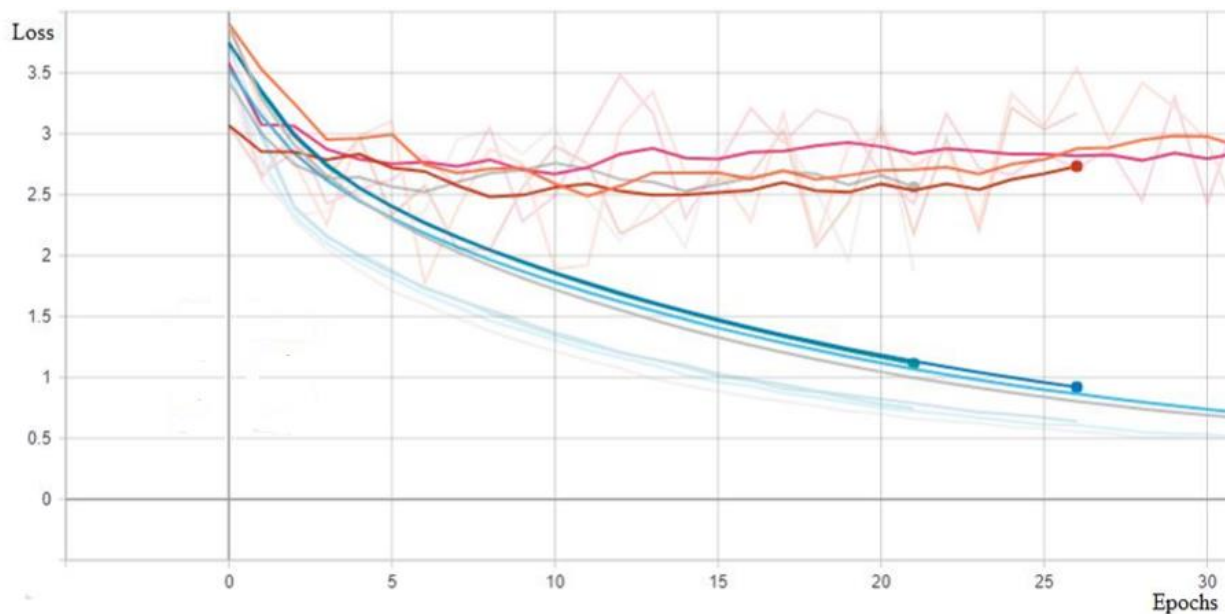


Рисунок 3 - График зависимости потерь сети от эпохи обучения

На основе проведенных исследований с использованием нейросети YOLOv3 для оценки качества карамели были сделаны значимые выводы. По результатам анализа графиков было обнаружено, что увеличение размера

backbone сопровождается уменьшением точности и усилением эффекта переобучения. Эти наблюдения играют важную роль в контексте задачи оценки качества характеристик на фотографиях карамели.

Один из важных аспектов при настройке нейросетей, таких как YOLOv3, – это оптимизация якорных рамок. Размеры этих рамок должны максимально соответствовать размерам ограничивающих рамок, указанных в разметке данных. У якорных рамок четыре настраиваемых параметра: размер стороны рамки (sizes) и величина сдвига рамки (strides) – по одному значению на каждом уровне FPN, а также соотношение сторон (ratios) и коэффициенты масштабирования (scales) – по три значения на каждую рамку [10].

Для оптимизации использовались методы anchoroptimization. Важным шагом в этом процессе было проведение настройки для соотношений сторон и коэффициентов масштабирования. В таблице 1 представлены исходные параметры и новые значения, полученные в результате настройки. Эта процедура направлена на повышение точности детекции и лучшее соответствие размерам объектов, что существенно влияет на эффективность работы YOLOv3.

Таблица 1. Настройка якорных рамок

Параметр	По умолчанию	Новое значение
sizes	32, 64, 128, 256, 512	32, 64, 128, 256, 512
strides	8, 16, 32, 64, 128	8, 16, 32, 64, 128
ratios	0.5, 1, 2	0.602, 1.0, 1.66
scales	1, 1.26, 1.59	0.685, 0.858, 1.127

Рассмотрим на Python:

```
import cv2
import os
import numpy as np
import tensorflow as tf
from DataAugmentationForObjectDetection.augmentation import DataAugmentation
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
from tensorflow.keras.losses import MeanSquaredError
# Инициализация объекта для аугментации данных
augmentor = DataAugmentation()
# Инициализация оптимизатора и функции потерь для YOLOv3
yolo_optimizer = Adam(learning_rate=0.001)
yolo_loss = MeanSquaredError()
# Инициализация оптимизатора и функции потерь для CNN1
cnn1_optimizer = Adam(learning_rate=0.001)
cnn1_loss = MeanSquaredError()
# Обучение моделей
num_epochs = 100
for epoch in range(num_epochs):
    with open(annotation_file, 'w') as f:
        for filename in os.listdir(images_folder):
            if filename.endswith('.jpg') or filename.endswith('.png'):
```

```

image_path = os.path.join(images_folder, filename)
original_image = cv2.imread(image_path)
height, width, _ = original_image.shape
# Применение случайных аугментаций к изображению
augmented_image, _, _ = augmentor(original_image, [])
# Получение новых размеров изображения
height, width, _ = augmented_image.shape
# Обнаружение объектов с помощью YOLOv3
yolo_output = yolo_model.predict(np.expand_dims(augmented_image, axis=0))
# Передача аугментированного изображения в CNN1 для анализа формы и цвета
cnn1_output = cnn1.predict(np.expand_dims(augmented_image, axis=0))
# Запись информации о разметке в файл
f.write(f'{filename} {yolo_output} {cnn1_output}\n')
# Сохранение аугментированного изображения с разметкой
output_path = os.path.join(output_folder, filename)
cv2.imwrite(output_path, augmented_image)
# Обратное распространение ошибки и обновление весов для YOLOv3
yolo_loss_value = yolo_loss(y_true, yolo_output)
gradients = yolo_optimizer.gradient(yolo_loss_value, yolo_model.trainable_variables)
yolo_optimizer.apply_gradients(zip(gradients, yolo_model.trainable_variables))
# Обратное распространение ошибки и обновление весов для CNN1
cnn1_loss_value = cnn1_loss(y_true, cnn1_output)
gradients = cnn1_optimizer.gradient(cnn1_loss_value, cnn1.trainable_variables)
cnn1_optimizer.apply_gradients(zip(gradients, cnn1.trainable_variables))
# Сохранение обученных моделей
yolo_model.save('yolov3_model.h5')
cnn1.save('cnn1_model.h5')

```

Предоставленный код реализует обучение двух нейросетей: YOLOv3 для обнаружения объектов и пользовательской модели CNN1. Используется аугментация данных и обновление весов с использованием оптимизатора Adam и функции потерь MeanSquaredError. Обученные модели сохраняются в файлы 'yolov3_model.h5' и 'cnn1_model.h5'.

YOLOv3 использует функцию потерь, которая включает две составляющие: функцию потерь для классификации и функцию потерь для регрессии. Функция потерь классификатора имеет два параметра: α и γ , установленные по умолчанию на значения 0.25 и 2 соответственно. Функция потерь регрессора имеет единственный параметр σ , установленный по умолчанию на значение 3. Для определения оптимальных коэффициентов проведен Grid Search метод, варьируя значения каждого параметра. Обучение проведено в течение 20 эпох, и лучшие результаты за этот период представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Результат метода Grid Search для функции потерь классификации

	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.25$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.75$
$\gamma=0.5$	0.12 mAP	0.18 mAP	0.26 mAP	0.24 mAP
$\gamma=1.0$	0.15 mAP	0.22 mAP	0.20 mAP	0.18 mAP
$\gamma=2.0$	0.08 mAP	0.22 mAP	0.20 mAP	0.08 mAP

$\gamma=4.0$	0.09 mAP	0.13 mAP	0.17 mAP	0.09 mAP
--------------	----------	----------	----------	----------

Таблица 3. Результат метода Grid Search для функции потерь регрессии при $\alpha=0.5$ и $\gamma=0.5$

σ	mAP
1	0.21
3	0.26
5	0.22

Заключение. В исследовании архитектуры YOLOv3 с Darknet в качестве backbone было обнаружено, что увеличение размера backbone снижает точность детекции объектов. Оптимальные результаты достигнуты с использованием Darknet-19.

Анализ графиков подтвердил переобучение после 10-й эпохи обучения, что может снизить точность предсказаний на новых данных.

Увеличение размера backbone также уменьшило точность в задаче оценки качества карамели. Оптимизация якорных рамок с учетом соотношений сторон и коэффициентов масштабирования повысила точность детекции [11-13].

Предоставленный код реализует обучение YOLOv3 и CNN1 с использованием аугментации данных. Оптимизация функции потерь YOLOv3 с Grid Search позволила выбрать оптимальные параметры.

Исследования подчеркивают важность выбора компонентов архитектуры и оптимизации параметров для эффективного обнаружения объектов.

Список источников

1. Драгилев А.И., Сезанаев Я.М. Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства. М.: Колос, 2019. 496 с.
2. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства. Воронеж: Воронеж. гос.технол. акад., 2021. 432 с.
3. Федосьин Р.Л. Структура информационной системы контроля качества мяса в холодильной цепи / Федосьин Р.Л., Каргин В.А., Назойкин Е.А., Свиридов И.Э. // В сборнике: Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств. сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова. Курск, 2023. С. 310-314.
4. YOLO: Real-Time Object Detection [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pjreddie.com/darknet/yolo>
5. Каргин В.А. Перспективы внедрения систем компьютерного зрения для оценки качества нанесения маркировки / Каргин В.А., Щербаков А.В. // В сборнике: Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств. сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова. Курск, 2023. С. 212-216.
6. Исса Али Повышение эффективности оценки качества мяса применением систем технического зрения и сверточных нейронных сетей / Исса Али, Каргин

В.А. // В сборнике: Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств. сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова. Курск, 2023. С. 201-204.

7. Каргин В.А. Рекомендации по разработке архитектуры нейронной сети для контроля уровня ликера в бутылке на этапе розлива / Каргин В.А., Мокрушин С.А., Бикетов А.Р., Бею В.В. // В сборнике: Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности. Сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки. Москва, 2023. С. 225-229.

8. Redmon J. Yolo9000: Better, faster, stronger. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) [Электронный ресурс] / J. Redmon, A. Farhadi : Computing Research Repository (CoRR), 2022. – Режим доступа : <https://arXiv.org/abs/1612.08242>

9. Каргин В.А. Разработка и оценка нейронной сети для оценки качества яблок / Каргин В.А., Сохинов Д.Ю., Кишко В.В., Каверзин И.В. // В сборнике: Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств. сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова. Курск, 2023. С. 205-211.

10. Каргин В.А. Рекомендации по реализации интеллектуальной системы определения качества колбасных изделий / Каргин В.А., Кравченко Р.А., Кротов И.В., Резенов Е.Р. // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией С.М. Бакирова. Саратов, 2023. С. 119-127.

11. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks [Электронный ресурс] / S. Ren [and all] : Computing Research Repository (CoRR), 2021. – Режим доступа : <https://arXiv.org/abs/1506.01497>

12. Redmon J. YoloV3: An incremental improvement [Электронный ресурс] / J. Redmon, A. Farhadi : Computing Research Repository (CoRR), 2019. – Режим доступа : <https://arXiv.org/abs/1804.02767>

13. Каргин В.А. Результаты создания интеллектуальной системы с использованием нейросетевых технологий для оценки качества яблок при сортировке / Каргин В.А., Кишко В.В., Усанов К.М., Сохинов Д.Ю. // В сборнике: Вавиловские чтения - 2022. Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова. Саратов, 2022. С. 710-715.

© Талмазова Д.В., Семенов А.С., Сохинов Д.Ю., 2024

ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Талмазова Дарья Вячеславовна¹, Семенов Александр Сергеевич²,
Сумерин Вячеслав Андреевич³

^{1,2,3}Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия

¹Darua.mrazb@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7799-7699>

²kustarnichek@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8483-6694>

³vsoumerin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3843-079X>

Аннотация. Статья исследует задачу оптимизации расписаний с применением квантовых вычислений и QUBO. Представленный алгоритм трансформации данных обеспечивает совместимость с квантовыми и классическими компьютерами, демонстрируя эффективность метода в решении NP-сложных задач.

Ключевые слова: квантовые вычисления, QUBO, оптимизация расписаний, NP-сложные задачи, матрица Q, адиабатическая модель, трансформация данных, совместимость, эффективность метода.

Для цитирования: Талмазова Д.В. Применение квантового программирования в управлении производственными процессами / Д.В. Талмазова, А.С. Семенов, В.А. Сумерин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIV национальной конференции с международным участием/ Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

APPLICATION OF QUANTUM PROGRAMMING IN PRODUCTION PROCESS MANAGEMENT

Talmazova Darya Vyacheslavovna¹, Semenov Alexander Sergeevich², Sumerin Vyacheslav Andreevich³

^{1,2,3}Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

¹Darua.mrazb@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-7799-7699>

²kustarnichek@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8483-6694>

³vsoumerin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3843-079X>

Annotation. The article explores the task of optimizing schedules using quantum computing and QUBO. The presented data transformation algorithm provides compatibility with quantum and classical computers, demonstrating the effectiveness of the method in solving NP-complex problems.

Keywords: quantum computing, QUBO, optimization of schedules, NP-complex

problems, Q matrix, adiabatic model, data transformation, compatibility, efficiency of the method.

For citation: Talmazova D.V. Application of Quantum Programming in Production Process Management / D.V. Talmazova, A.S. Semenov, Sumerin V.A. //Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II national conference with international participation/ Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. В контексте обсуждения квантовых вычислений и биоинспирированных роботов, важно отметить роль графов как важного математического инструмента. Граф представляет собой абстрактную математическую структуру, состоящую из вершин (узлов) и рёбер (связей) между ними.

В случае квантовых вычислений, граф может быть использован для представления адиабатической модели. В этом контексте вершины графа представляют состояния системы (например, кубиты), а рёбра представляют взаимодействия между этими состояниями. Энергия системы вычисляется на основе весов рёбер и состояний вершин, что играет ключевую роль в определении состояния минимальной энергии.

Материалы и методы. Основной идеей описываемой концепции является абстракция в виде графа, представляющего собой интуитивное изображение взаимосвязей. В данном случае, граф представляет собой сеть, где узлы могут принимать два возможных дискретных состояния - 0 или 1. Энергия этой сети определяется суммой весов всех связей, при условии, что оба соединенных узла находятся в состоянии 1. В добавок к весам связей, каждый узел также обладает собственным весом, который добавляется к общей энергии сети, если узел находится в состоянии 1.

Реализация этой сети выполняется при помощи спиновых стёкол в форме 2D-решеток, подвергаемых адиабатической эволюции. Без вдавания в детали, можно выделить, что в результате этого эволюционного процесса система достигает своего минимального энергетического состояния, при котором частицы принимают определенные значения, минимизируя тем самым энергию всей сети.

Результаты и обсуждение. Важно отметить, что физическая реализация основана на базисе $+1 / -1$ (иначе известном как модель Изинга), в отличие от $0/1$. Несмотря на различия в представлении, оба варианта взаимозаменяемы и не воздействуют на сущность процесса.

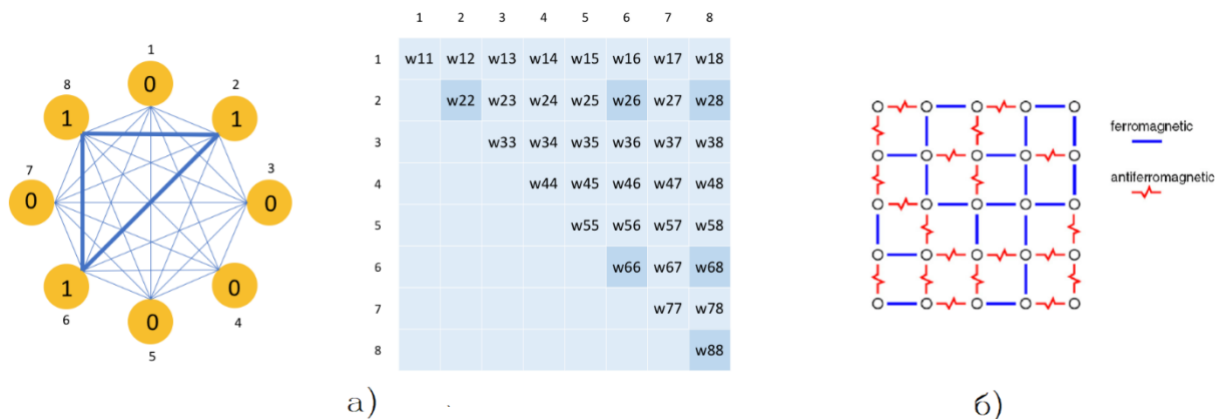


Рисунок 1 - Адиабатическая модель: а) графовое и б) спиновое представление

Математическая формализация предложенного выше сценария может быть выражена следующим образом:

$$\operatorname{argmin}_x (x^T \times Q \times x)$$

$$x = (x_1, x_2 \dots x_n), x_i \in (0,1)$$

С теоретической точки зрения, данную задачу в области оптимизации можно идентифицировать как квадратичную дискретную оптимизацию без ограничений (QUBO). Несмотря на ее внешнюю простоту, она обладает несколькими ключевыми характеристиками:

1. Проблема относится к классу NP-сложных задач, что подчеркивает ее вычислительную сложность. Даже для обычных компьютеров поиск точного решения становится крайне сложным при увеличении размерности свыше 25-100.

2. Любую известную задачу из класса NP-сложных можно свести к данному формату (QUBO).

3. Постановка задачи совместима как с квантовыми, так и с классическими компьютерами.

Учитывая, что рассматриваемая задача по составлению расписаний также принадлежит к классу NP-сложных, основная задача заключается в разработке алгоритма трансформации, в то время как остальные вычислительные задачи могут быть поручены квантовому (или классическому) компьютеру. Однако перед переходом к трансформации необходимо четко определить входные данные для задачи.

Существует множество вариаций задачи составления расписаний, которые зависят от различных факторов, таких как количество станков, объем операций, критичность сроков, возможные штрафы за их нарушение и другие особенности. Для упрощения рассмотрим сценарий с одним станком, несколькими задачами и жесткими сроками их выполнения. В случае соблюдения срока выполнения задачи исполнитель получает определенную компенсацию, а в случае нарушения срока – не получает.

Обобщим входные условия:

1. Дано n задач и 1 станок;
2. Для каждой задачи известно:
 - Время выполнения (t_i),

- Срок выполнения (d_i),
 - Премия (p_i).
3. Если задача выполнена в срок (т.е. $t_{start_i} + t_i \leq d_i$), то назначается премия p_i ;
4. Задачи выполняются строго последовательно;
5. Задачи можно выполнять в любой последовательности.

Необходимо:

Определить последовательность выполнения задач ($t_{start_1}, t_{start_2}, \dots, t_{start_n}$) таким образом, чтобы максимизировать суммарную премию $P = \sum(p_i)$, для всех i для которых выполняется условие $t_{start_i} + t_i \leq d_i$.

Все дальнейшие иллюстрации будут приведены для следующих входных данных:

```
# Время выполнения задач
times = [2, 2, 1, 1]
# Сроки
deadlines = [3, 4, 4, 3]
# Премии
profits = [23, 20, 37, 36]
```

Для эффективного решения данной задачи требуется создать преобразование начальных условий проблемы в квадратичную форму матрицы Q так, чтобы функция $x^T \times Q \times x$ достигала минимума только в случае, если условие максимизации общей премии P выполняется.

Введем индекс $k_{i,t}$, который соответствует i -ой задаче, запущенной в момент времени t :

$$k_{i,t} = i \times T_{max} + t$$

Тогда значения элементов вектора x обозначим как:

$$x_{k_{i,t}} = \begin{cases} 1 & \text{если } i \text{ задача запущена в } t \text{ момент времени} \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

Теперь определим функционал Q как сумму штрафов и премий:

1. Штрафная добавка за повторный запуск задачи:

$$Q[k_{i,t_1}, k_{i,t_2}] = P_1 \\ t_2 \neq t_1$$

2. Штрафная добавка за нарушение условия последовательного выполнения задач:

$$[k_{i,t_1}, k_{i,t_2}] = P_2 \\ t_1 \leq t_2 \leq t_1 + t_i$$

3. Премия за выполнение задачи раньше крайнего срока:

$$Q[k_{i,t_1}, k_{i,t_2}] = -p_i \\ t + t_i \leq d_i$$

Значение премии отрицательно. Это обусловлено тем, что цель заключается в минимизации функционала.

Полученная в результате матрица Q выглядит следующим образом (для

иллюстрации рассмотрим частный случай):

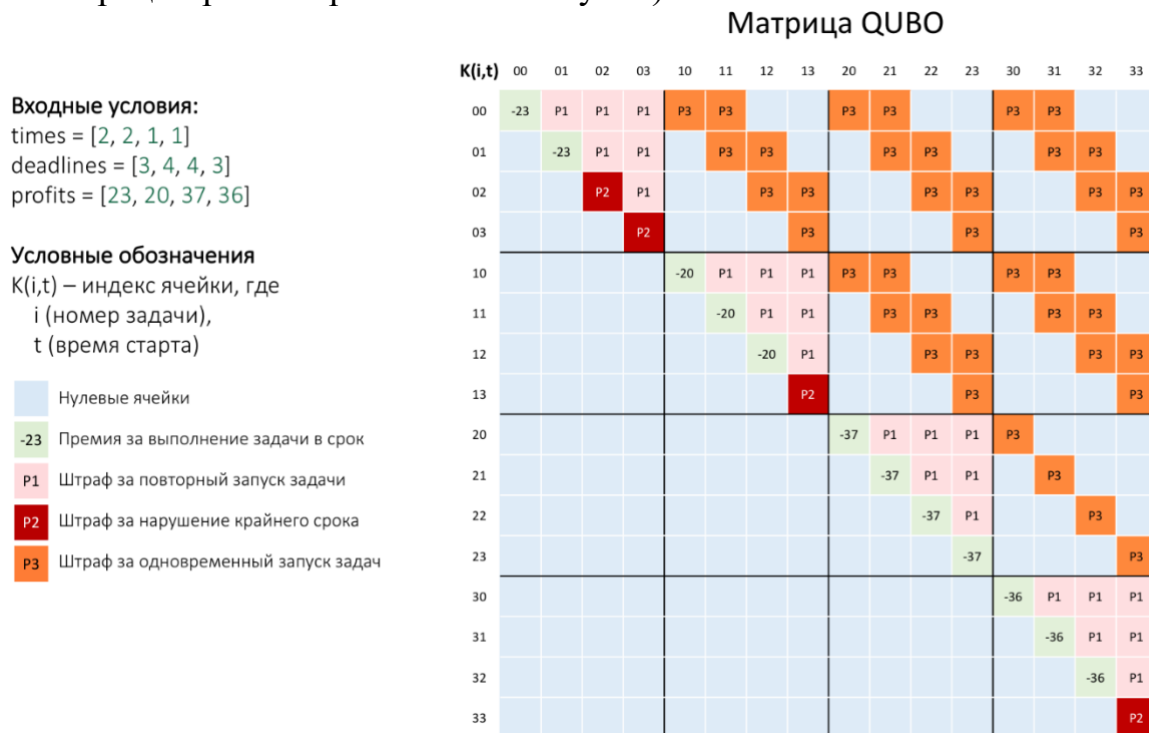


Рисунок 2 - Форма матрицы Q

Теперь переложим сформулированную трансформацию в код.
 Введем вспомогательные функции кодировки и декодировки индексов.

```
def decode_index(i, max_time):
    job_id = i // max_time
    start_time = i - job_id * max_time
    return job_id, start_time

def encode_index(job_id, start_time, max_time):
    return job_id * max_time + start_time
```

Трансформация завершена, и теперь имеется возможность конвертировать входную задачу в матрицу Q, находить ее минимум и получать оптимальные расписания задач. Как утверждалось ранее, поиск минимума функционала QUBO может осуществляться не только на квантовом компьютере, но и при помощи методов прямого перебора (brute-force), а также линейаризации задачи с последующим использованием линейных солверов.

Метод прямого перебора ограничен взрывным ростом размерности, делая вычисление матриц размером более 25x25 научно и технически сложным. Применение линейаризации позволяет искать точный минимум для размерностей до 100x100, а также находить субоптимальные решения на более высоких размерностях.

Учитывая, что размерность матрицы Q линейно зависит от произведения $n \times T_{max}$, где n - количество задач, а T_{max} - максимальный крайний срок,

матрица будет иметь размерность 16 x 16, что обеспечивает возможность научного решения задачи при применении любого из упомянутых методов.

Проведем визуальный анализ решения задачи. Замечаем, что решатель выделил задачи 0, 2 и 3 (задача 1 не отображена на графике, поскольку она не входит в оптимальное решение). Эта комбинация обеспечивает максимальную премию в размере $23 + 37 + 36 = 96$. Если бы решатель попытался выполнить также и задачу 1 вовремя (с установленным сроком выполнения в 4), это привело бы к нарушению сроков для одной из оставшихся задач, что привело бы к уменьшению суммарной премии.

Приведенный пример иллюстрирует, что решатель правильно выбирает последовательность задач, оптимизируя целевую функцию. Используя предоставленный код, исследователи могут провести эксперименты с более сложными комбинациями задач.

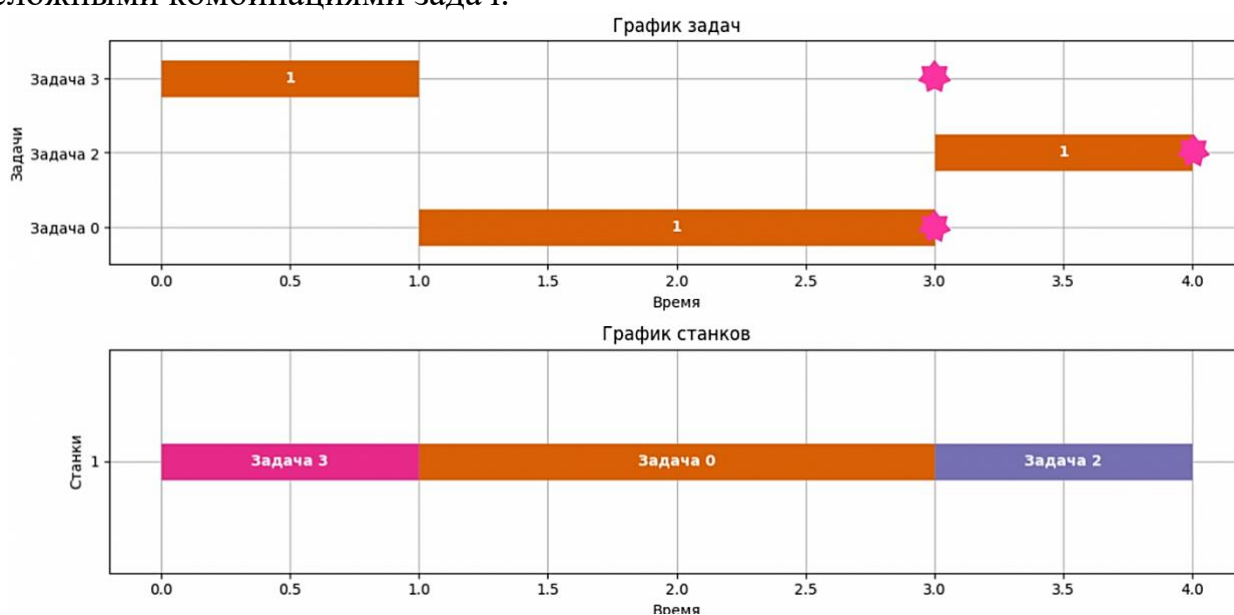


Рисунок 3 - Итоговое расписание

В настоящее время квантовые чипы, реализующие адиабатическую модель вычислений, демонстрируют наиболее благоприятную динамику с точки зрения масштабирования. Основным участником в данной области является канадская компания D-Wave, предположительно единственный вендор, который регулярно докладывает о удвоении числа кубитов в своих вычислителях (практически соответствуя закону Мура) и поставляет свои компьютеры в промышленных масштабах в крупные исследовательские центры США и Европы.

Для исследователей из ограниченного круга стран доступен облачный сервис D-Wave Leap на некоммерческой основе. Регистрируясь на их портале (недоступной регистрацией из РФ), пользователи могут получить тестовый доступ в объеме 1 минуты в месяц. Ниже приведен пример взаимодействия с бэкендом D-Wave и решения описанной задачи.

```
from dwave.system.samplers import DWaveSampler
from dwave.system.composites import EmbeddingComposite
```

```

def solve_qubo(Q, API_KEY):
    q = {}
    size = len(Q)
    for i in range(size):
        for j in range(size):
            q[(i,j)] = Q[i][j]

    sampler =
EmbeddingComposite(DWaveSampler(token=API_KEY))
    response = sampler.sample_qubo(q, num_reads=200)

    min_energy = np.inf
    min_spins = None
    for sample, energy in response.data(['sample',
'energy']):
        if energy < min_energy:
            min_spins = sample
            min_energy = energy

    return [min_spins[i] for i in range(len(min_spins))],
min_energy

```

Заключение. Представленная статья рассматривает задачу оптимизации в области составления расписаний с использованием квантовых вычислений и концепции квадратичной дискретной оптимизации без ограничений (QUBO). Теоретический подход к задаче включает ее идентификацию как NP-сложной, подчеркивая вычислительную сложность даже для классических компьютеров при увеличении размерности.

Статья предлагает алгоритм трансформации входных данных задачи в матрицу Q для применения на квантовых или классических компьютерах. Важным аспектом является подчеркивание совместимости данной постановки задачи с обоими типами вычислительных устройств.

Авторы также подчеркивают сложность задачи составления расписаний, вводя вариации в зависимости от различных факторов. Для решения этой задачи предложен алгоритм, который может быть реализован на квантовых или классических компьютерах.

Представленный код и примеры решения иллюстрируют эффективность метода и поддерживают идею применения квантовых вычислений в задачах оптимизации. Однако, следует отметить, что практическое применение на квантовых устройствах может столкнуться с вызовами, такими как сложности в регистрации на платформах и ограниченный доступ к вычислительным ресурсам.

Список источников

1. Баскаков П.Е. Инструменты для выполнения и эмуляции квантовых вычислений / П.Е. Баскаков, Ю.Ю. Хабовец, И.А. Пилипенко, В.О. Кравченко, Л.В. Черкесова // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/>
2. Белкин Р. С. Цифровая трансформация пищевой промышленности: вызовы и возможности // Экономика и управление. – 2018. – Т. 9, №1. – С. 24-28.
3. Бердымурадова Д.А. Квантовое программирование: новый уровень вычислительной техники // Всемирный ученый. 2023. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/>
4. Дружинина О.В., Масина О.Н., Игонина Е.В. Применение методов искусственного интеллекта и когнитивных технологий в задачах моделирования динамических систем // Современные информационные технологии и ИТ-образование. -2022.- Т. 18.- № 1.- С. 83-97.
5. Петров Е.Б. Использование научно-технического потенциала с целью создания инженерно-технологического оборудования для обеспечения современных биотехнологических разработок // Техника и технологии в животноводстве. 2019. №2 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/>
6. Николаев А.А. Состояние и перспективы инновационного развития пищевой промышленности России // Вестник Академии знаний.- 2022.- №6 (53). - С. 194-198. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-innovatsionnogo-razvitiya-pischevoy-promyshlennosti-rossii> (дата обращения: 28.04.2023).

© Талмазова Д.В., Семенов А.С., Сумерин В.А., 2024

Научная статья
УДК 536.24+536.27

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛАДАГЕНТА

Вячеслав Александрович Татаринцев¹

¹Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия

¹v_a_t52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7359-1903>

Аннотация. Целью исследования является оценка влияния химического состава хладагента (воды) на эффективность теплообменных аппаратов. Представлены результаты проведенных исследований влияния химического состава воды и свойств внутритрубных отложений на эксплуатационные характеристики теплообменников.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, снижение эффективности, образование накипи, физико-химические свойства накипи.

Для цитирования: Татаринцев В. А. Зависимость эффективности работы

теплообменников от физико-химических свойств хладагента / В. А. Татаринцев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGERS ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF THE REFRIGERANT

Vyacheslav Alexandrovich Tatarintsev¹

¹Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

¹v_a_t52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7359-1903>

Annotation. The purpose of the study is to assess the effect of the chemical composition of the refrigerant (water) on the performance of the heat exchanger. The results of the performed studies of the influence of the chemical composition of water and the properties of in-pipe deposits on the performance characteristics of heat exchangers are presented.

Keywords: heat exchangers, efficiency reduction, scale formation, physical and chemical properties of scale.

For citation: Tatarintsev V. A. Dependence of the efficiency of heat exchangers on the physico-chemical properties of the refrigerant / V. A. Tatarintsev // Actual problems of Agro-industrial complex Energy: Proceedings of the II National Conference with International participation / Edited by С.М. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. При тепловых расчетах теплообменных аппаратов (конденсаторов) внутритрубные отложения (накипь, загрязнения) учитываются главным образом с помощью коэффициента термического сопротивления слоя накипи R_n , который вводится в уравнение теплопередачи. Эта величина считается зависящей лишь от физико-химических свойств накипи. Толщина слоя отложений влияет на изменение скорости течения теплоносителя из-за неровностей (шероховатостей) внутренней поверхностей труб, что в свою очередь оказывает влияние на теплопередачу. Неопределенность некоторых величин не дает возможности применять эти зависимости на практике. В данной работе изложены результаты выполненных исследований химического состава охлаждающей теплообменник воды и физических характеристик накипи в теплообменных аппаратах.

Методика исследований и материалы оборудование. Анализировался состав водопроводной воды, циркулирующей в трубах пароводяного подогревателя лабораторной установки, а также артезианской воды, нагреваемой в трубах промышленного бойлера, и воды южной ГРЭС. Из анализа химического состава воды различных районов установлено, что наибольшее количество солей находится в воде на юге страны, где ее жесткость в летний период достигает 22 мг-экв/л. Искусственно «загрязненная» вода приготавливалась из различных

компонентов с целью достижения жесткости $J = 18$ мг-экв/л. Состав исследуемых вариантов вод теплообменников представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых вод

Химический состав	Щелочность, мг-экв/л	Жесткость, мг-экв/л	Ca ²⁺ , мг-экв/л	Mg ²⁺ , мг-экв/л	Cl ⁻ , мг/л	Сухой остаток мг/л	SiO ₂ , мг/л	SO ₃ , мг/л
Вода								
Водопроводная	2,5	3,1	2,5	0,6	14	242	18	23
Артезианская	4,6	4,7	2,2	2,5	4,5	294	8,6	20,5
Искусственно «загрязненная»	6,4	18	15	3	1900	3450	20	32
Южного водохранилища ГРЭС	3,3	18,1	9,0	9,1	564	3486	8,7	0,27

Несмотря на имеющиеся отличия состава исследуемых вод, химическим анализом отложений показано, что для исследованных пароводяных теплообменников ПТУ практически все компоненты накипееотложений идентичны. Это указывает на возможность сопоставления результатов исследований процесса образования накипи и его взаимосвязи с теплообменом. Помимо химического состава раствора методом рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа исследовалась структура слоя накипи на электронном микроанализаторе JXA-50A «JEOL». С помощью пары детекторов получено изображение в обратно рассеянных электронах, которое характеризует состав образца. Исследованием большего количества образцов установлено, что отложения представляют собой однородную систему, основу которой составляет плотный слой длинностолбчатых коричневатых кристаллов размером до 15 мкм. Это твердые образования с трудно разрушаемыми контактами, причем игольчатые кристаллы в пристенной области ориентированы в основном перпендикулярно стенке. Для наружного подслоя характерны мелкозернистые, мягкие, пористые, слоистые (рыхлые) легко счищаемые образования.

Средний размер кристаллов этого слоя составляет 2 – 5 мкм. Степень шероховатости его поверхности значительно меньше, чем внутреннего: высота неровностей, подсчитанная как среднее расстояние между несколькими высшими точками выступов и низшими точками впадин, составляет около 20 мкм, а в пристенном слое степень шероховатости достигает 100 мкм. Это можно объяснить тем, что поток жидкости легко сносит слоистые мелкие образования солевых компонентов наружного слоя, в то время как в пристенном слое процесс кристаллизации длится более продолжительное время, поэтому отдельные кристаллы достигают значительных размеров.

Результаты исследований. Фотографии микроструктуры на поперечных шлифах, сделанные с помощью микроскопа, также подтверждают двухслойный характер отложений [1, 2]. Внутренний и наружный слои имеют различную

структуру, причем внутренний слой как бы сохраняет ориентационное строение металла.

Для измерения толщин накипи шлифы поперечных и продольных сечений большого количества образцов труб теплообменных аппаратов изучались на микроскопе с пятидесятикратным увеличением.

Кроме того, толщину измеряли на профилографе-профилометре способом «ступеньки» между поверхностью слоя накипи и металла. На небольшом участке трубы слой накипи аккуратно счищали со стенки так, чтобы не повредить латунь, при этом толщину накипи оценивали как разность показаний слоя отложений и поверхности металла [3]. Необходимо отметить, что на фотографиях шлифов практически незаметен слой загрязнений с наружной стороны труб. В связи с этим при в дальнейших анализах термическое сопротивление на наружной поверхности труб конденсатора не рассматривалось.

Таким образом, на основе исследования физико-химических характеристик накипи, отложившейся на теплопередающих поверхностях теплообменных аппаратов ПТУ, выявлен довольно близкий для всех исследованных видов воды химический состав отложений, что позволяет провести анализ влияния наиболее характерных факторов процесса на изменение термического сопротивления накипи.

В работе [4] приведены экспериментальные данные (рисунок 1) по замедлению процессов накипеобразования при конвективном теплообмене в зависимости от отношения действительной концентрации солей к предельной их растворимости. Констатируется, что отношения концентраций прекращения солеотложений к пределу растворимости по температуре стенки близки к единице. Так, при температуре стенки 100 °С необходимое для продолжения процесса отложения солей пересыщение должно составлять величину, превышающую на 5 % предел растворимости.

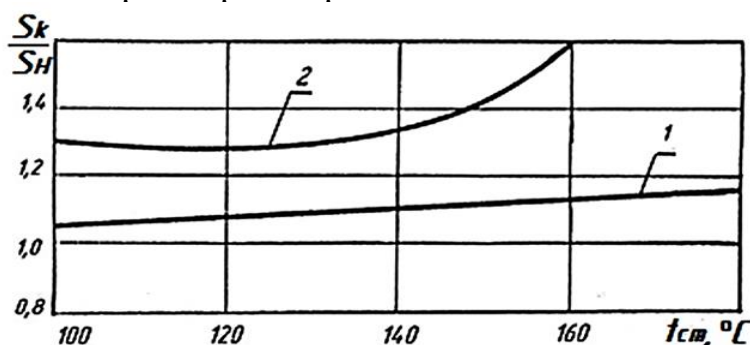


Рисунок 1 – Влияния на солеотложение относительных пересыщений [2]:

1 – без кипения; 2 – при кипении

Однако, в теплообменных аппаратах процесс отложения накипи происходит и при значительно меньших концентрациях растворенных солей, чем их предел растворимости. Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что концентрация ионов кальция в растворе гипса составляет $2,5 \cdot 10^{-7}$ г-моль/л, а произведение растворимости $PP_{CaSO_4} = 2,3 \cdot 10^{-5}$. Следовательно, несмотря на то, что концентрация ионов соли меньше произведения

растворимости, накипь, образованная солями кальция, откладывается на теплообменной поверхности.

Это объясняется следующими особенностями. Начальная концентрация является важным, но не определяющим фактором в процессе накипеобразования, так как на границе раздела газ-вода поверхностная концентрация солей значительно возрастает по сравнению с начальной. Это происходит за счет инерционного движения гидратированных ионов, поскольку образовавшиеся вследствие перегрева жидкости пузыри пара или газа при своем росте увеличивают концентрацию солей на поверхности.

Как известно [3], парообразование усиливает процесс накипеобразования, который тем выше, чем больше образуется пара. Тем не менее, процесс образования отложений в конденсаторах ПТУ за счет выделения газовой составляющей из раствора отличается от процесса накипеобразования при обычном кипении. При конвективном теплообмене отрыв пузырей происходит за счет их сноса потоком воды при достижении ими размеров более толщины пристенного слоя воды, который изменяется в зависимости от числа Рейнольдса потока и интенсивности процесса парообразования. Затем рост пузырей становится заметно ниже, чем при кипении. На основе вышеизложенного можно утверждать, что поверхностная концентрация солей на границе раздела газовой и водяной сред заметно увеличивается по сравнению с начальной.

Установим влияние кислородосодержания охлаждающей воды на ее способность к выделению солей. При рассмотрении механизма образования отложений из раствора солей в отсутствие кипения замечено, что процессы отложения начинаются и идут достаточно интенсивно только в том случае, когда раствор свежий и приготовлен из неподогретой воды. Если же при работе, например, на лабораторной установке вода проходила предварительный нагрев до 40 °С, то заметных отложений на стенках трубки практически не было. Лишь в некоторых местах заметны выступы частичек солей, где могла произойти кристаллизация. По-видимому, в этом случае для незначительно минерализованной воды предварительный нагрев практически исключает образование газовых пузырей, а последующее загрязнение протекает очень медленно. В природных условиях конденсаторы обычно работают, исключая режимы ухудшенного вакуума, при температуре охлаждающей воды в интервале 5...40 °С, причем зимой накипи образуется меньше, а летом при $t > 20^\circ\text{C}$ процесс солеотложения идет интенсивнее.

Анализ данных таблиц справочника [6], в которых приведены параметры воды в диапазоне рабочих температур, показал, что такие физические свойства, как плотность ρ , теплоемкость c , теплопроводность λ , температуропроводность α , вязкость ν , плавно меняются в зависимости от ее температуры. И неизвестны другие параметры состояния воды, резко изменяющиеся в интервале температур от 20 °С до 50 °С, кроме кислородоотдачи охлаждающей воды (под кислородоотдачей понимается величина, противоположная кислородосодержанию воды). Наиболее интенсивное кислородовыделение происходит как раз в диапазоне изменения температур охлаждающей воды от

20 °С до 40 °С.

При использовании охлаждающей воды другого качества максимум по газоотдаче может сместиться в меньшую или большую сторону. Так, на южной ГРЭС наиболее интенсивное накипеобразование в конденсаторах турбин происходит летом, когда средняя температура охлаждающей воды составляет 20 ...30 °С. Следовательно, можно предположить, что в большинстве случаев экстремум по газоотдаче располагается в диапазоне 20 ...40 °С.

Анализ этих сведений по влиянию кислородо- и солесодержания растворенных солей дает возможность выделить основное направление способов предупреждения отложений в конденсаторах ПТУ – сокращение времени нахождения пузырьков на стенках труб. Возможной реализацией этого направления является метод «Tarpogge», который основан на использовании очищающих шариков из пористой резины с диаметром большим внутреннего диаметра трубки конденсатора. Вероятно, шарики удаляют со стенок трубы не накипь, а пузырьки воздуха, являющиеся центрами накипеобразования.

Представляется целесообразным применение такого способа очистки трубчатых поверхностей в качестве профилактического [7]. Из приведенных выше данных следует, что кислородосодержание охлаждающей воды, проявляющееся в появлении пузырьков на стенках труб, существенно определяет интенсивность образования отложений накипи.

Близкие характеристики отложений, но взятые из различных теплообменных аппаратов, имеют неравные значения коэффициентов теплопроводности, что объясняется составом накипи, имеющей разные пористость, влажность, структуру и размер частиц. Коэффициент теплопроводности накипи, образовавшейся на теплопередающих поверхностях как лабораторных, так и промышленных аппаратов, измерялся электронным прибором-измерителем ИТ-λ-400.

Были получены значения коэффициентов теплопроводности для различных отложений (кривая 1 на рисунке 2).

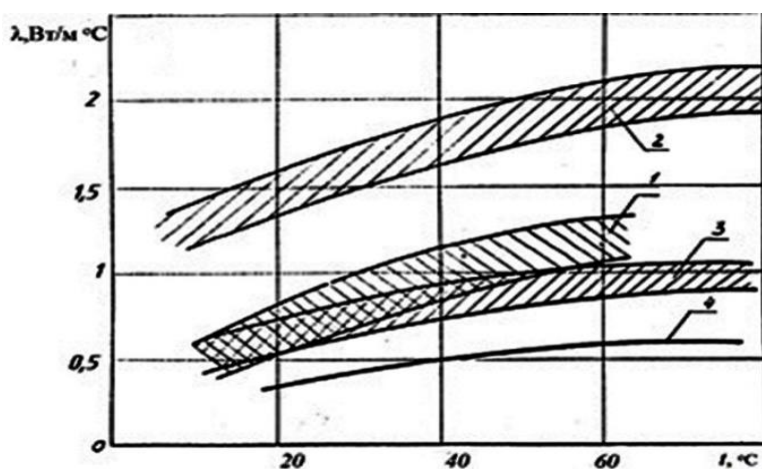


Рисунок 2 – Изменение коэффициентов теплопроводности отложений от температуры теплоносителя:

1 – по экспериментальным данным, полученным на измерителе теплопроводности; 2 – по тепловым испытаниям (накипь влажная); 3 – по тепловым испытаниям (накипь сухая); 4 – по данным [4]

Как следует из графически представленных результатов, коэффициент теплопроводности возрастает с повышением температуры воды во всем исследованном интервале температур. Причем абсолютные значения коэффициентов теплопроводности входят в диапазон значений λ для котельной накипи, богатой карбонатом кальция. По результатам исследований [5] карбонатная накипь с преобладанием кальция и магния имеет $\lambda_n = 0,2 - 1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Химический анализ исследуемых отложений также устанавливает обильное содержание окислов и солей кальция, равное не менее 40 %. Коэффициент теплопроводности при этом изменяется от 0,3 до 1,2 Вт/(м·К). Таким образом показано, что нет существенного различия в значениях коэффициентов теплопроводности для котельной накипи и отложений из охлаждающей воды.

Коэффициент теплопроводности отложений, образовавшихся в трубах теплообменных аппаратов, определяется также косвенным путем, т.е. образец трубы со слоем накипи исследовался на тепловом водо-воздушном стенде (с целью изучения коэффициента теплопередачи). Изучались как влажные, так и сухие отложения солей. С помощью экспериментальных данных рассчитывался коэффициент теплопередачи, а испытаниями на чистой трубке определялось значение коэффициента теплопередачи $K_{\text{ч}}$. Различие этих двух значений обусловлено термическим сопротивлением слоя накипи. На профилометре-профилографе измерялась и статистически определялась толщина слоя отложений, после чего рассчитывался коэффициент теплопроводности.

Зависимость полученных таким образом коэффициентов λ_n от температуры воды представлена кривой 2 на рисунке 2. В случае, когда внутри трубы накипь сухая, зависимость $\lambda_n = f(t)$ принимает следующий вид кривой 3 на рисунке 2. Кривая 4 (рисунок 3) показывает приведенные в работе [6] значения коэффициентов теплопроводности для накипи, образовавшейся из оборотной воды.

Необходимо заметить, что эти данные определены методом регулярного режима по методике Г. Кондратьева. Полученные значения λ_n являются усредненными величинами, так как естественная структура отложений была нарушена при снятии их с труб. В связи с этим коэффициенты теплопроводности накипи по данным [6] находятся, в среднем на 15 % ниже, чем для сухой накипи, поскольку плотность снятых отложений меньше, чем отложений на стенках труб, а с увеличением плотности коэффициент теплопроводности накипи повышается.

Заключение. На основе анализа химических свойств охлаждающих вод разных районов страны установлено, что несмотря на заметное их отличие, химический состав осадка на поверхности теплообмена практически идентичен. Указанное обстоятельство дает возможность проводить обобщение по изучению взаимосвязи накипеобразования и теплообмена на поверхностях, проработавших в разных районах страны.

Для определения изменяющегося термического сопротивления слоя отложений получены толщины слоев накипи, образовавшейся в различных

условиях эксплуатации трубчатого теплообменного оборудования, работающего на сырой охлаждающей воде, которые позволили выявить двухслойный ее состав, с помощью чего сделана попытка описать сложный процесс образования осадка.

Показано, что процесс накипеобразования в значительной степени определяется газосодержанием охлаждающей воды, в основном проявляющимся в микровыделениях кислорода в виде пузырьков, задерживающихся на поверхности стенки. Интенсивность образования этих пузырьков зависит (при прочих равных условиях) от температуры охлаждающей воды. Установлено, что с увеличением газосодержания наблюдается интенсивное отложение солей на поверхности. При сокращении времени пребывания пузырьков на стенках труб за счет использования очищающих шариков из пористой резины накипеобразование замедляется. Рекомендуется применение такого способа очистки трубчатых поверхностей конденсатора в качестве профилактического. Получены значения коэффициентов теплопроводности для условий работы конденсаторов, бойлеров, подогревателей сетевой воды в зависимости от температуры. Так, для конденсаторов значения коэффициентов теплопроводности низкотемпературной накипи изменяются в диапазоне температур от 10 до 60 °С, $\lambda = 1,4 \dots 2$ Вт/(м·°С). Изучением физико-химических особенностей процесса образования отложений предложена зависимость по влиянию на термическое сопротивление слоя накипи ее пористости и температуры воды.

Список источников

1. Татаринцев, В.А. Особенности накипеобразования в трубах теплообменных аппаратов / В.А. Татаринцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 97–105.
2. Татаринцев В.А. Повышение эффективности работы теплообменных аппаратов с внутритрубными отложениями // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21.– № 3. – С. 5-13.
3. Татаринцев, В.А. Влияние физико-химических свойств накипи на эффективность работы теплообменников / В.А. Татаринцев // Промышленная энергетика. – 2024. – № 4. – С. 28-34.
4. Лаптев, А. Г. Методы интенсификации и моделирования теплообменных процессов / А. Г. Лаптев, Н. А. Николаев, М.М. Башаров. – М.: Теплотехник. – 2011. – 335 с.
5. Дедов, А.В. Обзор современных методов интенсификации теплообмена при пузырьковом кипении / А.В. Дедов // Теплоэнергетика. – 2019. – №. 12. – С. 18-54.
6. Лежоев, Р. С. Теплофизические свойства воды и пара в диапазоне температур 0...229 °С и давлений 0,1...5,0 МПа: Справочное пособие для энергетических расчетов / Р. С. Лежоев, В. Е. Ефремов – Киев: Институт электродинамики НАН Украины, 2012. – 115 с.

7. Герасимова, А.Г. Определение необходимых условий эффективной работы системы шариковой очистки трубок конденсаторов паровой турбины: Часть 1 / А.Г. Герасимова, А.В. Мальгин, Ю.Н. Александр, Е.Н. Криксина // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2017. – №2. – С. 167-175.

© Татаринцев В.А., 2024

Научная статья
УДК 338.46:621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИКОВ НАГРУЗОК В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

**Александр Николаевич Третьяков¹, Геннадий Сергеевич Кудряшев²,
Наталья Сергеевна Убаева³**

^{1,2,3}Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, пос. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

¹tretyakov_alex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7170-0168>

²kudryashev@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3107-6289>

Аннотация. Потребление электрической энергии различными группами электроприемников промышленных и агропромышленных предприятий изменяется во времени в зависимости от требований технологического процесса производства, режима работы отдельных потребителей и предприятия в целом. График суточной электрической нагрузки строится по показаниям измерительных приборов за выбранный временной интервал и характеризует потребление активной и реактивной мощности. Потребление мощности от различных промышленных и агропромышленных потребителей характеризуются устойчивым характером в течение всего календарного года, при этом немного понижаясь в летний период из-за капитальных ремонтов, запланированных на этот рабочий промежуток времени. Суточные изменения зависят от производственного процесса, количества рабочих смен работы, перерывов на обед и т.д. Соответственно в не рабочее время и ночью, а также в обеденный перерыв величина энергопотребления значительно снижается. При значительном количестве электроприемников и групп подключения, изменение мощностей выравнивается, и график нагрузок становится ровным. Визуализация графиков энергопотребления для потребителя электрической энергии строится на основе расчета и анализа технологических процессов, аппаратов и режима их работы, т.е. по известным данным из проектов или с помощью исследования измерений фактической нагрузки аналогичных электропотребителей, работающих в однотипных условиях. Построенные графики нагрузок и графики напряжения необходимы для анализа режима работы электрооборудования

предприятий и в электрических сетях, расчета режимов работы и разработки мероприятий на долгосрочную перспективу. В статье представлены результаты исследований электрических сетей Иркутской области.

Ключевые слова: график нагрузки, электроэнергия, режим работы, распределительные сети, Иркутская область.

Для цитирования: Третьяков А.Н. Исследование графиков нагрузок в распределительных сетях / А.Н. Третьяков, Г.С. Кудряшев, Н.С. Убаева // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

STUDY OF LOAD SCHEDULES IN DISTRIBUTION NETWORKS

Alexander Nikolaevich Tretyakov¹, Gennady Sergeevich Kudryashev², Natalya Sergeevna Ubaeva³

^{1,2,3}Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny village, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia

¹tretyakov_alex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7170-0168>

²kudryashev@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3107-6289>

Annotation. The consumption of electrical energy by various groups of electrical receivers of industrial and agro-industrial enterprises varies over time depending on the requirements of the production process, the operating mode of individual consumers and the enterprise as a whole. The daily electrical load graph is constructed based on the readings of measuring instruments for a selected time interval and characterizes the consumption of active and reactive power. Power consumption from various industrial and agro-industrial consumers is characterized by a stable nature throughout the calendar year, while decreasing slightly in the summer due to major repairs planned for this working period of time. Daily changes depend on the production process, number of work shifts, lunch breaks, etc. Accordingly, during non-working hours and at night, as well as during lunch breaks, energy consumption is significantly reduced. With a significant number of electrical receivers and connection groups, the change in power levels out and the load graph becomes even. Visualization of energy consumption graphs for an electrical energy consumer is based on the calculation and analysis of technological processes, devices and their operating modes, i.e. based on known data from projects or by studying measurements of the actual load of similar electrical consumers operating in the same type of conditions. The constructed load graphs and voltage graphs are necessary for analyzing the operating mode of electrical equipment of enterprises and in electrical networks, calculating operating modes and developing measures for the long term. The article presents the results of studies of electrical networks in the Irkutsk region.

Keywords: load schedule, electricity, operating mode, distribution networks, Irkutsk region.

For citation: Tretyakov A.N. Study of load diagrams in distribution networks / A.N. Tretyakov, G.S. Kudryashev, N.S. Ubaeva // Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. C.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Вопросы энергосбережения в настоящее время в нашей стране являются актуальным. В Иркутском ГАУ на протяжении многих лет ведется работы по исследованию работы сельских электрических сетей и электрооборудования сельскохозяйственных предприятий, разработки энергосберегающих мероприятий для предприятий агропромышленного комплекса региона [1-10].

Известно, что подключение новых потребителей электрической нагрузки приводит к дополнительным финансовым расходам. Немаловажным является знание изменения электрической нагрузки в зависимости от времени. Сотрудниками кафедры энергообеспечения и теплотехники проведены исследования электрических сетей Иркутской области, на основе которых построены графики изменения мощностей, что отражено на рисунках 1-5.

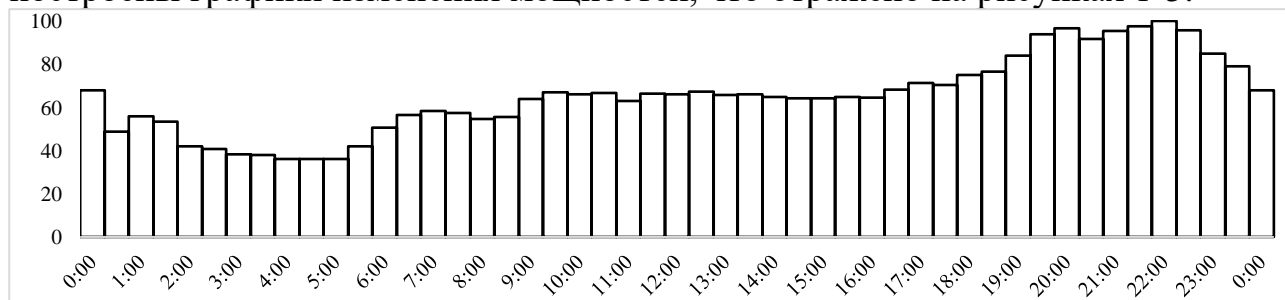


Рисунок 1 – Усредненный суточный график нагрузки с понедельника по пятницу в г. Иркутске

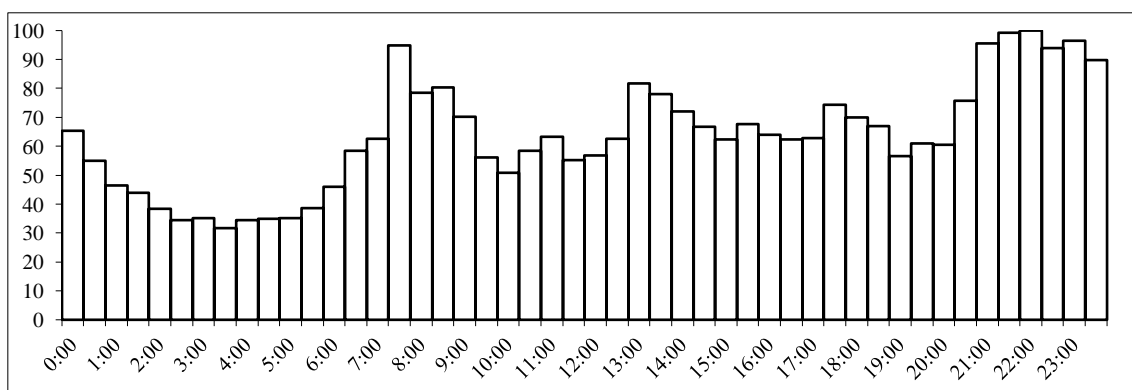


Рисунок 2 – Суточный график нагрузки потребителей сельских территорий Иркутской области в июне-августе

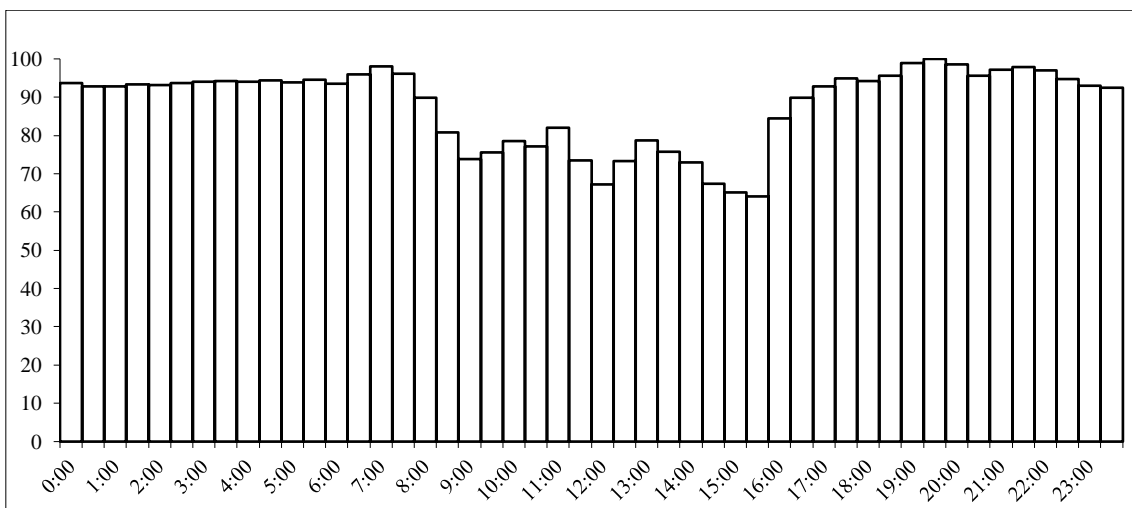


Рисунок 3 – Суточный график нагрузки потребителей сельских территорий Иркутской области в декабре-феврале

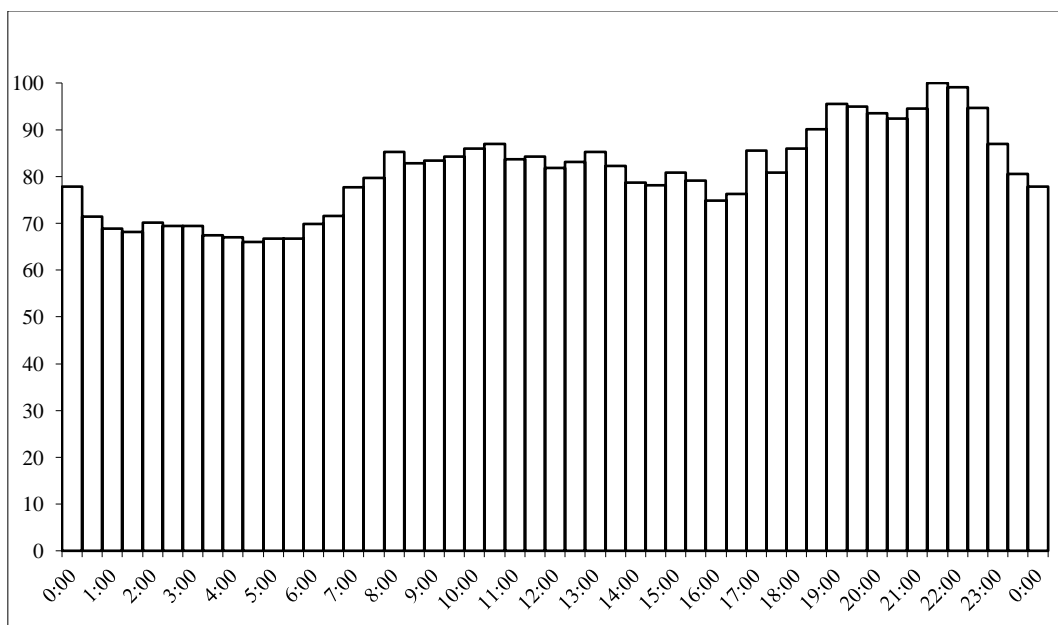


Рисунок 4 – Суточный график нагрузки потребителей сельских территорий Иркутской области в марте-мае

Сравнительный анализ графиков нагрузок сельских потребителей Иркутской области показывает явное увеличение суточной нагрузки в зимний период. Графики демонстрируют повышенное потребление электрической энергии в зимние месяцы в ночное время, что обусловлено климатическими особенностями Прибайкалья, когда температура наружного воздуха опускается до минус 35 °С.

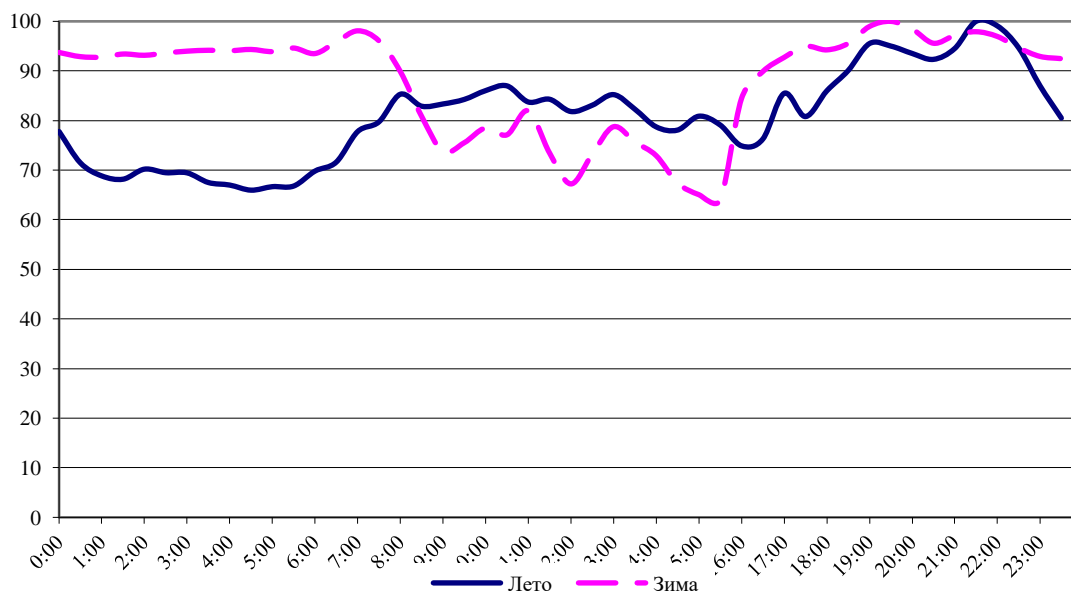


Рисунок 5 – Суточный график нагрузки сельских территорий Иркутской области

Полученные данные позволяют определить режимы работы электрооборудования, режимы максимума и минимума нагрузки. Используя графики нагрузки, были рассчитаны потери напряжения в распределительных сетях и предложены энергосберегающие мероприятия для внедрения на агропромышленных предприятиях региона.

Список источников

1. Боннет В.В. Определение оптимального уровня технического состояния асинхронного двигателя / В.В. Боннет, А.Ю. Логинов, В.В. Потапов // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 8 (71). – С. 163-166. EDN: P1HRGB.
2. Кудряшев Г.С. Инновации при снижении энергоемкости на предприятиях АПК на примере СХ ОАО «Белореченское» / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, Р. Халымийн // Mongolian Journal of Agricultural Sciences. – 2015. – № S2. – С. 39-42. EDN: PBUWMP.
3. Кудряшев Г.С. Комплексный подход при оптимизации режимов работы электрических сетей предприятий АПК / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, О.Н. Шпак // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2 (101). – С. 63-66. EDN: RNVTUH.
4. Кудряшев Г.С. Оценка параметров случайных отклонений напряжения в сельских электрических сетях / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков, П.Н. Билдагаров // Вестник ИрГСХА. – 2009. – № 37. – С. 73-77. EDN: MNLLSJ.
5. Кудряшев Г.С. Эффективность снижения уровня несинусоидальности напряжения на сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области / Г.С. Кудряшев, А.Н. Третьяков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (200). – С. 121-128. EDN: PPGIBP.
6. Логинов А.Ю. Аппаратный комплекс для исследования работы асинхронного двигателя / А.Ю. Логинов, В.В. Боннет, В.В. Потапов, М.Н. Герасимова, И.А.

Ракоца // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2016. – № 10. – С. 63-65. EDN: IIFQZT.

7. Наумов И.В. Исследование загрузки силовых трансформаторов в системах сельского электроснабжения / И.В. Наумов, Д.Н. Карамов, А.Н. Третьяков, М.А. Якупова, Э.С. Федоринова // Надежность и безопасность энергетики. – 2020. – Т. 13. – № 4. – С. 282-289. DOI: 10.24223/1999-5555-2020-13-4-282-289. EDN: VAWHEZ.

8. Селезнев А.С. Нормализация несинусоидальных режимов в электрических сетях / А.С. Селезнев, С.А. Кондрат, А.Н. Третьяков // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 8 (91). – С. 155-161. EDN: SYRCBR.

9. Kudryashev G.S. Characteristics of the cost of electricity consumption in agricultural production / G.S. Kudryashev, A.N. Tretyakov, S.V. Batishev, V.A. Bochkarev, V.D. Ochirov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. – Т. 677. – С. 32087. DOI: 10.1088/1755-1315/677/3/032087. EDN: WKXYAO

10. Naumov I. Additional electric loss in rural distribution networks 0,38 kV / I. Naumov, D. Karamov, A. Tretyakov, E. Fedorinova, M. Yakupova // E3S Web of Conferences. – 2020. – Т. 209. – С. 07007. DOI: 10.1051/e3sconf/202020907007. EDN: OZUYLT

© Третьяков А.Н., Кудряшев Г.С., Убаева Н.С., 2024.

Научная статья

УДК 621.3-1/-8

ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Елена Викторовна Ульрих¹, Веремей Елена Евгеньевна², Гринчук Мария Алексеевна³

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия

^{1,2,3}elen.ulrich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4107-7277>

Аннотация. Электромеханический метод восстановления основан на сочетании термических и силовых воздействий на поверхностный слой детали. Цель работы: изучение методов упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственных машин электромеханической обработкой. Для достижения цели отобраны и проанализированы доступные обзорные и исследовательские статьи по данной теме. В статье рассмотрена технология электромеханической обработки и область ее применения при восстановлении и упрочнении деталей техники сельскохозяйственного назначения. Представлены результаты исследований по технологии разработка и обоснование способов усиления рабочей поверхностей деталей сельскохозяйственной техники электромеханическим методом для предотвращения всех видов износа и

дефектов на рабочих поверхностях, полученных в условиях эксплуатации. С точки зрения металловедения, электромеханическую обработку можно отнести к особому типу термомеханической обработки поверхности. Различают высокотемпературную электромеханическую обработку, при которой деформация происходит при температуре выше порога рекристаллизации и низкотемпературную электромеханическую обработку, когда деформация происходит при температуре ниже порога рекристаллизации. Как известно, доля отказов сельхозтехники, вызванных износом деталей, составляет около 80% от общего числа поломок. Рабочие органы сельскохозяйственных машин подвергаются особенно интенсивный абразивному износу. Защита от износа, поиск новых материалов и разработка методов упрочнения рабочих органов становится все более актуальной с каждым годом. При проектировании тщательно определяются материалы и конструкции элементов этих машин, способы их обработки. На основе литературных данных проведены исследования по изучению поверхностного износа, описана технология восстановления детали с электромеханической закалкой. Под влиянием режимов обработки изучена поверхностная твердость деталей сельхозтехники и обоснованы оптимальные режимы упрочнения.

Ключевые слова: электромеханические процессы, сельхозтехника, деформация поверхности, прочность.

Для цитирования: Ульрих Е.В. Технология упрочнения и восстановления деталей электромеханической обработкой / Е.В. Ульрих, Е.Е. Веремей, М.А. Гринчук // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

TECHNOLOGY FOR STRENGTHENING AND RESTORING PARTS BY ELECTROMECHANICAL TREATMENT

Elena Viktorovna Ulrikh¹, Veremey Elena Evgenievna, Grinchuk Maria Alekseevna

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹elen.ulrich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4107-7277>

Annotation. The electromechanical restoration method is based on a combination of thermal and force effects on the surface layer of the part. Purpose of the work: to study methods of strengthening and restoring parts of agricultural machines by electromechanical processing. To achieve the goal, available review and research articles on this topic were selected and analyzed. The article discusses the technology of electromechanical processing and the scope of its application in the restoration and strengthening of parts of agricultural machinery. The results of research on the technology development and justification of methods for strengthening the working surfaces of agricultural machinery parts using the electromechanical method to prevent

all types of wear and defects on working surfaces obtained under operating conditions are presented. From the point of view of metallurgy, electromechanical processing can be classified as a special type of thermomechanical surface treatment. There are high-temperature electromechanical processing, in which deformation occurs at a temperature above the recrystallization threshold, and low-temperature electromechanical processing, when deformation occurs at a temperature below the recrystallization threshold. As is known, the share of agricultural machinery failures caused by wear of parts is about 80% of the total number of breakdowns. The working bodies of agricultural machines are subject to particularly intense abrasive wear. Wear protection, the search for new materials and the development of methods for strengthening working bodies are becoming more and more relevant every year. When designing, the materials and designs of the elements of these machines and methods of their processing are carefully determined. Based on literature data, studies were carried out to study surface wear, and the technology for restoring parts with electromechanical hardening was described. Under the influence of processing modes, the surface hardness of agricultural machinery parts was studied and optimal hardening modes were substantiated.

Key words: electromechanical processes, agricultural machinery, surface deformation, strength.

For citation: Ulrikh E.V. Technology of strengthening and restoration of parts using electromechanical processing / E.V. Ulrikh, E.E. Veremey, M.A. Grinchuk // Current problems of energy in the agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. S.M. Bakirova – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение. Анализ износа поверхностей деталей сельскохозяйственных машин показал, что средняя скорость износа составляет 5-400 микрон/час. Отказы машин делают вопросы износа одними из самых актуальных [1]. Успешное решение этой проблемы зависит от знания законов трения и износа, которые определяются взаимодействием деталей друг с другом, с обрабатываемым объектом и обусловлены самим рабочим процессом использования сельхозтехники. Увеличение износостойкости неразрывно связано с изучением методов предотвращения износа деталей машин на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации [2].

Сущность электромеханической обработки основана на одновременной пластификации рабочих слоев детали и пропускании тока через границу раздела с поверхностью инструмента для повышения износостойкости, прочности и долговечности. В результате существенно изменяются физико-механические свойства поверхностного слоя, повышается его коррозионная стойкость и устойчивость к повреждениям [3].

Цель работы: изучение методов упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственных машин электромеханической обработкой.

Материалы и методы. Объектами данного исследования являлись научные публикации и российских и зарубежных авторов, касающиеся

электромеханических методов обработки поверхностей и путей оптимизации данных воздействий. Для поиска информации были использованы базы данных Scopus, Web of Science, PubMed, Elibrary за период с начала 1990-х годов до 01.04.2024 г. Отобраны и проанализированы доступные обзорные и исследовательские статьи по данной теме.

Результаты исследований. Электромеханические процессы широко используются для сглаживания, упрочнения, удара, локального восстановления, регуляции структуры, подготовки покрытий и термопластической деформации поверхностей деталей (рис. 1).



Рисунок 1. – Классификация электромеханической обработки по технологическим критериям

Данный процесс совместим с большинством типов стали и цветных сплавов, подходит для полировки деталей с гладкими цилиндрическими поверхностями, плоскими поверхностями или поверхностями со сложной текстурой. Применение электромеханических процессов снижает шероховатость поверхности деталей и повышает такие показатели, как твердость, износостойкость, контактная твердость, коррозионная стойкость, усталостная прочность, развитие остаточных сжимающих напряжений [4].

Широко применяется электромеханическое упрочнение поверхностей деталей (рис. 2).

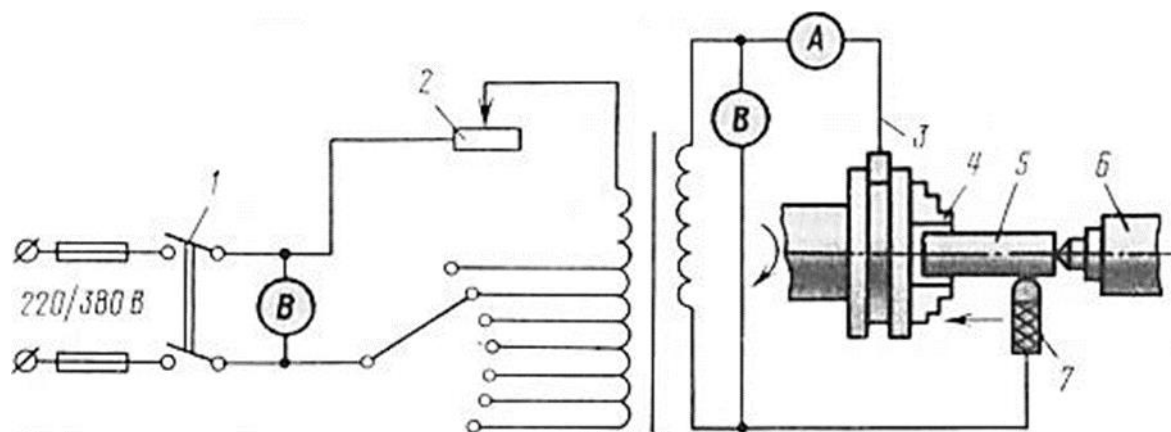


Рисунок 2. – Схема электромеханического упрочнения поверхностей

Однако, хотя схемы обработки различаются в зависимости от габаритов источника тока и желаемых условий, а также используемого оборудования, суть одна и та же. В результате оборудование не технологично и зачастую содержит компоненты, совершенно непригодные для данного режима работы, например, сварочные трансформаторы и балластные резисторы.

Электромеханические процессы также используются для полировки деталей толщиной до 0,20 мм [5].

Сущность этого метода состоит в том, что сначала к поверхности оси припаивают металлический валок (рис. 3).

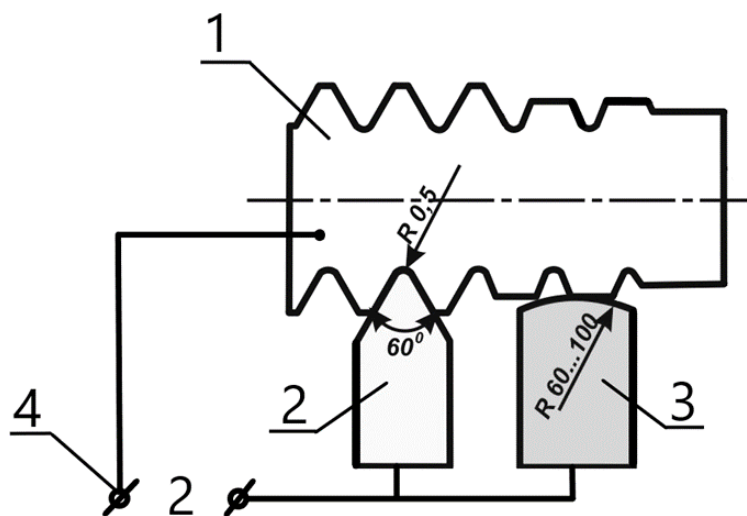


Рисунок 3 – Схема восстановления поверхности детали применением электромеханической высадки и сглаживания: 1 – ось валка, 2 – высаживающий инструмент, 3- сглаживающий инструмент, 4 – источник питания.

При проведении работ углеродный материал активируется подвижным устройством 2 для компенсации износа опорной поверхности на участке 1. ток плотностью 180-200 А/мм² пропускают для повышения пластичности шейки через глушитель. Часть валка нагревается до 800-9000 °С, за счет чего снижается сопротивление деформации. Затем свариваемую часть трубы приводят в

соответствие с номинальным размером при помощи закругленного инструмента
3. Электромеханическое восстановление поверхности валка является завершающим и не требует дополнительной обработки [6].

Заключение. На основе теоретических исследований проанализированы различные методы упрочнения поверхностей деталей сельскохозяйственных машин и обосновано применение электромеханического метода, основанного на сочетании термического и электромеханического воздействия на контактную поверхность. Электромеханические процессы широко используются для усиления и модификации компонентов сельскохозяйственной техники.

Список источников

1. Dudnikov, A. Substantiation of parameters for the technological process of restoring machine parts by the method of plastic deformation. / A. Dudnikov, V. Dudnik, O. Ivankova, O. Burlaka. – Eastern-European J. Enterp. Technol., V. 1, № 97. 2019. – p. 75–80.
2. H. Liu, Effect of laser surface texturing depth and pattern on the bond strength and corrosion performance of phosphate conversion coating on magnesium alloy. / H. Liu. – Opt. Laser Technol., V. 153, 2022. – p. 13-16.
3. Cheng, W. Plastic deformation behavior of 316 stainless steel subjected to multiple laser shock imprinting impacts. / W. Cheng, F. Dai, S. Huang, X. Chen. – Opt. Laser Technol., V. 153, 2022. – p. 11-30.
4. X. Hu. Rolling contact fatigue behaviors of 25CrNi2MoV steel combined treated by discrete laser surface hardening and ultrasonic surface rolling. / X. Hu – Opt. Laser Technol., V. 155, 2022. – p. 6-15.
5. Skhirtladze, A.G. Technology of Plastic Deformation Repair of Metallurgical Machine Parts. / A.G. Skhirtladze, V.A. Skryabin. – Russ. Metall., V. 2018. № 13. – p. 1301–1305.
6. Murmu, S. Effect of heat treatment on mechanical properties of medium carbon steel welds. / S. Murmu, S.K. Chaudhary, A.K. Rajak. – Mater. Today Proc., 2022. – p. 9-23.

© Ульрих Е.В., Веремей Е.Е. Гринчук М.А, 2024

Научная статья
УДК 621.3.072.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ФИЛЬТРОВОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Антон Дмитриевич Фадеев¹, Оксана Владимировна Логачёва², Семен Валерьевич Косолапов³, Мовсисян Даниил Андраникович⁴, Смирнов Матвей Евгеньевич⁵

^{1,2,3,4,5} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

¹ poopk.a.rull@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-9486-963X>

² sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

³ Mtv591402200@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-4375-2437>

⁴ ddanshban@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-7872-6557>

⁵ matvey.smirnov2016@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0000-2055-3989>

Аннотация. В статье рассматриваются основные аспекты проектирования устройств фильтровой защиты электродвигателей. Описаны различные виды помех, такие как гармонические искажения, электромагнитные наводки и скачки напряжения, и их воздействие на работу электродвигателей. Представлены методы фильтрации помех, включая низкочастотные, высокочастотные и фильтры гармоник, а также требования к проектированию этих защитных устройств. Подчеркивается важность анализа рабочих условий, выбора компонентов, моделирования, расчета и тестирования фильтров в реальных условиях эксплуатации. Особое внимание уделяется инновационным подходам и перспективам использования современных технологий и материалов для повышения эффективности фильтрации. Эффективная фильтровая защита электродвигателей способствует увеличению их надежности, долговечности и общей эффективности электрических систем.

Ключевые слова: гармоника, метод фильтрации, электромагнитные наводки, искажения, долговечность, электродвигатель, фильтровая защита.

Для цитирования: Фадеев, А.Д. Проектирование устройств фильтровой защиты электродвигателей / А.Д. Фадеев, О.В. Логачёва, С.В. Косолапов, Д.А. Мовсисян, М.Е. Смирнов // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общей редакцией С.М. Бакирова. Саратов, 2024. С.

Original article

DESIGN OF FILTER PROTECTION DEVICES FOR ELECTRIC MOTORS

Anton Dmitrievich Fadeev¹, Oksana Vladimirovna Logacheva², Semyon Valerievich Kosolapov³, Movsisyan Daniil Andranikovich⁴, Smirnov Matvey Evgenievich⁵

^{1,2,3,4,5} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹ poopk.a.rull@mail.ru <https://orcid.org/0009-0006-9486-963X>

² sgauoksana@mail.ru <https://orcid.org/0009-0004-2906-3141>

³ Mtv591402200@gmail.com <https://orcid.org/0009-0004-4375-2437>

⁴ danshban@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-7872-6557>

⁵ matvey.smirnov2016@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0000-2055-3989>

Annotation. The article discusses the main aspects of designing filter protection devices for electric motors. Various types of interference, such as harmonic distortion, electromagnetic interference and voltage surges, and their effect on the operation of electric motors are described. Interference filtering methods, including low-frequency, high-frequency and harmonic filters, as well as requirements for the design of these protective devices are presented. The importance of analyzing operating conditions, selecting components, modeling, calculating and testing filters in real-world operating conditions is emphasized. Special attention is paid to innovative approaches and prospects for the use of modern technologies and materials to improve filtration efficiency. Effective filter protection of electric motors helps to increase their reliability, durability and overall efficiency of electrical systems.

Keywords: harmonics, filtering method, electromagnetic interference, distortion, durability, electric motor, filter protection.

For citation: Fadeev, A.D. Design of filter protection devices for electric motors / A.D. Fadeev, O.V. Logacheva, S.V. Kosolapov, D.A. Movsisyan, M.E. Smirnov // In the collection: Current problems of energy in the agro-industrial complex. Materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation. Under the general editorship of S.M. Bakirov. Saratov, 2024. pp. 115-119. – EDN ZWPRFZ

Введение. Проектирование устройств фильтровой защиты электродвигателей является одной из ключевых задач в области электротехники и электроники. В современных условиях эксплуатации электродвигателей, особенно в промышленных и коммерческих применениях, обеспечение надежной защиты от электрических помех и перенапряжений становится критически важным для поддержания работоспособности и долговечности оборудования.

Электродвигатели, как основные исполнительные элементы многих технологических процессов, подвержены различным видам электрических помех, включая гармонические искажения, электромагнитные наводки, а также внезапные скачки напряжения. Эти факторы могут приводить к перегреву, преждевременному износу, а в некоторых случаях и к полному выходу из строя двигателей. В результате предприятия сталкиваются с непредвиденными простоями и увеличением затрат на ремонт и замену оборудования [3].

Устройства фильтровой защиты, предназначенные для минимизации воздействия вредных электрических сигналов, играют важную роль в обеспечении стабильной и безопасной работы электродвигателей. Они включают в себя различные типы фильтров, такие как низкочастотные, высокочастотные, а также фильтры гармоник, которые способны эффективно устранять или значительно снижать уровень электрических помех.

Проектирование таких устройств требует глубоких знаний в области электрических схем, материаловедения, а также понимания специфики работы электродвигателей в различных условиях эксплуатации. Важными аспектами являются выбор оптимальных компонентов, расчет параметров фильтров, а также тестирование и настройка устройств в реальных условиях.

Настоящее введение предоставляет обзор важности и актуальности проектирования устройств фильтровой защиты для электродвигателей, подчеркивая основные проблемы, которые они решают, и значимость данной области для обеспечения надежности и эффективности электрических систем [2, 4].

Материалы и методы. Электродвигатели, используемые в различных отраслях промышленности и в быту, подвержены воздействию множества электрических помех, которые могут существенно повлиять на их работоспособность и срок службы. Важно понимать природу этих помех, чтобы эффективно разрабатывать средства защиты.

Гармонические искажения возникают вследствие нелинейных нагрузок в электрической сети. Такие искажения характеризуются присутствием в электрическом сигнале частот, кратных основной частоте сети. Источниками гармонических искажений могут быть преобразователи частоты, выпрямители и другие устройства с нелинейными характеристиками. Гармонические искажения приводят к увеличению тепловых потерь в обмотках электродвигателей, что может вызвать их перегрев и сократить срок службы. Кроме того, они могут вызвать вибрации и шум, что также негативно сказывается на механической структуре двигателя.

Электромагнитные наводки – это помехи, вызванные воздействием электромагнитных полей, создаваемых рядом расположенными электрическими устройствами. Эти наводки могут индуктивно или емкостно наводиться на цепи управления и питания электродвигателей, вызывая их неправильную работу или повреждение. Например, высоковольтные линии электропередачи или мощные трансформаторы могут создавать сильные электромагнитные поля, которые, в свою очередь, вызывают наводки в системах управления двигателем.

Скачки напряжения – это внезапные кратковременные повышения напряжения в сети, которые могут быть вызваны такими событиями, как грозовые разряды, переключение нагрузки или аварийные режимы работы сети. Эти скачки могут привести к пробое изоляции обмоток электродвигателя, что может вызвать короткие замыкания и, как следствие, выход двигателя из строя. Особенно опасны скачки напряжения для мощных и дорогостоящих промышленных электродвигателей, где стоимость ремонта и замены может быть чрезвычайно высокой.

Для защиты электродвигателей от перечисленных выше помех применяются различные методы фильтрации. Каждый метод имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретных условий эксплуатации и типов помех.

Низкочастотные фильтры (LC-фильтры) – предназначены для устранения гармонических искажений низких частот. Эти фильтры состоят из индуктивных и емкостных элементов, которые формируют резонансные цепи, подавляющие определенные гармоники. Например, для подавления третьей гармоники, которая часто встречается в промышленных сетях, можно использовать LC-фильтр, настроенный на частоту этой гармоники.

Преимущество LC-фильтров заключается в их относительной простоте и эффективности при работе с низкими частотами.

Высокочастотные фильтры применяются для устранения электромагнитных наводок и высокочастотных помех. Такие фильтры могут быть построены на основе ферритовых материалов, которые эффективно поглощают высокочастотные компоненты сигнала. Высокочастотные фильтры часто устанавливаются на входах и выходах электродвигателей, а также на линиях питания и управления. Эти фильтры обеспечивают защиту не только самого двигателя, но и электронных компонентов системы управления.

Фильтры гармоник – это специализированные устройства, предназначенные для подавления определенных гармонических составляющих в электрическом сигнале. Такие фильтры могут быть активными и пассивными. Активные фильтры используют электронные компоненты для создания противофазы сигнала гармоник, тем самым нейтрализуя их воздействие. Пассивные фильтры работают за счет использования резонансных свойств индуктивных и емкостных элементов. В современных системах часто используются гибридные фильтры, сочетающие в себе элементы активных и пассивных фильтров для максимальной эффективности.

Результаты исследования. Проектирование устройств фильтровой защиты электродвигателей включает несколько ключевых этапов, каждый из которых требует внимательного подхода и глубоких знаний в области электротехники.

Анализ рабочих условий является первым и важнейшим этапом проектирования. На этом этапе проводится изучение специфики нагрузки, частоты, напряжения и других параметров сети, в которой будет работать электродвигатель. Важно учитывать все возможные источники помех и их характеристики. Например, в промышленных условиях часто возникают гармонические искажения, вызванные работой большого количества нелинейных нагрузок. В таких случаях необходимо учитывать не только текущие параметры сети, но и возможные изменения в будущем, связанные с модернизацией или расширением производства [1].

Выбор компонентов для фильтровой защиты требует детального анализа и расчета. Необходимо определить тип фильтров и их параметры, такие как индуктивность, емкость, сопротивление и другие. Важно учитывать, как электрические характеристики компонентов, так и их физические размеры, надежность, устойчивость к внешним воздействиям и стоимость. Для выбора оптимальных компонентов часто используется специализированное программное обеспечение, которое позволяет моделировать электрические схемы и проводить расчеты с высокой точностью.

Моделирование и расчет являются критически важными этапами проектирования. С помощью программных инструментов можно создать виртуальную модель системы фильтровой защиты и провести её тестирование в различных режимах работы. Это позволяет выявить потенциальные проблемы и внести необходимые коррективы еще на этапе проектирования. Кроме того,

моделирование позволяет оптимизировать параметры фильтров и выбрать наиболее эффективные решения.

Тестирование и настройка устройств фильтровой защиты проводятся в реальных условиях эксплуатации. На этом этапе фильтры устанавливаются в систему, и проводится их тестирование под нагрузкой. Важно убедиться, что фильтры эффективно справляются со своей задачей и обеспечивают необходимый уровень защиты. При необходимости проводится настройка параметров фильтров для достижения оптимальных результатов. Тестирование может включать как измерение электрических параметров, так и проверку на надежность и долговечность.

В зависимости от типа электродвигателя и условий эксплуатации выбираются различные фильтры. Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих применение тех или иных фильтров и критерии их выбора.

Системы вентиляции и кондиционирования часто используют электродвигатели для привода вентиляторов и компрессоров. В таких системах важно обеспечить стабильную и надежную работу двигателей, так как сбои могут привести к нарушению микроклимата и комфорту в помещении. Для защиты двигателей в этих системах часто применяются LC-фильтры, которые эффективно подавляют гармонические искажения, возникающие в сети. Эти фильтры не только защищают двигатели, но и способствуют снижению уровня шума и вибраций, что особенно важно в жилых и офисных зданиях.

Промышленные предприятия часто сталкиваются с проблемами электромагнитных наводок, вызванных работой мощного оборудования, такого как сварочные аппараты, индукционные печи и другие устройства. В таких условиях используются высокочастотные фильтры, которые устанавливаются на линиях питания и управления электродвигателями. Эти фильтры защищают как сами двигатели, так и системы управления от помех, обеспечивая их стабильную работу даже в условиях сильных электромагнитных полей.

Телекоммуникационные и IT-центры [1] также требуют особого внимания к защите электродвигателей, используемых в системах охлаждения и вентиляции серверных комнат. В таких центрах важно обеспечить высокую надежность и стабильность работы оборудования, так как сбои могут привести к потере данных и прерыванию услуг. Для защиты двигателей в этих условиях применяются как низкочастотные, так и высокочастотные фильтры, которые обеспечивают комплексную защиту от всех видов помех. Кроме того, используются фильтры гармоник для подавления специфических частот, возникающих в результате работы большого количества электронного оборудования.

Заключение. Проектирование устройств фильтровой защиты электродвигателей является важной и многогранной задачей, требующей глубоких знаний в области электротехники, материаловедения и современных технологий фильтрации. В условиях эксплуатации электродвигателей в промышленности и быту, эффективная защита от электрических помех становится критически важной для обеспечения их надежной и долговечной работы.

Различные виды помех, такие как гармонические искажения, электромагнитные наводки и скачки напряжения, могут серьезно повлиять на работоспособность электродвигателей. Для их устранения используются низкочастотные, высокочастотные и специализированные фильтры гармоник, каждый из которых предназначен для борьбы с конкретным типом помех. Выбор и проектирование этих фильтров требуют тщательного анализа условий эксплуатации, точных расчетов и моделирования, а также тестирования в реальных условиях.

Эффективные устройства фильтровой защиты способны значительно снизить риск перегрева, износа и выхода из строя электродвигателей, что в конечном итоге приводит к уменьшению затрат на ремонт и обслуживание, повышению общей эффективности и надежности электрических систем. Внедрение современных технологий и материалов, таких как наноматериалы и методы искусственного интеллекта, открывает новые возможности для улучшения фильтрации и адаптивной настройки устройств защиты.

В заключение, проектирование устройств фильтровой защиты электродвигателей представляет собой динамично развивающуюся область, которая играет ключевую роль в поддержании надежности и эффективности работы электродвигателей. Инновационные подходы и передовые технологии в этой сфере способствуют созданию более надежных и эффективных решений, которые отвечают требованиям современного электротехнического оборудования и обеспечивают его стабильную работу в различных условиях эксплуатации.

Список источников

1. Мартынов, А.П. Анализ работы фильтровых устройств защиты электродвигателей в условиях искажения синусоидальности кривой напряжения / О.В. Кобзистый, А.П. Мартынов // Методы и технические средства повышения эффективности применения электроэнергии в сельском хозяйстве: сборник научных трудов. – Ставрополь: АГРУС, 2007. – С.159-164.
2. Сохинов, Д. Ю. Надежность функционирования электрических систем / Д.Ю. Сохинов, О. В. Логачёва // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы X Междунар. науч.- практ. конф. / под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2019 – С. 208-211. – EDN NRSOCS
3. Спиридонов, А.А. Прогнозирование технического состояния электрооборудования / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 222-223. – EDN XGQPWN
4. Спиридонов, А.А. К вопросу оптимизации надежности электрических систем / А.А. Спиридонов, О.В. Логачева // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК, материалы VII международной научно-практической конференции. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2016 – С. 266-268. – EDN UEEIRV

©Фадеев А.Д., Логачёва О.В., Косолапов С.В.,

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ БОЛЕЗНЕЙ ПЧЕЛ

Сергей Михайлович Федак¹

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

¹fedak199410@mail.ru

Аннотация. В статье приводится информация о современном состоянии пчеловодства в России и основных проблемах, которые мешают развитию отрасли. Показано, что одной из главных проблем является борьба с болезнями пчел. Ее решение становится все сложнее и сложнее проводить ввиду повсеместного использования антибиотиков, к которым у болезнетворных микроорганизмов появляется постепенное привыкание. Актуален поиск экологически чистых способов профилактики и лечения болезней пчел, в том числе и дезинфекции их ульев. Это повысит экологичность меда и его конкурентоспособность. В статье приведены варианты таких способов: с помощью электроактивированных водных растворов (анолита и католита), серебряной воды, озонирования пчелиных ульев озонородной или озонкислородной смесью, использования вибрационных установок. Определено, что наиболее часто встречаемой на пасеке болезнью является паразитарное заболевание – варроатоз. Гарантированного лечения от этой болезни нет и чаще всего для борьбы с клещом Варроа используется химический способ. Ущерб от варроатоза огромен и заключается в снижении продуктивности пчел и их гибели. Нами предлагается безвредный для пчел и человека вибрационный способ удаления клеща с пчел и с дальнейшей его утилизацией из подрамочного пространства. Для этого возможно использовать динамик низкой или средней частоты устанавливаемый при обработке на рамки сверху улья. Для увеличения эффективности действия такого динамика предлагается оснастить его шестью волноводами для передачи вибраций на каждую из рамок в улье. Приведена фотография разработанного устройства и результаты ее исследований на пасеке.

Ключевые слова: пчеловодство, болезни пчел клещ варроа, вибрации, пчелиный улей.

Для цитирования: Федак С.М. Электротехнологические способы профилактики и лечения болезней пчел / С.М. Федак // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023.

Original article

ELECTROTECHNOLOGICAL METHODS OF PREVENTION AND TREATMENT OF BEE DISEASES

Sergey Mikhailovich Fedak

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

fedak199410@mail.ru

Annotation. The article provides information about the current state of beekeeping in Russia and the main problems that hinder the development of the industry. It is shown that one of the main problems is the fight against bee diseases. Its solution is becoming more and more difficult to carry out due to the widespread use of antibiotics, to which pathogens are gradually becoming accustomed. The search for environmentally friendly ways to prevent and treat bee diseases, including disinfection of their hives, is relevant. This will increase the environmental friendliness of honey and its competitiveness. The article presents options for such methods: using electroactivated aqueous solutions (anolyte and catholyte), silver water, ozonation of bee hives with an ozone-air or ozone-oxygen mixture, and the use of vibrating installations. It was determined that the most common disease in the apiary is a parasitic disease – varroaosis. There is no guaranteed treatment for this disease and most often a chemical method is used to combat the Varroa mite. The damage from varroaosis is enormous and consists in reducing the productivity of bees and their death. We propose a vibration method that is harmless to bees and humans for removing the tick from bees and with its further disposal from the frame space. To do this, it is possible to use a low or medium frequency speaker installed during processing on the frames from above the hive. To increase the effectiveness of such a speaker, it is proposed to equip it with six waveguides to transmit vibrations to each of the frames in the hive. A photo of the developed device and the results of its research in the apiary are presented.

Keywords: beekeeping, diseases of bees varroa mite, vibrations, bee hive.

For citation: Fedak S.M. Electrotechnological methods of prevention and treatment of bee diseases / S.M. Fedak // Actual problems of Agro-industrial complex Energy: Materials of the II National Conference with International participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. Трудно переоценить значение пчеловодства в мире. Это не только отрасль сельского хозяйства, благодаря которой мы получаем полезные для здоровья продукты, но и залог существования важнейших для человека растительных культур в результате пчелоопыления. Современное развитие пчеловодства в России характеризуется активным внедрением новых технологий и методов, направленных на повышение эффективности отрасли. Тем не менее, состояние пчеловодства в России характеризуется дефицитом пчёл для опыления сельскохозяйственных культур, особенно в некоторых ее регионах. Численность пчелиных семей сократилась с 4,5 млн. до 3 млн. в результате экономических реформ 1990-х годов [1]. На сегодняшний день в отрасли существует ряд проблем. К ним можно отнести: слабое развитие механических средств

переработки продуктов пчеловодства, действие пестицидов используемых для обработки полей, низкая квалификация кадров, болезни пчел. И если большинство из этих проблем можно решить с помощью государственной поддержки пчеловодов, то проблему с болезнями пчел невозможно решить без внедрения экологически чистых методов их профилактики и лечения.

В настоящее время существует большая проблема использования на пасеках антибиотиков, которые накапливаются в продуктах пчеловодства и могут попасть в организм конечного потребителя – человека. Другой проблемой их использования является постепенная резистентность болезнетворных организмов к ним. Поэтому актуален поиск экологически чистых методов дезинфекции пчелиных ульев. Одним из таковых является применение серебряной воды для дезинфекции ульев. Приборы для ее получения основаны на процессе электролиза воды и содержат стальной и серебряный электроды (рис. 1.).

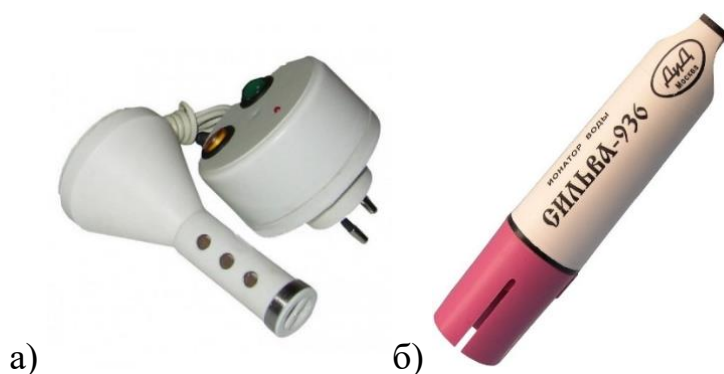
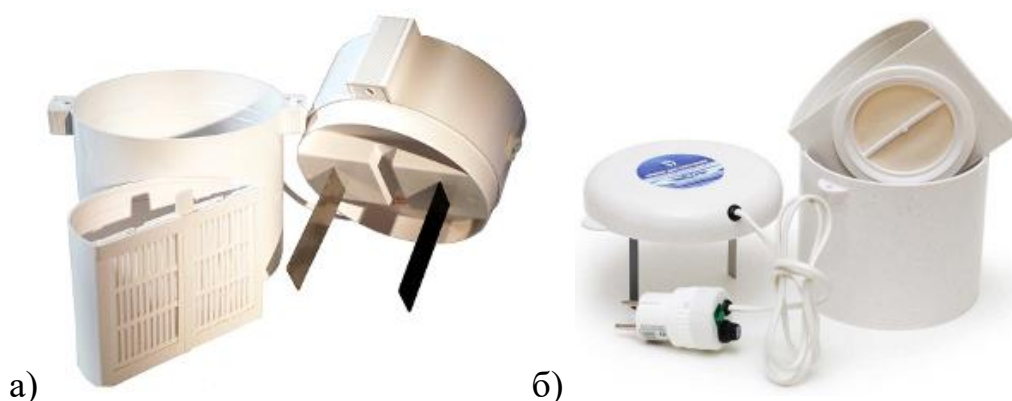


Рисунок 1 – Изображения приборов для получения серебряной воды:
а) Серебрин; б) Сильва-936

Основным сдерживающим фактором применения таких приборов на пасеке является вероятность постепенного попадания частиц серебра в продукты пчеловодства.

Другим электротехнологическим способом дезинфекции ульев, который находит все большее распространение является применение электроактивированных растворов, в частности анолита имеющего дезинфицирующей свойства. Его получают методом диафрагменного электролиза воды. В процессе электролиза раствор в анодной камере насыщается хлорсодержащими веществами, такими как соляная кислота HCl , хлорноватистая кислота $HClO$ и гипохлорит ионы ClO^- , которые и обуславливают дезинфицирующие свойства анолита. Для их получения в пчеловодстве возможно применение недорогих, непроточных, бытовых установок типа «Ива» или «Мелеста» (рис. 2).



а) б)
Рисунок 2 – Фотографии бытовых диафрагменных электролизеров воды:
а) «Ива», б) «Мелеста»

Дезинфекция анолитом предполагает необходимость разбирать пчелиные улья, что может быть трудозатратно. Способ может быть востребован при лечении бактериальных заболеваний пчел (гнильцы, септицемия, колибактериоз и др.) Стоит также отметить, что во время получения анолита получают также и католит – водный раствор с биостимулирующими свойствами, который дают пчелам для поения [2].

Другим эффективным способом дезинфекции ульев является их озонирование [3]. Озон, будучи сильным окислителем, справляется не только с бактериальными, но вирусными и грибковыми заболеваниями. Для его применения в пчеловодстве чаще всего используются пластинчатые или трубчатые озонаторы, которые работают на принципе барьерного разряда. Исходным газом может быть, как воздух, так и кислород. Озон также может быть использован для стимуляции весеннего развития пчел [4]. Сдерживающим фактором применения озона на пасеке является его опасность для пчеловода. Но так как он быстро распадается, то достаточно отключения озонатора по таймеру без присутствия человека.

Представленные способы или их комбинация могут успешно быть использованы при борьбе с бактериальными, вирусными и грибковыми заболеваниями. Но настоящей напастью для пчеловодов в настоящее время стала паразитарная болезнь – варроатоз, вызываемая клещом Варроа. Эффективного способа лечения не найдено до сих пор. Хотя и заявляется, что озон вызывает ожог слизистых оболочек присосок клещей, в результате чего они теряют способность удерживаться на пчелах, осыпаются на дно улья и погибают от голода [5]. Но концентрации озона, которые для этого нужно использовать слишком велики и могут быть опасны для самих пчел.

Материалы и методы. Поэтому нами предлагается использование вибрационной установки для стряхивания клеща с пчелы и его последующая уборка из подрамочного пространства. Для осуществления данного способа нами была разработана вибрационная установка, состоящая из динамика и связанной с ней системой волноводов, которые устанавливаются на верхнюю часть рамок. Изображение разработанной установки показано на рис. 3.



Рисунок 3 – Фотографии разработанной вибрационной установки от клеща Варроа

Исследования проводились на 10 рамочном улье. Установка помещается на улей со снятой крышкой. На концах волноводов были прикреплены металлические бруски для передачи вибраций сразу на две рамки от каждого из них.

Результаты исследования. Нами были сделаны первоначальные поисковые эксперименты по изучению влияния разработанной вибрационной установки на клеща Варроа. В ходе эксперимента подсчитывалось количество опавших в подрамочное пространство клещей. В результате применения разработанной вибрационной установки на пасеке определено, что ее использование на частоте 500 Гц приводит к увеличению опавших клещей по сравнению с контролем на 23%. При работе на частоте 1500 Гц на 38%. И при частоте 2500 Гц на 19%. Что позволяет сделать вывод об эффективности использования в данной конфигурации установки частоты 1500 Гц.

Заключение. Разработанная вибрационная установка позволяет снизить заклещенность пчел. Она не влияет на жизнедеятельность пчел и на продукты пчеловодства в отличие от химических препаратов. По нашему мнению данный способ борьбы с клещом Варроа должен сочетаться с другими электротехнологическими методами, например с озонированием для получения полного спектра профилактических и лечебных мероприятий на пасеке против бактериальных, вирусных, грибковых и паразитарных болезней без разбора ульев.

Список источников

1. Кривцов, Н. И. Состояние и современные тенденции развития пчеловодства России / Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев, Л. В. Прокофьева // Современные направления научно-технического прогресса в пчеловодстве :

материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Г. Ф. Таранова, Рыбное, 09 декабря 2007 года / Научно-исследовательский институт пчеловодства Российской академии сельскохозяйственных наук. – Рыбное: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт пчеловодства» (ФГБНУ «НИИ пчеловодства»), 2007. – С. 33-40.

2. Егорова, С. Н. Анолит и католит помогут при заболеваниях пчел / С. Н. Егорова // Наука и мир. – 2014. – № 6-1(10). – С. 90-91.

3. Оськин, С. В. Основные болезни пчел, перспективные средства и способы их лечения / С. В. Оськин, А. А. Блягоз // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2018. – № 2(34). – С. 107-116.

4. Овсянников Д.А. Технология стимуляции электроозонированием весеннего развития пчелиных семей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Овсянников Дмитрий Алексеевич; ФГБОУ ВО КГАУ им. И.Т. Трубилина; науч. рук. Д.А. Нормов. — Краснодар, 2004. — 169 с.

5. Пат. 2318381 Российская Федерация, МПК А01К 51/00. Способ борьбы с варроатозом пчел / А.А. Овсянников, Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко; заявители и патентообладатели ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2006128061/12; заявл. 01.08.2006; опубл. 10.03.2008, Бюл. №7.

© Федак С.М., 2024

Научная статья
УДК 636.2: 631.22.01

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПЛЕМЕННЫХ ТЕЛЯТ

Елена Николаевна Чернова¹

¹Саратовский государственный университет генетики биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

¹elena-chernova-67@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-5980-0870>

Аннотация. В статье приводится разработка системы мониторинга состояния содержания телят. Предлагаются энергосберегающие технологии содержания племенного поголовья и результаты исследования содержания телят.

Ключевые слова: содержание животных, племенные телята, способы содержания, клетка для содержания телят, механизация животноводства, уборка навоза.

Для цитирования: Чернова Е.Н. Энергосберегающие технологии по выращиванию племенных телят / Е.Н. Чернова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II национальной научно-практической

конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.
Original article

ENERGYSAVING TECHNOLOGIES FOR RAISING CALVES

Chernova Elena Nikolaevna¹

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

¹elena-chernova-67@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0003-5980-0870>

Annotation. The article describes the development of a system for monitoring the condition of keeping calves. Energy-saving technologies for the maintenance of breeding stock are proposed. The result of the study of the content of calves.

Keywords: animal husbandry, breeding calves, methods of keeping, cage for keeping calves, mechanization of animal husbandry, manure harvesting.

For citation: Chernova E.N. Energy-saving technologies for breeding calves / E.N. Chernova // Actual problems of agroindustrial energy: materials of the II National scientific and practical conference with international participation named after G.P. Eroshenko / Edited by S.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024.

Введение: Выращивание племенных телят является одной из основных задач обеспечения населения высококачественной мясной и молочной продукции. Обеспечение населения сельскохозяйственными продуктами питания является главной задачей АПК России. В ходе реализации приоритетного национального проекта «Развития агропромышленного комплекса», особое внимание обращается на проблемы животноводства и кормопроизводства. Технология выращивания молодняка должна постоянно совершенствоваться и уточняться в соответствии с современными достижениями науки и техники, учитывающими географию, энергичность процесса – природа - животное.

В большинстве хозяйств страны используют групповое выращивание телят в одном помещении (“традиционное”) с длительным формированием групп, при которой неизбежно при каждом поступлении новичка возникновение борьбы за лидерство. Для избежания контакта с условно-патогенной микрофлорой, профилактики желудочно-кишечных заболеваний и нормализации психического состояния телят, а также терморегуляции тела, телят выращивают в индивидуальных клетках сменных секционных профилакториев. При групповом содержании болезни распространяются значительно быстрее, а падеж увеличивается в 3-5 раз по сравнению с индивидуальным содержанием. [1,3].



Рисунок 1.- Клетка для содержания животных

Разработка конструкции была обусловлена зоотехническими требованиями клетки для содержания телят, ее положения в телятнике, положения относительно навозоуборочного канала и исключения возможности травматизма телят.

Материалы и методы. Следует отметить, что при выращивании телят, в основном применяется ручной труд. Одним из важных условий содержания молодняка КРС и снижения вероятности его падежа является своевременная и качественная очистка подстилок или пола клеток для содержания от экскрементов. Операции по уборке станков (клеток) от навоза (кал, моча, подстилка) проводится 1...3 раза в сутки, и соответственно, затрудняют труд оператора, вызывают стресс у животных, что в дальнейшем негативно сказывается на приросте живой массы телят и его полноценном развитии. Разработка и обоснование параметров клетки, оснащенной очищающим устройством позволяет полностью механизировать данный процесс, повысить качество очистки пола клетки, осуществить движение телят и уменьшить количество дезинфицирующего раствора жидкости. [4,5].

Наращивание объема отечественного производства мяса и молочных продуктов невозможно без отдельных специализированных помещений или телятника. Любое проектное решение легко проверяется на практике. Поэтому любое проектирование следует вести в тесном взаимодействии с природой. Например, содержание молочных телят может быть различным. Это и индивидуальные домики, и групповые загонки. Телят можно выращивать в помещениях различного типа, но в них должны быть сухие полы, чистый воздух без сквозняков, оптимальная температура, регламентированная подвижность и т.д.

Результаты исследования. Анализ исследования производственных результатов показывает, что снизилась заболеваемость телят, за счет подвижного пола. Снизилась заболеваемости животного с 20,1 до 7,1%. В результате увеличился привес телят.

Заключение. Наиболее гуманным, является способ выращивания телят в индивидуальных домиках с индивидуальной выгульной площадкой т.к. при этом способе выращивания исключается контакт с другими животными, тем самым снижается риск заболеваний телят, переносимых друг другу, при кормлении более сильный теленок не выпьет две порции, а ветврач, зоотехник и телятницы имеют возможность ежедневно осматривать каждого теленка индивидуально. Повышается культура труда. Будет выращиваться здоровый скот с направленной продуктивностью что в настоящее время в клетках для содержания телят для очистки от экскрементов и мочи применяется ручной труд. [1,5].

Для обеспечения моциона телятам требуется транспортировка клеток или домиков с последующим изъятием телят. Энергосберегающие технологии по выращиванию племенных телят снизят себестоимости продукции сельского хозяйства.

Список источников

1. Овчинников А.А., Шкуратов А.В., Ерошенко Г.П., Чернова Е.Н. Клетка для содержания животных. Патент РФ на полезную модель № 81039, от 10.03.2009г.
2. Герасимова Т. Г. Племенное дело в животноводстве: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110400-Зоотехния / Т. Г. Герасимова ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. аграрный ун-т". - Оренбург: ОГАУ, 2007. - 235 с.: ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-88838-408-4
3. Пат. 2490873 Российская Федерация, МПК А 01К 29/00. Клетка для содержания животных / Шкуратов А. В., Овчинников А. А., Чернова, Чугунова Ю. О.; заявитель и патентообладатель Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова. – № 2008109328/22; заявл. 11.03.2008; опубл. 27.07.2008, Бюл. № 21. – 1 с.
4. Чернова, Е.Н. Экспериментальная установка для содержания телят / А.А. Овчинников, Е.Н. Чернова // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения академика В. Л. Мосолова. – ЙошкарОла, 2008. – С. 295–296 (0,16/0,08 печ. л.).
5. Чернова, Е.Н. Ресурсосберегающая клетка для содержания животных / А.А. Овчинников, Е.Н. Чернова // Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания: сб. науч. тр. – Саратов, 2010. – С. 83–84 (0,12/0,06 печ. л.).

© Чернова Е.Н., 2024 .

Научная статья
УДК 621.313

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО
ДВИГАТЕЛЯ ГИДРОПРИВОДА ОПОРНЫХ ТЕЛЕЖЕК
ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Алексей Георгиевич Черных¹

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутская область, Иркутский район, поселок Молодежный, Россия

¹kandida2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3498-6579>

Аннотация. В качестве приводного двигателя гидравлического привода опорных тележек системы Т-Л используется инверторный трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором с двенадцатью выводами обмоток на стороне статора. Объемная гидропередача включает в себя один шестеренный насос и систему гидравлических двигателей, которые посредством коробки передач с планетарным приводом создают крутящий момент на соответствующем колесе опорной тележки. Установленная техническим регламентом максимальная производительность, обеспечивающая скоростные показатели привода соответствует работе насоса в диапазоне скоростей от 1800 до 2200 об/мин. Для стандартной частоты питающей сети равной 50 Гц, указанный диапазон изменения скорости насоса требует регулирования скорости приводного двигателя, например, путем использования преобразователя частоты. Применение современных быстродействующих транзисторных преобразователей частоты с широтно-импульсной модуляцией за счет скачков напряжения от инвертора, приводит к более высоким диэлектрическим напряжениям в обмотках статора, чем аналогичные двигатели с линейным питанием. Диэлектрические напряжения действуют в замкнутых контурах образованных системами фаза-фаза, фаза-корпус и виток-виток. Следствием наличия диэлектрического напряжения является появление коронного заряда на участках указанных контуров, приводящего к появлению напряжению превышающего критическое значение с учетом прочностных требований изоляции. Кроме того, возникновение короны приводит к ионизации воздуха в пазовом пространстве статорных обмоток и возникновению кумулятивного процесса ее воздействия на изоляцию. В совокупности не синусоидальность частотно-регулируемого выходного напряжения ШИМ-привода, приводящая к повышению диэлектрического напряжения в обмотках, электрических потерь от действия высших гармоник тока и недостаточная вентиляция при низких оборотах приводят к повреждению изоляции двигателя и серьезному сокращению срока его службы. Поэтому определение энергетических показателей двигателя в диапазоне его рабочих нагрузок, включая максимально допустимое время на запуск двигателя при номинальной нагрузке, является актуальной научно-практической задачей.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, энергетические характеристики, дождевальная машина, гидропривод, опорная тележка

Для цитирования: Черных А.Г. Энергетические характеристики асинхронного двигателя гидропривода опорных тележек дождевальной машины / А.Г. Черных // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной

Original article

ENERGY CHARACTERISTICS OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR OF THE HYDRAULIC DRIVE OF THE SUPPORT TROLLEYS OF THE SPRINKLER MACHINE

Alexey Georgievich Chernykh¹

¹Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, Russia
kandida2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3498-6579>

Annotation. An inverter three-phase asynchronous motor with a short-circuited rotor with twelve terminals of windings on the stator side is used as the drive motor of the hydraulic drive of the support trolleys of the T-L system. The volumetric hydraulic transmission includes one gear pump and a system of hydraulic motors, which, by means of a planetary-driven gearbox, create torque on the corresponding wheel of the support trolley. The maximum performance established by the technical regulations, which ensures the high-speed performance of the drive, corresponds to the operation of the pump in the speed range from 1800 to 2200 rpm. For a standard mains frequency of 50 Hz, the specified pump speed range requires speed control of the drive motor, for example, by using a frequency converter. The use of modern high-speed transistor frequency converters with pulse width modulation due to voltage surges from the inverter leads to higher dielectric voltages in the stator windings than similar linear-powered motors. Dielectric voltages operate in closed circuits formed by phase-to-phase, phase-to-housing and turn-to-turn systems. The consequence of the presence of a dielectric voltage is the appearance of a corona charge in the sections of these circuits, leading to a voltage exceeding a critical value, taking into account the strength requirements of insulation. In addition, the appearance of a corona leads to the ionization of air in the grooved space of the stator windings and the emergence of a cumulative process of its effect on insulation. Collectively, the non-sinusoidal frequency-controlled output voltage of the PWM drive, which leads to an increase in the dielectric voltage in the windings, electrical losses from the action of higher current harmonics and insufficient ventilation at low speeds lead to damage to the insulation of the motor and a serious reduction in its service life. Therefore, determining the energy performance of an engine in the range of its workloads, including the maximum allowable time to start the engine at rated load, is an urgent scientific and practical task.
Keywords: asynchronous motor, energy characteristics, sprinkler machine, hydraulic drive, support trolley

For citation: Chernykh A.G. Energy characteristics of the asynchronous motor of the hydraulic drive of the support trolleys of the sprinkler machine / A.G. Chernykh //

Actual problems of Energy Agro-industrial complex: materials of the II National Conference with international participation / Ed. С.М. Bakirova - Saratov: Vavilov University, 2023.

Введение. В круговых дождевальных машинах T-L Irrigation Company (США) (система T-L с фиксированной опорной башней) один конец машины зафиксирован, в то время как конструкция из ферм на опорах передвигается по часовой стрелке при помощи моторного привода и колес [1]. В системе T-L движение колес обеспечивается за счет применения гидростатического привода, который обеспечивает широкий спектр преимуществ по сравнению с системами с традиционным электрическим приводом [2]. В отличие от систем с электрическим приводом с функцией "стоп-вперед", каждая опорная тележка в системе T-L движется непрерывно. Устранение режима остановки и эффекта "прокручивания" является необходимым условием движения тележек в системах низкого давления, где равномерное подача воды имеет решающее значение [3]. Кроме того, наличие в процессе работы системы – режима движения "стоп-вперед", уменьшает срок службы компонентов дождевальных машин, повышает механический износ колес опорных тележек, увеличивает эксплуатационные расходы, вызывает простои и снижает эффективность процесса дождевания [4]. В свою очередь, постоянная и плавная скорость перемещения колес минимизирует вероятность застревания несущих ферм системы, обеспечивает их непрерывное движение по влажной и пересеченной местности, снижает износ всех компонентов привода, устраняя при этом неэкономный скачок мощности, необходимый для возобновления движения остановленной тележки [5]. В состав гидростатического привода входит высокоэффективный гидравлический насос переменного потока, который потребляет только необходимую для работы мощность, включая электрический привод с питанием от одно- или трехфазного источника энергии [6].

Материалы и методы. Для рассматриваемой системы T-L в качестве приводного двигателя насоса используется Inverter Duty Motor фирмы WEG мощностью 15 кВт изготовленный в соответствии со стандартами Национальной ассоциации производителей электрооборудования (NEMA), который обычно используются в США, Канаде, Мексике, некоторых частях Южной Америки и Саудовской Аравии. 3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором частотой 60 Гц, используемые в Северной Америке, обычно имеют напряжение 230/460 В и подключение с 9 выводами 1-"звезда" / 2 - "звезда". В США соотношение высокого и низкого напряжения составляет 2: 1 (460 В : 230 В). Поскольку сопротивление соединения "звезда" в три раза превышает сопротивление соединения "треугольник", высокое напряжение подключается к "звезде", а низкое напряжение - к "треугольнику". Двигатели с девятью выводами могут подключаться как по схеме "звезда", так и "треугольник", (в соответствии с техническим регламентом производителя). Их назначение – обеспечить работу с двойным напряжением в приложениях, где

соотношение напряжений составляет 2:1. На рис. 1 показаны 9 выводов статора двигателя, который содержит шесть отдельных цепей по две катушки в каждой.

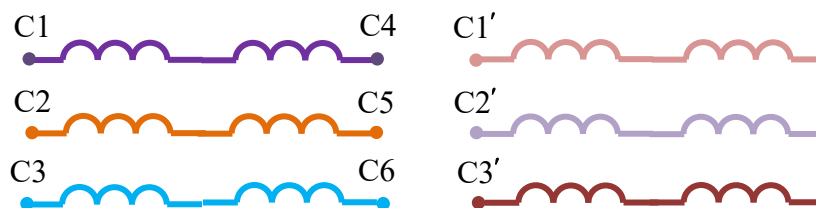


Рисунок 1 – Общий вид в соответствии со стандартом NEMA обмоток статора 3-х фазного двигателя с девятью выводами

На рис. 2 приведена схема соединения выводов статора при величине питающего напряжения 460 вольт.

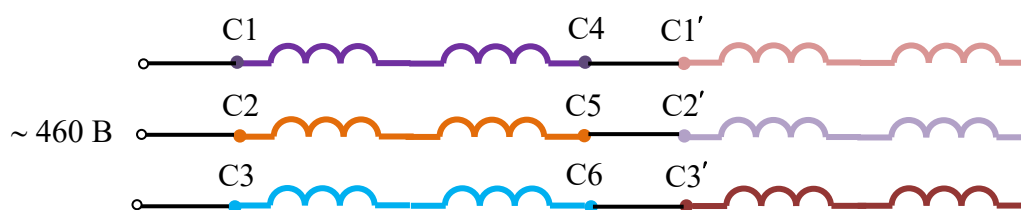


Рисунок 2 – Соединение выводов обмоток по схеме "звезда"

В свою очередь, на рис. 3 изображена схема соединения выводов статора при величине питающего напряжения 230 вольт.

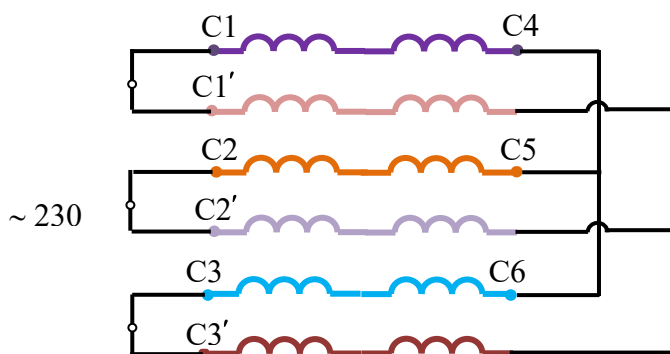


Рисунок 3 – Соединение выводов обмоток по схеме "треугольник"

Inverter Duty Motor фирмы WEG мощностью 15 кВт имеет 12 выводов статора двигателя, который содержит шесть отдельных цепей по одной катушки в каждой (рис. 4).



Рисунок 4 – Общий вид в соответствии со стандартом NEMA обмоток статора 3-х фазного двигателя с двенадцатью выводами

В Российской Федерации соотношение высокого и низкого напряжения составляет $\sqrt{3}:1$ (380 В : 220 В). Соответственно, при питающем напряжении 220 В подключение 12 выводов статора осуществляется по схеме "треугольник" / 2 - "треугольник" (рис. 5).

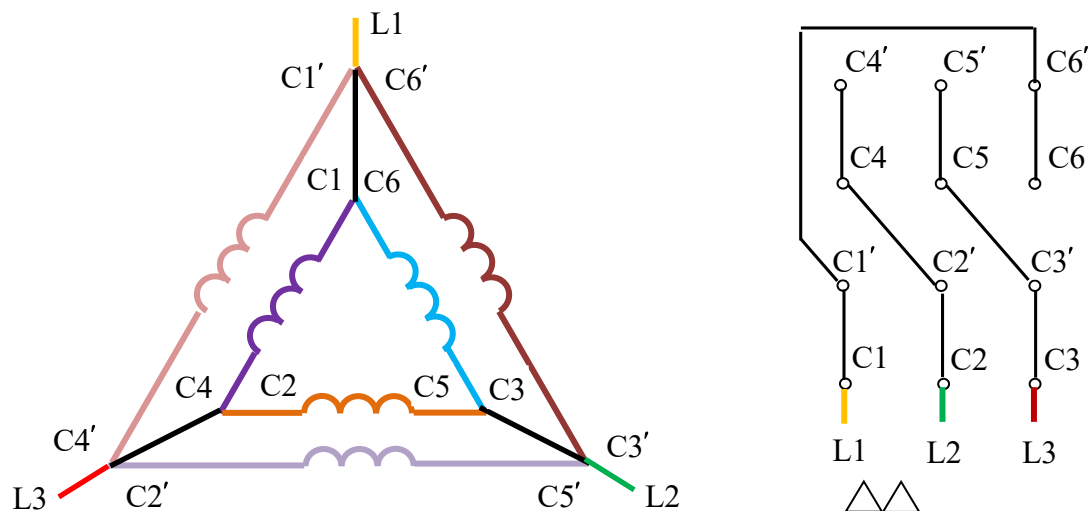


Рисунок 5 – Соединение двенадцати выводов обмоток по схеме "треугольник"/"треугольник" при напряжении 220 В

Для напряжения питания 380 В цепи катушек соединяются последовательно, соответственно схеме одиночного "треугольника" (рис. 6).

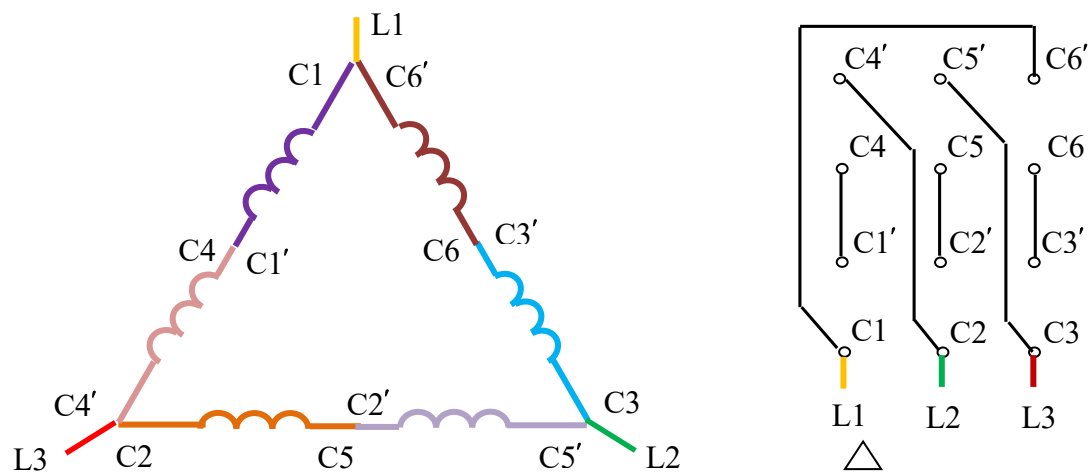


Рисунок 6 – Соединение двенадцати выводов обмоток по схеме одиночного "треугольника" при напряжении 380 В

Необходимо отметить, что двигатель с двенадцатью выводами сочетает в себе возможности конструкций с шестью и девятью выводами и выбора конфигурации соединения выводов обмоток по схемам "звезда" или "треугольник". Следовательно, один и тот же двигатель может быть сконструирован таким образом, чтобы поддерживать как соотношение

напряжений 2:1, так и $\sqrt{3}$:1, при условии равенства электромагнитной мощности потребляемая двигателем на стороне питающей сети.

Асинхронный двигатель (АД) гидропривода опорных тележек имеет следующие номинальные данные: 1) тип машины – Inverter Duty Motor; 2) число фаз – 3; 3) частота тока – 50 Гц; 4) выходная механическая мощность – $P_{2ном} = 15$ кВт; 5) напряжение на фазе двигателя – $U_{1ном} = 380$ В; 6) схема соединения фаз – "треугольник"; 7) КПД в процентах – $\eta = 90,2\%$; 8) коэффициент мощности – $\cos\phi = 0,84$; 9) скорость вращения – $n_{ном} = 1450$ об/мин; 10) режим работы – непрерывный рабочий цикл; 11) класс изоляции обмоток – F. Основные размеры двигателя, геометрия и обмоточные данные статора двигателя типа WEG мощностью 15 кВт приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Геометрия и обмоточные данные двигателя

$P_{2ном}$, кВт	$I_{1ном}$, А	схема	Z_1/Z_2	D_a , мм	D_i , мм	L , мм	δ , мм	d , мм	y	N_z	a
15	29,4	Δ	36/28	260	170	175	0,5	1,12×3	2 (1-9, 2-10), 1 (11-18)	22	1

где $I_{1ном}$ – номинальный ток статора, А; Z_1, Z_2 – количество пазов статора, ротора; D_a – диаметр статора внешний, мм; D_i – диаметр статора внутренний, мм; L – длина статора, мм; δ – воздушный зазор, мм; d – диаметр провода (мм) и (\times) – количество проводников в витке; y – шаг обмотки; N_z – количество витков в пазу; a – количество параллельных ветвей.

Исследуемый АД мощностью 15кВт в соответствии с паспортными данными допускает изменение скорости вращения ротора в диапазоне 1000:1. В качестве приводного двигателя насоса указанный диапазон ограничен интервалом от 1450 об/мин до 2200 об/мин. Расчет АД и напряжений автономного инвертора с управляемым выпрямителем обеспечивающим постоянство момента на нагрузке (насос) включает в себя непосредственно расчет самого двигателя, а также элементов управляемого выпрямителя [7, 8]. Примеры рабочих окон интерфейса соответствующих программ приведены на рис. 7 и рис. 8.

Номинальная полезная мощность P_2 (кВт):
Номинальное напряжение U_1 (В):
Синхронная частота вращения N_1 (об/мин):
Частота питающей сети F_1 (Гц):
Толщина экранирующей гильзы статора (мм):
Предварительное значение КПД η_1 :
Предварительное значение коэффициента мощности $\cos\phi_1$:
Относительное падение напряжения в обмотке статора при номинальной нагрузке Y :

Частота коммутации $F_k(\text{Гц})$:
 Максимальная глубина модуляции фазных напряжений M_{\max} :
 Напряжение сети $U_c(\text{В})$:
 Частота напряжения сети $F_c(\text{Гц})$:
 Максимальная частота фазных напряжений $F_{1\max}(\text{Гц})$:
 Минимальная частота фазных напряжений $F_{1\min}(\text{Гц})$:
 Напряжение смещения выпрямителя $U_{\text{смв}}(\text{В})$:
 Напряжение смещения инвертора $U_{\text{см}}(\text{В})$:
 Коэффициент подавления пульсаций напряжения УВ q_1 :
 Коэффициент допустимых пульсаций напряжения ТИ в пусковом режиме АД q_m :
 Коэффициент жесткости внешней характеристики УВ q_a :
 Максимальная индукция в магнитопроводе дросселя $B(\text{Тл})$:
 Относительная магнитная проницаемость стали сердечника $M_{\text{ст}}$:
 Коэффициент заполнения окна сердечника неизолированным проводом K_z :
 Коэффициент заполнения сталью сердечника $K_{\text{ст}}$:
 Закон управления (0- $P=\text{const}$ / 1- $M=\text{const}$ / 2-вентиляторная нагрузка):
 Активное сопротивление обмотки статора $R_1(\text{Ом})$:
 Активное приведенное сопротивление обмотки ротора $R_2'(\text{Ом})$:
 Индуктивное сопротивление обмотки статора $X_1(\text{Ом})$:
 Индуктивное приведенное сопротивление обмотки ротора $X_2'(\text{Ом})$:
 Активное сопротивление намагничивающего контура $R_M(\text{Ом})$:
 Индуктивное сопротивление намагничивающего контура $X_M(\text{Ом})$:
 Предварительное скольжение s :
 Момент $M(\text{Н}\cdot\text{м})$:
 Угловая скорость $\omega_1(1/\text{с})$:
 Минимальное относительное значение фазного напряжения $U_{1\text{м}^*}$:

Рисунок 7, 8 – Окно ввода исходных данных для расчета тиристорного частотного преобразователя

Результаты исследования. С помощью указанной программы, для исследуемого двигателя были проведены вычисления в соответствии с шестью алгоритмами [8]: 1. Определение основных размеров двигателя и расчет обмотки статора; 2. Геометрия зубцовых зон статора и ротора и сопротивление обмотки

статора; 3. Сопротивление обмотки ротора, расчет магнитной цепи, параметры обмоток; 4. Потери в обмотках двигателя; 5. Рабочие характеристики двигателя; 6. Пусковые характеристики двигателя.

Результаты расчета энергетических показателей приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Энергетические показатели асинхронного двигателя при частоте 50 Гц

% от номинальной мощности	5	15	25	35	45	55	70	80	90	100	110	120			
$\cos\varphi$	0,13	0,29	0,42	0,52	0,61	0,68	0,76	0,8	0,82	0,84	0,85	0,86			
% от номинальной мощности	1	2	3	4	5	6	7	8	10	15	20	30	40	50	75
$KПД, \%$	25,6	40,6	50,4	57,3	62,5	66,4	69,6	72,2	76,1	81,9	85,2	88,5	90,1	90,9	91,6

Для расчета рабочих характеристик двигателя на частоте 60Гц (табл. 3) используются алгоритмы расчета проектируемого электродвигателя связанные с законом, реализуемым инвертором, т.е. учитывается характер механической нагрузки на валу двигателя [7, 9].

Таблица 3 – Энергетические показатели асинхронного двигателя при частоте 60 Гц

% от номинальной мощности	5	15	25	35	45	55	70	80	90	100	110	120			
$\cos\varphi$	0,15	0,31	0,45	0,56	0,64	0,71	0,78	0,81	0,83	0,84	0,85	0,85			
% от номинальной мощности	1	2	3	4	5	6	7	8	10	15	20	30	40	50	75
$KПД, \%$	28,1	43,5	53,2	59,9	64,8	68,5	71,5	73,9	77,5	82,8	85,8	88,9	90,5	91,5	92,6

Энергетические характеристики частотно-регулируемого АД на частоте 50Гц и 60Гц приведены на рис. 9 ÷ рис. 12, где (·) А – рабочая точка, соответствующая номинальному режиму.

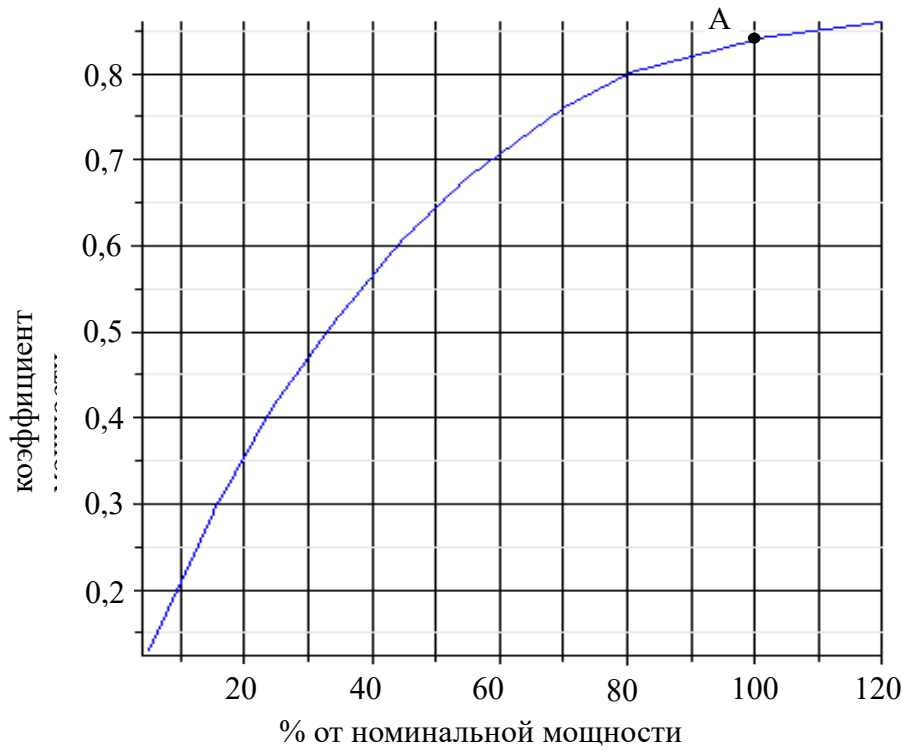


Рисунок 9 – Зависимость коэффициента мощности двигателя на частоте 50 Гц

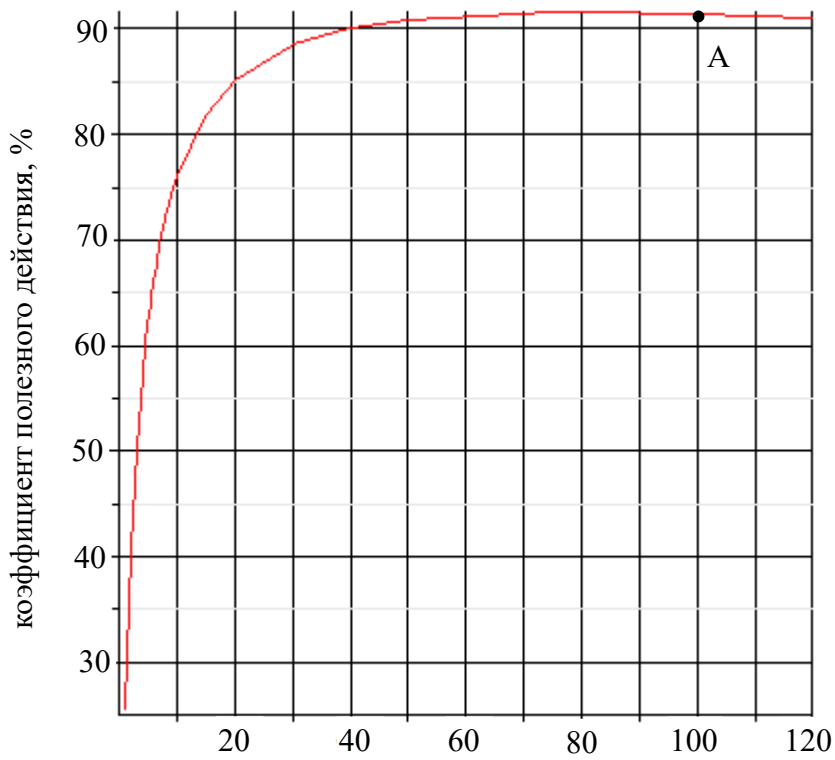


Рисунок 10 – Зависимость коэффициента полезного действия двигателя на частоте 50 Гц

Необходимо отметить, что для частоты 60 Гц номинальные данные двигателя равны: $U_{\text{ном}}=230$ В; $\eta = 93,0\%$; $\cos\varphi = 0,84$; $n_{\text{ном}} = 1765$ об/мин; схема соединения фаз – «треугольник»/»треугольник»;

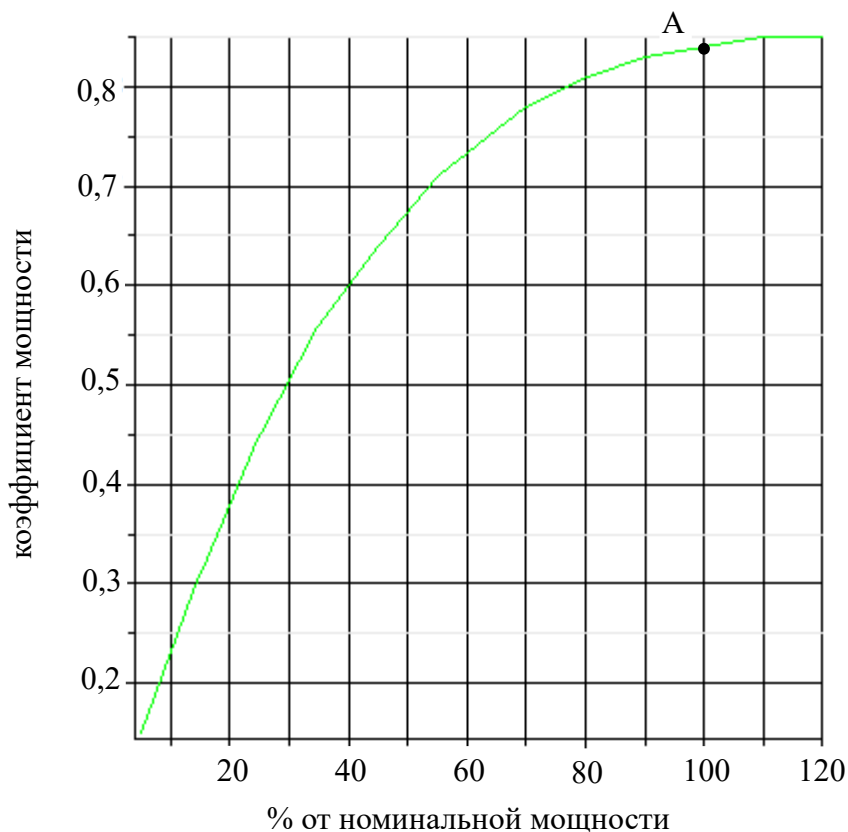


Рисунок 10 – Зависимость коэффициента мощности двигателя на частоте 60 Гц

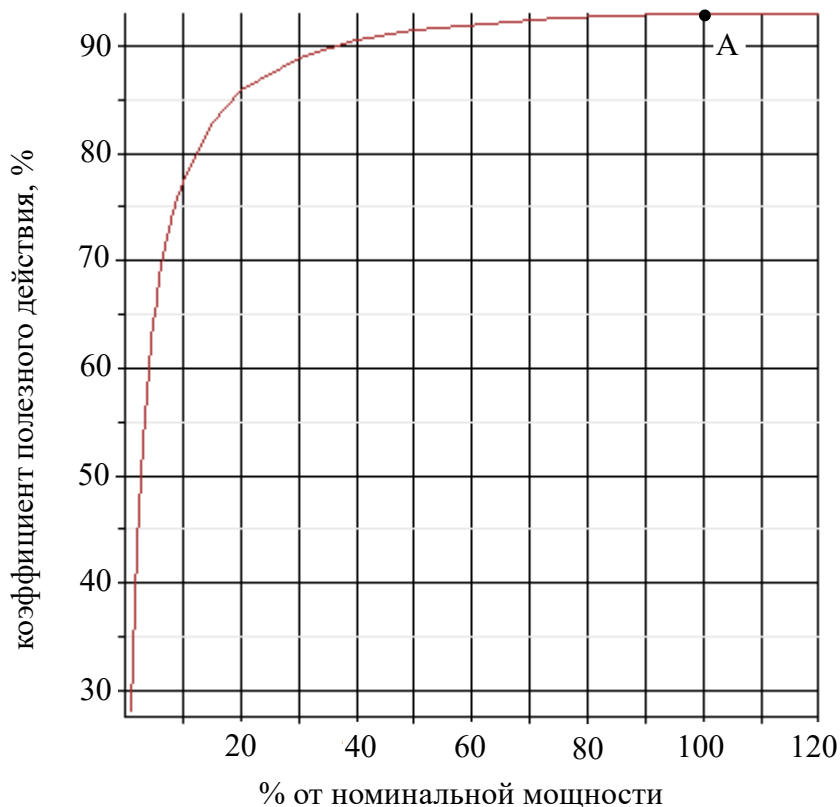


Рисунок 11 – Зависимость коэффициента полезного действия двигателя на частоте 60 Гц

Заключение. Инверторные двигатели рассчитываются с учетом их работы на более широкий диапазон частоты вращения с постоянным крутящим моментом, чем у двигателя общего назначения. При этом, согласно техническими требованиями, установленными NEMA MG 1 Раздел IV, «Стандарты производительности, применимые ко всем машинам», Часть 31, «Многофазные двигатели определенного назначения с инверторным питанием», указанный тип двигателя работающий совместно с инвертором должен обеспечивать полный номинальный крутящий момент при нулевой скорости. Рассчитанные энергетические характеристики и соответствующие им графические зависимости позволяют говорить об их высокой степени корреляции качественных признаков, а именно линейного коэффициента корреляции Пирсона: 0,9986 – для коэффициента мощности; 0,9996 – для коэффициента полезного действия. Для частоты 50 Гц ($U_{1ном} = 380$ В): 53,24 Н·м – момент на валу двигателя; 15 кВт – полезная мощность; $t_{max} = 8$ сек при пусковом токе: $I_{пуск} = 2,5 \cdot I_{ном}$. Для частоты 60 Гц ($U_{1ном} = 230$ В): 43,78 Н·м – момент на валу двигателя; 15 кВт – полезная мощность; $t_{max} = 129$ сек при пусковом токе: $I_{пуск} = 3,5 \cdot I_{ном}$.

Список источников

1. Рунов Б. А., Пильникова Н.В. Основы технологий точного земледелия: зарубежный и отечественный опыт // Рос. Акад. С.-х. наук, Гос. Науч. Учреждение Агрофизический науч.-исслед. Ин-т Россельхозакадемии. – [2-е изд., испр. И доп.]. – Санкт-Петербург: [ГНУ АФИ Россельхозакадемии], 2012. – 119 с.
2. Shilpa A. A Precise and Autonomous Irrigation System For Agriculture: IoT Based Self Propelled Center Pivot Irrigation System / A. Shilpa, V. Muneeswaran, D. K. D. Rathinam // 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), India. – 2019. – pp. 533-538.
3. Рязанцев А.И. Водосбережение при использовании многопорных оросительных устройств в условиях Московской области / А.И. Рязанцев, А.О. Антипов, Г.В. Ольгаренко, А.И. Смирнов // Научный журнал Amazonia Investiga. – 2019. Том 8(18). – С. 323-329.
4. Рязанцев А. И. Заравнивание колеи многоопорных дождевальных машин / А.И. Рязанцев, А.О. Антипов, А.И. Смирнов // Ежеквартальный научный журнал «Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева» / РГАТУ. – Рязань, 2018. – №2(38). – С. 116-121.
5. Фокин Б.П. Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин / Б.П. Фокин, А.К. Носов // Научное издание. – Ставрополь: [ФГУП «СТАВНИИГиМ»], [ОАО «СЕВКАВГИПРОВОДХОЗ»], 2011. – 80с.
6. Wang, Y., Shen, T., Tan, C. et al. Research status, critical technologies and development trends of hydraulic pressure pulsation attenuator // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2021. Vol. 34. – Article number: 14.

7. Свидетельство №2011610170 Российская Федерация. Расчет тиристорного частотного преобразователя для управления экранированным асинхронным двигателем / Черных А.Г., Иванов А.Г., Бондаренко А.В., заявитель и патентообладатель Иркутская государственная сельскохозяйственная академия (RU); заявл. 22.10.2010; опубл. 11.01.2011, Реестр программ для ЭВМ.

8. Свидетельство №2011610171 Российская Федерация. Расчет параметров и характеристик экранированного асинхронного электродвигателя / Черных А.Г., Иванов А.Г., Бондаренко А.В., заявитель и патентообладатель Иркутская государственная сельскохозяйственная академия (RU); заявл. 22.10.2010; опубл. 11.01.2011, Реестр программ для ЭВМ.

9. Dilshad Brar et al., Energy conservation using variable- frequency drives for center-pivot irrigation: Standard systems / Transactions of the ASABE. –2017. vol. 60(1). – pp. 95-106.

© Черных А.Г., 2024

Научная статья
УДК 631.22:628.9

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕННОСТЬЮ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ

Сергей Мударисович Бакиров¹, Татьяна Александровна Широбокова², Ирина Геннадиевна Поспелова³, Трефилова Елизавета Геннадьевна⁴, Ямшина Елизавета Николаевна⁵, Колегов Владимир Александрович⁶

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

^{2,3,4, 5, 6} Удмуртский государственный аграрный университет, г. Ижевск, Россия

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²9048336842@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4421-576X>

³pospelovaig@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6458-9774>

Аннотация. В статье предложена программа и схемное решение установки регулирования и поддержания системами освещения в животноводческом помещении в зависимости от естественного освещения. Установка позволяет решить экономии ресурсов электроэнергии и поддержания параметров микроклимата помещения.

Ключевые слова: система управления, животноводческое помещение, электрическая энергия, алгоритм работы.

Для цитирования: Бакиров С.М. Программа управления освещенностью в животноводческом помещении /С.М. Бакиров, Т.А. Широбокова, И.Г. Поспелова и др. // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно- технической конференции имени

Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024.

Original article

EXPERIMENTAL SETUP WITH THERMOELECTRIC EFFECT

Sergey Mudarisovich Bakirov¹, Tatyana Alexandrovna Shirobokova², Irina Gennadievna Pospelova³, Trefilova E.G.⁴, Yamshinina E.N.⁵, Kolegov V. A.⁶

Saratov State Agrarian University N. I. Vavilova, Saratov, Russia ¹, Udmurt state agricultural university, Izhevsk, Russia²

¹s.m.bakirov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9392-7627>

²9048336842@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4421-576X>

³pospelovaig@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6458-9774>

Annotation The article proposes a program and solution diagram for installing and maintaining the lighting temperature in livestock buildings depending on natural light. The installation allows you to solve issues of saving energy resources and maintaining indoor microclimate parameters.

Key words: LED lamp, thermoelectric effect, electric energy, thermocouple.

For citation: Bakirov S.M. Light control program for livestock buildings / S.M. Bakirov, T.A. Shirobokova, I. G. Pospelova, Trefilova E.G., Yamshinina E.N., Kolegov V. A. // Improving the efficient operation of electrical equipment in agriculture: materials International Scientific and Technical Conference named after G. P. Eroshenko / Ed. С.М. Бакирова - Saratov: Vavilov University, 2024, p.125.

Введение. Анализ затрат электроэнергии на предприятиях сельскохозяйственного назначения показывает, что более 20 % электроэнергии расходуется на освещении. Прогресс светодиодной светотехники и ее энергетические свойства открывают перспективы создания новых приборов и оборудования для предприятий. Поэтому вопрос разработки энергосберегающего оборудования является актуальным вопросом [1–4].

Материалы и методы. Одним из способов снижения расходов электроэнергии являются методы усовершенствования системы управления [5, 6]. На предприятиях агропромышленного комплекса чаще всего используется освещение, управление которым осуществляется на крупных объектах вручную и реже автоматически.

Повышение продуктивности биологических объектов в АПК – одна из важнейших задач в сложившейся ситуации мирового продовольственного рынка. Уровень освещенности в животноводстве играет процессами физиологического развития, обеспечивать более комфортные условия содержания и добиваться существенного роста продуктивности, способствует увеличению выживаемости молодняка, уменьшению затрат кормов и улучшению их усвоения [7, 8]. Поэтому вопрос поддержания нормы

освещенности изыскивая менее энергоемкие технологии является важной составляющей мероприятий по энергосбережению.

Светоклиматические условия Удмуртской Республики обусловлены тем, что в зимний период световой день длится 5-7 часов и уровень естественного освещения низкий. В свою очередь уровень освещённости в животноводческом помещении изменяется в течении дня в зависимости от поступающего солнечного света через оконные проёмы и световые козырьки. Это может зависеть от разных факторов, таких, к примеру, как положение солнца на небе или облачности. Также стоит обратить внимание на продолжительность светового дня в разное время года. Уровень освещённости в помещении может меняться в зависимости от поступающего солнечного света. При этом количество света может быть различным. Это может зависеть от разных факторов, таких, к примеру, как положение солнца на небе или облачности. Также стоит обратить внимание на продолжительность светового дня, имеющего разную продолжительность в разное время года. На рисунке 1 представлен график продолжительности светового дня [9] видно, что в городе Ижевске продолжительность светового дня зимой значительно отличалась от лета. В январе она составляла всего лишь 7 часов, ежедневно плавно увеличиваясь и составляя к июню около 17 часов, затем вновь сокращаясь с каждым днём. Соответственно, время работы осветительных приборов в течение дня различается в разное время года.

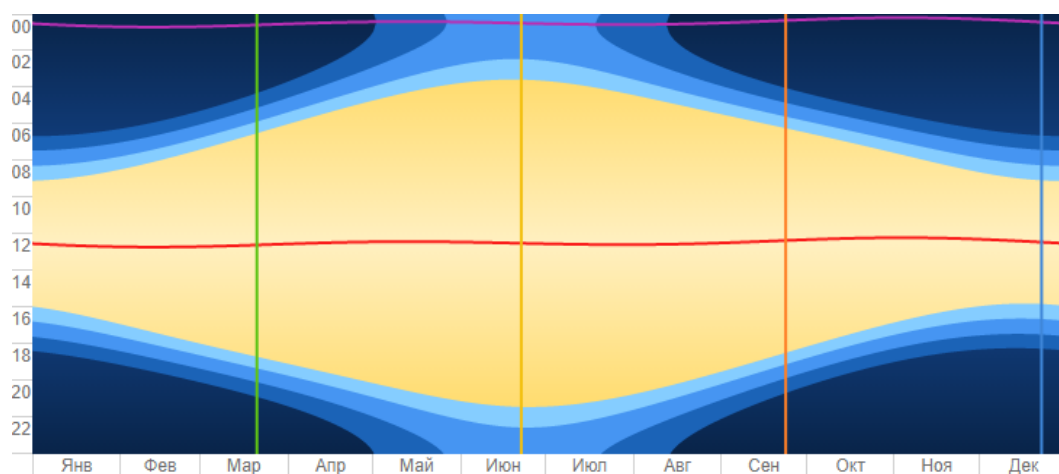


Рисунок 1 – График продолжительности светового дня:

■ – день; ■ – ночь; — зенит; — надир.

Одно из решений вопроса поддержания и регулирования систем управления освещением в животноводческих помещениях является разработанная программа управления осветительной установкой с учетом светового дня и уровня естественной освещенности. Код программы, загруженный на плату Arduino UNO, выполняет определённый алгоритм, управляющий подключенными устройствами (светильниками), и отправляет данные на подключённые модули, собирает с них информацию. Для платы UNO

используется код фреймворка Wiring, основанного на языке программирования C++.

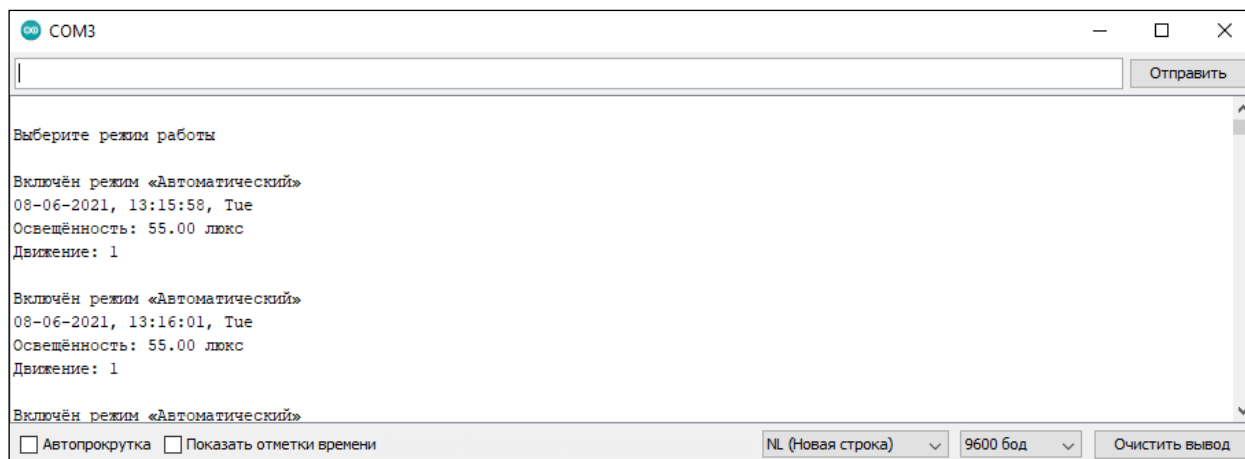


Рисунок 2 – Фрагмент работы программы

Разработанный алгоритм системы управления позволяет автоматизировать процесс включения и выключения света, поддерживать требуемый нормируемый уровень освещенности над кормовым столом в животноводческих помещениях. На рисунке 3 представлен тестовый вариант устройства для управления освещением для отработки и отладки алгоритмов работы системы.

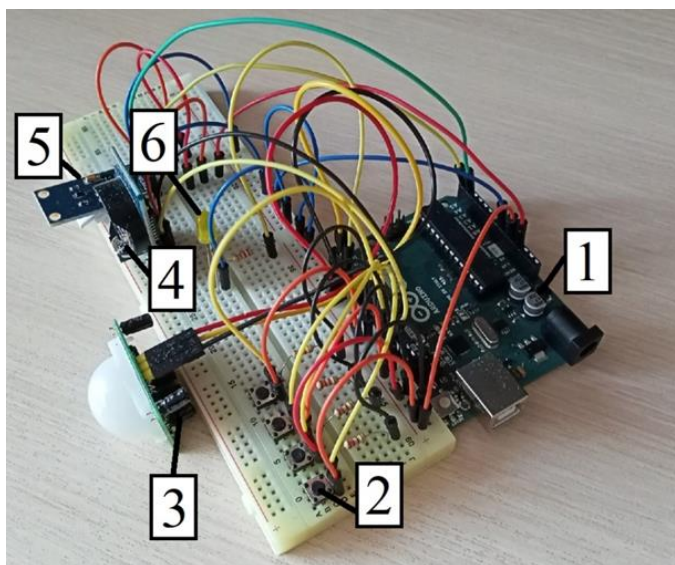


Рисунок 3 – Тестовый вариант устройства для управления освещением: 1 – плата Arduino UNO; 2 – микрокнопки; 3 – инфракрасный датчик движения; 4 – модуль часов реального времени; 5 – модуль датчика интенсивности света; 6 – светодиод

Тестовый вариант содержит плату Arduino UNO с микроконтроллером ATmega328, 4 микрокнопки, каждая подключённая через резистор 10 кОм, инфракрасный датчик движения HC-SR501, модуль часов реального времени DS3231 и модуль датчика интенсивности света GY-30 на базе чипа BH1750FVI. Вместо лампы или светильника для отработки и отладки процессов работы

программы и устройства используется светодиод, имитирующий работу лампы в плане повышения или понижения уровня яркости, поддержания нужного уровня освещенности

Вывод. Таким образом, можно сказать, что предложенная и разработанная конструкция и схемное решение программы является перспективной установкой для предприятий АПК. Установлено, что вопрос по разработке системы управления и поддержания нормируемого уровня освещенности с учетом светового дня и уровня естественной освещенности решается с помощью программируемых устройств. Применение технических решений позволит, снизит затраты на электроэнергию до 20 % и обеспечить высокую продуктивность животных.

Список источников

- 1.Роботизация процессов в сфере агропромышленного комплекса на примере обеззараживания поверхностей ИК-излучением / И. Г. Пospelова, И. В. Возмищев, Л. А. Шувалова [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 1(61). – DOI 10.51419/202141122. – EDN LJPSPI..
- 2.Расчет параметров светодиодного освещения птичника при напольном содержании / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. Г. Пospelова, П. В. Дородов // Сельский механизатор. – 2024. – № 3. – С. 10-11. – DOI 10.47336/0131-7393-2024-3-10-11-24. – EDN CWWNIU.
- 3.Суринский, Д. О. Преимущества интегрированного способа защиты растений от насекомых-вредителей / Д. О. Суринский, И. В. Савчук, Е. А. Басуматорова // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2019. – № 1(18). – С. 39-45. – EDN CIQBIU.
- 4.Широбокова Т.А. Разработка энерго- ресурсосберегающих осветительных установок для АПК / Широбокова Т.А., Пospelова И.Г., Набатчикова М.А., Иксанов И.И. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 3 (40). С. 95-102.
- 5.Разработка интеллектуальной системы управления поливом для экспериментального семеноводства / С. М. Бакиров, О. В. Михеева, Д. А. Колганов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 2. – С. 108-111. – DOI 10.28983/asj.y2022i2pp108-111. – EDN JAVWHR..
- 6.Управление факторами развития G.mellonella энергосберегающими технологиями для создания технологической линии воспроизводства / Н. П. Кондратьева, А. С. Осокина, В. К. Ваштиев [и др.] // Пермский аграрный вестник. – 2023. – № 1(41). – С. 99-107. – DOI 10.47737/2307-2873_2023_41_99. – EDN NSKEUA.
- 7.Оценка санитарного состояния животноводческих помещений для содержания телят / М. В. Князева, Л. А. Шувалова, Т. В. Бабинцева, А. В. Меньшиков // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 59-3. – С. 101-109. – DOI 10.54258/20701047_2022_59_3_101. – EDN TDWSWL.
- 8.Шувалова, Л. А. Система освещения с автоматикой управления для животноводческих помещений / Л. А. Шувалова, Т. А. Широбокова //

Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. В 3-х томах, Ижевск, 28 февраля – 05 2023 года. Том II. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 118-125. – EDN RDSUHL.

9. Солнечный калькулятор [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://timewek.ru/citysun.php>

© Широбокова Т.А., Бакиров С.М., Поспелова И.Г., Трефилова Е.Г., Ямшина Е.Н., Колегов В.А.

Научная статья
УДК 621.316

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕСТА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ГРУППЫ «ЗВЕЗДА С НУЛЕМ/ ТРЕУГОЛЬНИК» НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКА В НУЛЕВОМ РАБОЧЕМ ПРОВОДЕ СЕТИ 0,38 кВ

Михаил Анатольевич Юндин¹, Василий Максимович Митченко², Роман Викторович Найда³

^{1,2,3} Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Россия

¹ m.a.ju@yfnaex.ru

² mitchenko@list.ru

³ naida@mail.ru

Аннотация. Приведены данные экспериментальных исследований эффективности работы трансформаторной группы с обмотками «звезда с нулем/треугольник» для токовой разгрузки нулевого рабочего провода сети 0,38 кВ. Трансформаторная группа поперечно подключалась в различных точках физической модели линии напряжением 0,38 кВ. Установлено, что подключение трансформаторной группы с обмотками «звезда с нулем/треугольник» в конце линии предпочтительно.

Ключевые слова: энергоэффективность, токи нулевой и обратной последовательности, коэффициент третьей гармонической составляющей тока, «звезда с нулем/треугольник».

Для цитирования: Юндин М.А. Анализ влияния места подключения трансформаторной группы «звезда с нулем/треугольник» на эффективность ограничения тока в нулевом проводе сети 0,38 кВ / М.А. Юндин, В.М. Митченко, Р.В. Найда // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2024

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CONNECTION POINT OF THE TRANSFORMER GROUP "STAR WITH ZERO/ TRIANGLE" ON THE EFFICIENCY OF CURRENT LIMITATION IN THE ZERO WORKING WIRE OF THE 0.38 kV NETWORK

Mikhail Anatolyevich Yundin¹, Vasily Maksimovich Mitchenko², Roman Viktorovich Naida³

^{1,2,3} Azov-Black Sea Engineering Institute of the Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Russia

¹ m.a.ju@yfnaex.ru

² mitchenko@list.ru

³ naida@mail.ru

Annotation. The data of experimental studies of the efficiency of the transformer group with windings "star with zero/triangle" for current discharge of the zero working wire of the 0.38 kV network are presented. The transformer group was transversely connected at various points of the physical model of the line with a voltage of 0.38 kV. It has been established that the connection of a transformer group with windings "star with zero/triangle" at the end of the line is preferable.

Keywords: energy efficiency, zero and reverse sequence currents, coefficient of the third harmonic component of the current, "star with zero/triangle".

For citation: Yundin M.A. Analysis of the influence of the connection point of the transformer group "Star with zero/ triangle" on the efficiency of current limitation in the zero wire of the 0.38 kV network / M.A. Yundin, V.M. Mitchenko, R.V. Naida // Actual problems of Agroindustrial power engineering: Proceedings of the II National Conference with International participation / Edited by C.M. Bakirov – Saratov: Vavilov University, 2024

Введение. В современных сельских и городских электрических сетях напряжением 0,38 кВ практически всегда обнаруживается присутствие токов высших гармоник, обратной и нулевой последовательности. Наиболее существенен вклад в токовую нагрузку нулевого провода трехфазной четырехпроводной сети токов нулевой последовательности на основной частоте и токов нечетных гармоник кратных трем.

Отрицательные последствия токовой перегрузки нулевого провода хорошо известны из [1-4]. Исследования по симметрированию напряжений (токов) и токовой разгрузке нулевого рабочего провода активно ведутся как у нас в стране [1-5], так и за рубежом [6]. Поперечное подключение к трехфазной четырехпроводной сети силового трансформатора со схемой обмоток «звезда с нулем/треугольник» [5] показало, что наряду со снижением потерь электроэнергии, симметрированием напряжений, повышением быстродействия токовых аппаратов защиты отмечался и рост электропотребления в сети.

Использование для аналогичных целей трансформатора с обмотками «звезда с нулем/зигзаг» приводило к снижению в четырехпроводной электрической сети коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой последовательности и искажения синусоидальности кривой напряжения в фазах и увеличению коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности [6].

Исходя из этого целью работы является ответ на вопрос, в какой же точке на линии целесообразнее подключать трансформаторную группу с обмотками «звезда с нулем/треугольник».

Материалы и методы. Исследования выполнены в лабораторных условиях на стенде модели разветвленной электрической сети 0,38 кВ с нелинейной несимметричной нагрузкой, питаемой от силового трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда/ звезда с нулем» (Y/Yn). Трансформаторная группа с обмотками «звезда с нулем/треугольник» (Yn/Δ) поперечно включалась в четырехпроводную модель линии на различных участках. Электрические величины измеряли сертифицированным прибором НЮКИ 3196. Анализировали режимы работы до подключения к сети трансформаторной группы Yn/Δ при их поперечном подключении в конце и в начале модели линии. Нагрузка во время экспериментов была одной и той же. Показатели несимметрии и несинусоидальности измеряли непосредственно прибором НЮКИ. Энергетические соотношения на участках модели линии косвенно оценивали по результатам измерений.

Потери активной мощности на основной частоте определены как

$$\Delta P_{(1)} = 3I_{(1)}^2 r,$$

где $I_{(1)}$ – ток прямой последовательности в проводах модели электрической сети; r – активное сопротивление прямой последовательности провода.

Величина дополнительных потерь мощности (ΔP_D) от токов несимметрии и несинусоидальности по отношению к техническим потерям ($\Delta P_{(1)}$) на основной частоте

$$\frac{\Delta P_D}{\Delta P_{(1)}} = K_{i2}^2 + 4K_{i0}^2 + 3,2K_{i(3)}^2,$$

где K_{i2} – коэффициент несимметрии токов по обратной последовательности; K_{i0} – коэффициент несимметрии токов по нулевой последовательности; $K_{i(3)}$ – коэффициент третьей гармонической составляющей в сети.

Результаты исследования. До подключения трансформаторной группы Yn/Δ к модели линии уровни несимметрии и несинусоидальности на участках имели значения, показанные на рисунке 1.

На рисунке 1 сопротивлениями Z1-Z8 моделировали продольные участки линии, а сопротивлениями Zn1-Zn6 – нелинейные несимметричные нагрузки на разных участках линии. Уравнения токов на участках четырехпроводной линии приведены над участками линии для наиболее значимых гармонических составляющих токов.

$$\begin{aligned} i_1 &= 1,66 \sin(\omega t - 70^\circ) + 0,13 \sin(3\omega t - 38^\circ) \text{A}; \\ i_2 &= 3,73 \sin(\omega t + 169^\circ) + 0,10 \sin(3\omega t - 84^\circ) \text{A}; \\ i_3 &= 1,70 \sin(\omega t + 42^\circ) + 0,10 \sin(3\omega t - 73^\circ) \text{A}; \\ i_4 &= 1,85 \sin(\omega t + 171^\circ) + 0,31 \sin(3\omega t - 63^\circ) \text{A}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_1 &= 3,62 \sin(\omega t - 71^\circ) + 0,51 \sin(3\omega t - 37^\circ) \text{A}; \\ i_2 &= 4,93 \sin(\omega t + 170^\circ) + 0,20 \sin(3\omega t - 58^\circ) \text{A}; \\ i_3 &= 3,65 \sin(\omega t + 70^\circ) + 0,49 \sin(3\omega t + 64^\circ) \text{A}; \\ i_4 &= 2,63 \sin(\omega t - 21^\circ) + 0,76 \sin(3\omega t + 174^\circ) \text{A}. \end{aligned}$$

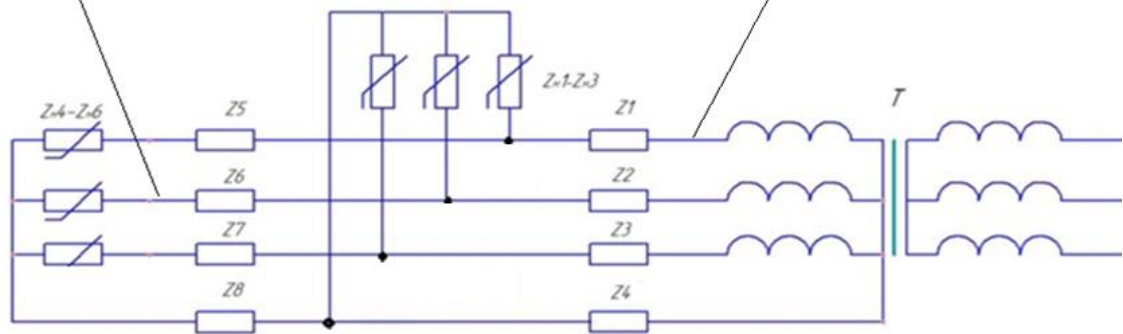


Рисунок 1 – Распределение токов на участках модели линии до подключения трансформаторной группы Y_n/Δ

Как видно из рис.1 в нулевом проводе (ток i_4) ток основной (первой) гармоники изменяется от амплитудного значения 2,63 А в начале линии до 1,85 А в конце линии, а ток третьей гармоники соответственно от 0,76 А до 0,31 А. Следует отметить, что токи третьей гармоники несинфазны и в начале, и в конце линии. В начале линии амплитудные значения третьих гармоник тока разные, в конце линии они выравниваются.

Подключение трансформаторной группы Y_n/Δ в конце участка линии и изменения основных составляющих амплитудных значений токов по участкам изображены на рисунке 2.

$$\begin{aligned} i_1 &= 1,56 \sin(\omega t - 70^\circ) + 0,14 \sin(3\omega t - 48^\circ) \text{A}; \\ i_2 &= 3,68 \sin(\omega t + 174^\circ) + 0,24 \sin(3\omega t - 52^\circ) \text{A}; \\ i_3 &= 1,5 \sin(\omega t + 49^\circ) + 0,1 \sin(3\omega t - 55^\circ) \text{A}; \\ i_4 &= 2,15 \sin(\omega t + 178^\circ) + 0,48 \sin(3\omega t - 51^\circ) \text{A}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_1 &= 3,51 \sin(\omega t - 63^\circ) + 0,25 \sin(3\omega t - 73^\circ) \text{A}; \\ i_2 &= 4,58 \sin(\omega t + 166^\circ) + 0,11 \sin(3\omega t - 110^\circ) \text{A}; \\ i_3 &= 3,76 \sin(\omega t + 62^\circ) + 0,59 \sin(3\omega t + 88^\circ) \text{A}; \\ i_4 &= 1,67 \sin(\omega t + 129^\circ) + 0,26 \sin(3\omega t + 78^\circ) \text{A}. \end{aligned}$$

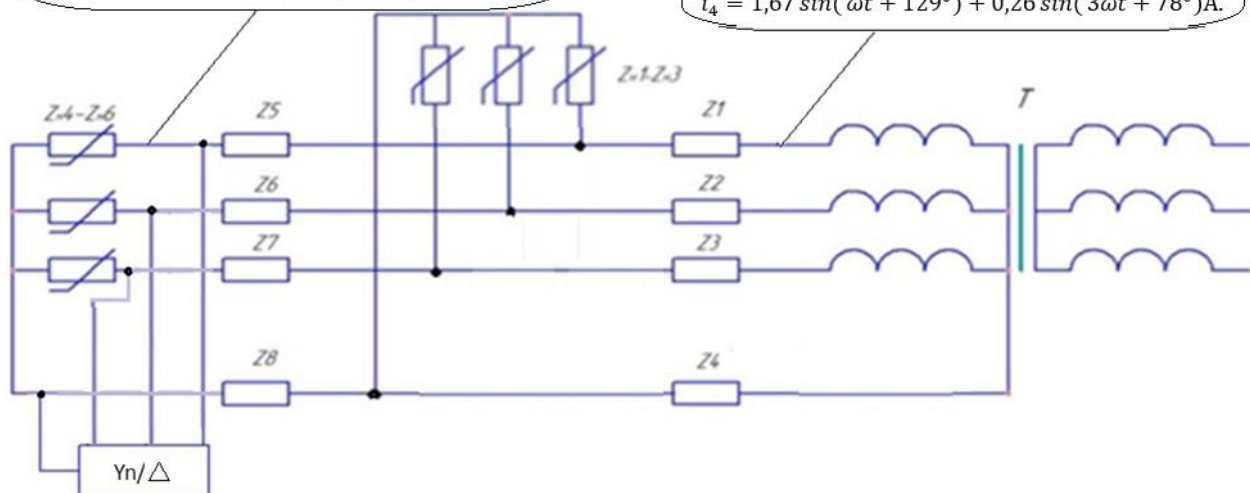


Рисунок 2 – Распределение токов на участках модели линии при подключении трансформаторной группы Y_n/Δ в конце линии

Подключение трансформаторной группы Y_n/Δ в конце участка линии привело к уменьшению амплитудных токов основной гармоники в начале линии в нулевом проводе с 2,63 А до 1,67 А, у третьей гармоники соответственно с 0,76 А до 0,26 А. На участке в конце линии анализируемые составляющие токов в нулевом проводе увеличились: у основной гармоники с 1,85 А до 2,15 А, у третьей гармоники соответственно с 0,31 А до 0,48 А.

В таблице 1 представлены суммарные полные мощности (S_Σ) на отдельных участках, средние значения напряжения (U_{cp}) и тока (I_{cp}) основной частоты на соответствующем участке и кратности ($\frac{\Delta P_{D1}}{\Delta P_1}$) дополнительных потерь мощности к потерям мощности на основной частоте на каждом участке линии.

Так, например, исходя из данных табл. 1, на начальном участке линии до подключения трансформаторной группы Y_n/Δ дополнительные потери активной мощности из-за токов несимметрии и несинусоидальности составляли 31,6% по отношению потерям мощности от протекания токов основной частоты, включение трансформаторной группы Y_n/Δ в конце участка линии позволило снизить эти потери на головном участке линии до 10,1%.

Таблица 1 – Результаты исследований при подключении трансформаторной группы Y_n/Δ в конце участка линии

Вид режима в модели сети	Электрические величины на участках линии							
	Начальный участок линии				Участок между сопротивлениями $Z_5-Z_8 \dots Z_{H4}-Z_{H6}$			
	S_Σ , кВА	U_{cp} , В	I_{cp} , А	$\frac{\Delta P_{D1}}{\Delta P_1}$	S_Σ , кВА	U_{cp} , В	I_{cp} , А	$\frac{\Delta P_{D2}}{\Delta P_1}$
	1,75	214,9	2,671	0,316	1,05	215,6	1,625	0,476
	1,75	208,6	2,771	0,101	0,99	209,6	1,582	0,659

При этом, ток нулевой последовательности основной частоты на головном участке при рассматриваемом режиме работы уменьшился с 0,62 А до 0,39 А, т.е. в 1,59 раза, а действующее значение тока третьей гармоники снизилось при этом с 0,53 А до 0,18 А, т.е. в 2,94 раза.

В конце участка линии, за счет разгрузки головного участка линии от токов нулевой последовательности на основной частоте и частоте 150 Гц, наблюдаем рост напряжения U_{cp} (см. табл.1), но при этом, на участке линии между сопротивлениями $Z_5-Z_8 \dots Z_{H4}-Z_{H6}$ дополнительные потери мощности увеличиваются в 1,4 раза.

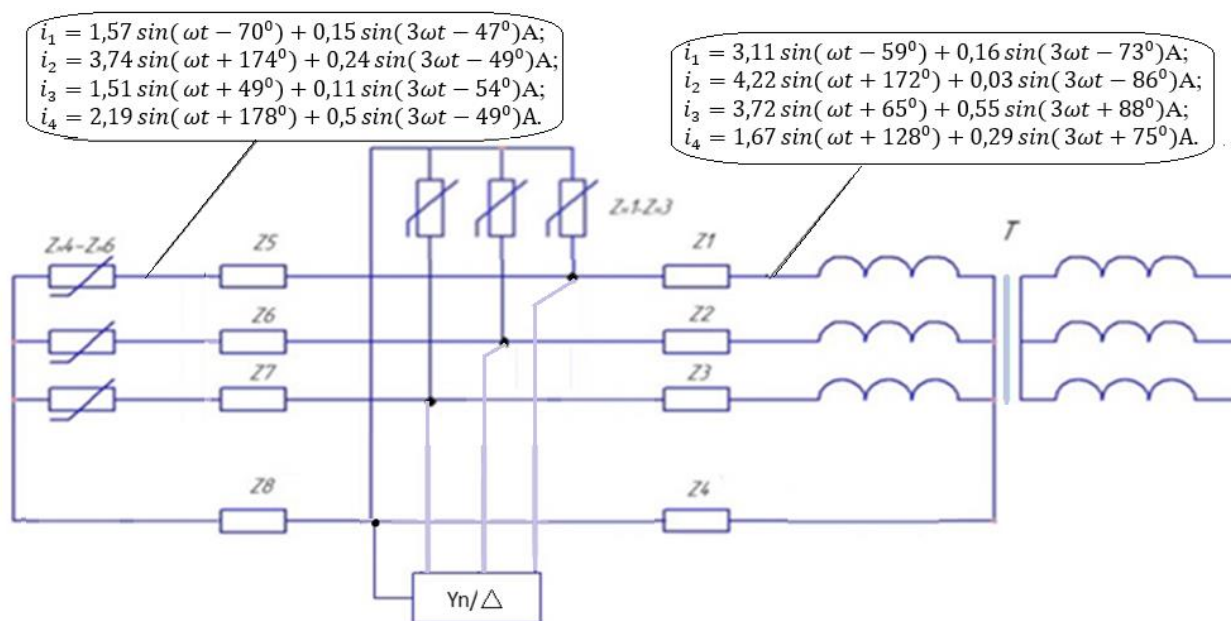


Рисунок 3 – Распределение токов на участках модели линии при подключении трансформаторной группы Y_n/Δ в начале линии

Результаты изменений основных составляющих токов по участкам при подключении трансформаторной группы Y_n/Δ в начале участка линии отражены на рисунке 3.

Изменение места подключения трансформаторной группы Y_n/Δ привело к снижению тока нулевой последовательности основной частоты на головном участке с 0,62 А до 0,39 А, а действующего значения тока третьей гармоники соответственно с 0,54 А до 0,21 А по сравнению с режимом, когда к линии ничего не подключалось.

У токов третьих гармоник при таком подключении трансформаторной группы Y_n/Δ амплитудные значения не одинаковы на обоих участках модели линии.

Таблица 2 – Результаты исследований при подключении трансформаторной группы Y_n/Δ в начале участка линии

Вид режима в модели сети	Электрические величины на участках линии							
	Начальный участок линии				Участок между сопротивлениями $Z_5-Z_8 \dots Z_{H4}-Z_{H6}$			
	S_Σ , кВА	U_{cp} , В	I_{cp} , А	$\frac{\Delta P_{D1}}{\Delta P_1}$	S_Σ , кВА	U_{cp} , В	I_{cp} , А	$\frac{\Delta P_{D2}}{\Delta P_1}$
	1,75	214,9	2,671	0,316	1,05	215,6	1,625	0,476
	1,66	211,7	2,590	0,116	1,01	211,5	1,609	0,669

Подключение трансформаторной группы «Yn/Δ» в начале линии привело к уменьшению дополнительных потерь мощности на головном участке линии в 2,7 раза, однако, в конце линии дополнительные потери мощности по отношению к потерям на основной частоте также увеличились в 1,4 раза (см. табл.2).

Заключение. Анализ результатов при данных условиях эксперимента показал, что поперечное подключение трансформаторной группы «Yn/Δ» на участке в конце линии подавляет токи третьей гармоники в нулевом проводе на головном участке линии эффективнее, чем токи нулевой последовательности основной частоты, при этом, дополнительные потери мощности на головном участке линии уменьшаются в 3,1 раза, однако, в конце линии дополнительные потери мощности возрастают по отношению к потерям на основной частоте на данном участке в 1,4 раза.

Подключение трансформаторной группы «Yn/Δ» в начале линии имеет приблизительно схожие законы изменения токов на участках, как и при подключенном трансформаторе «Yn/Δ» на участке в конце линии. При этом, на головном участке линии снижение дополнительных потерь мощности ухудшается на 1,5 %, а на участке между сопротивлениями $Z_5-Z_8 \dots Z_{н4}-Z_{н6}$ соответственно на 1% по сравнению с подключением трансформаторной группы «Yn/Δ» в конце линии.

Список источников

1. Юндин М.А. Результаты исследования эффективности работы технических средств для токовой разгрузки нулевого рабочего провода / М.А. Юндин, Д.А. Севостьянов, С.С. Ситников // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции имени Г.П. Ерошенко / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – С.387-393.
2. Наумов, И. В. К вопросу о возникновении пожароопасных ситуаций при несимметричном электропотреблении / И. В. Наумов, Д. Н. Карамов // Надежность и безопасность энергетики. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 69-76.
3. Косоухов Ф.Д. Экспериментальное исследование потерь мощности от несимметрии токов в трехфазных трансформаторах и четырехпроводных линиях 0,38 кВ / Ф.Д.Косоухов, Н.В.Васильев, В.Ф.Петров, Н.Ю.Криштопа – Электротехника. – 2018. – №2. – С.47-51.
4. Руди Д.Ю. Исследование высших гармоник в электрических сетях низкого напряжения / Д.Ю.Руди, А.И.Антонов, М.Г.Вишнягов и др.– Омский научный вестник. – 2018. – № 6 (162). – С.119-124.
5. Орлов В.В. Анализ способов симметрирования напряжения в сетях 0,4/0,23 кВ / В.В. Орлов, Э.О. Орлова // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – №2 (59). – С.56-62.
6. Лукаш Топольски Компенсация асимметрии токов и напряжений. Симметризатор в сетях 0,4 кВ. // Лукаш Топольски, Кшиштоф Вожны, Збигнев Ганзелька // Новости электроТехники. – 2021. – №2 (129). – С.46-48.

© Юндин М.А., Митченко В.М., Найда Р.В. 2024

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ АПК

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



Электронное издание

Адрес размещения: <https://www.vavilovsar.ru/nauka/konferencii-saratovskogo-gau/2024-g>

Размещено 19.06.2024 г.

Объем данных: 8,5 Мбайт. Аналог печ. л.

21,3 Формат 60×84 1/16. Заказ №857/2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Тел.: 8(8452)26-27-83, email: nir@vavilovsar.ru

410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3.