ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 4 (41), 2023г.

ОРЕЛ 2023

ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 4 (41), 2023г.

ОРЕЛ 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – **А.В. Виноградов,** доктор технических наук, доцент, руководитель научного направления "Энергообеспечение АПК" ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, профессор кафедры "Электроснабжение" ФГБОУ ВО Орловского ГАУ.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Буяров Виктор Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Васильев Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории электрофизического воздействия на сельскохозяйственные объекты и материалы ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Южанников Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, директор по науке и инновационной деятельности ОАО «Сибирский научно-исследовательский и проектный институт цветной металлургии».

Олин Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и эксплуатация электрооборудования» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

Шарупич Вадим Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, академик МАЭН, директор НИПИ «Градоагроэкопром».

Черкасова Нина Ильинична, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой электроэнергетики Рубцовского индустриального института Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

Коношин Иван Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, начальник отдела продаж АО «Армада».

Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ; заведующий отделом Управления перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

Жосан Артур Александрович, кандидат технических наук, доцент, исполнительный директор ООО «Научная компания «Инновационные технологии по экспертизе и оценке собственности»», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Кузнецов Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Серебряков Александр Сергеевич, доктор технический наук, профессор, профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Осокин Владимир Леонидович, кандидат технических наук кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Шпиганович Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

Гавриченко Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ.

Скобло Тамара Семеновна, доктор технических наук, профессор, академик Инженерной академии Украины, профессор кафедры «Технические системы ремонтного производства» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко.

Ковалев Михаил Михайлович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр лубяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЛК).

ПЕРЕВОДЧИК – старший преподаватель **Н.В. Махиянова**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – кандидат технических наук, доцент **Р.П. Беликов**

Зарегистрировано в федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), номер свидетельства ПИ № ФС 77-78888, дата регистрации 28.08.2020.

Договор с РИНЦ №410-07/2014 от 15.07.2014г. **ISSN 2410-5031**

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Адрес издателя: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, тел.: +7(4862) 76-14-51;факс: +7(4862) 76-06-64.

Адрес редакции: 302019, Орловская обл., г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.

Тел.: 8(4862) 76-11-07

Адрес типографии: 302028, г. Орел, бульвар Победы, 19. ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Тел.: 8(4862) 43-25-53 **E-mail: winaleksandr@yandex.ru**

Дата выхода журнала: 25.12.2023г.

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2023 **Тираж 100 экз.** Распространяется бесплатно

16+

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ И НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ И СЕЗОННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА 7

А.Г. Ван[2], А.В. Виноградов[1,2], А.В. Виноградова [1]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

[2]ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-35 КВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ, ПИТАЮЩИХ АПК 19

Кожевников В.Е., Зацепина В.И., Егоров А.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

НЕОБХОДИМЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ 24

М.В. Пивоваров[1], Е.А. Козлова[1], В.В. Зажигина[2]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

[2]ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени. К.А. Тимирязева

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ 33

Елисеев Д.В.[1], Лапин П.А.[1], Пашкова В.А.[1], Лапина А.П.[2]

[1]ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

[2] ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА 42

Санксарян Н.Ж., Зацепина В.И.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ 48

И.В. Артамонов, В.И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОТ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ 53
Н. Я. Илюшов
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, СибИМЭ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ОБЛАКА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА И СПОСОБЫ ЕГО КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 60
Владыкин И. Р., Иванов М. А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»

IMPROVING THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLY SYSTEMS FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SPARSELY POPULATED AREAS 67
Kirill M. Pronin, Violetta I. Zatsepina
LSTU

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНОМ ХРАНИЛИЩЕ 72
Ш.К. Яхшибоев, Ж.Д. Садыков, Ш.Ю. Саматова, С.Б. Абдиназаров, С.Ю. Чориева
Каршинский инженерно-экономический институт

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЫХ КОНСТРУКЦИИ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СТЕНКОЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 80
Ж.Д. Садыков, Ж.Ж. Садыков, Г.М. Мирзаева, Ж.М. Шахобиддинов
Каршинский инженерно-экономический институт

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА В СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ 88
Ж.Д. Садыков, Т.А. Файзиев, И.М.Файзуллаев, М.М. Хидиров, З.Э. Пардаев
Каршинский инженерно-экономический институт

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОТЕПЛИЦ С АККУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛА 92
Т.А. Файзиев, Ж.Д. Садыков, И.М.Файзуллаев, Т.Я.Хамраев, М.Ш. Мирзаев
Каршинский инженерно-экономический институт

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНОМ ВЕНТИЛЯЦИОННОМ ТРАКТЕ 99
Ш.К. Яхшибоев, Ж.Д. Садыков, С.М. Хужакулов, Б.И. Камолов, С.М. Шамуратова
Каршинский инженерно-экономический институт

АЛГОРИТМ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИН ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ 106
И.В. Павлов, В.И. Зацепина
ФГБОУ ВО "ЛГТУ"

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

КОМБИНИРОВАННАЯ ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН КАК СПОСОБ ИХ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ 122
Г. В. Степанчук, Н. А. Протасова
Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде

АНАЛИЗ РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПТИЦЕВОДСТВЕ 128
Матвеева А. А.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

К ВОПРОСУ УНИВЕРСАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНИСТАНА 136
Ч. Н. Таганов[1], А. Данатаров[2]
[1] Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
[2] Военный институт имени Сапармурада Туркменбаши Великого Министерства обороны Туркменистана

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА 143
Савченко О.Ф., Альт В.В., Исакова С.П., Солошенко А.А., Корякин Р.А., Елкин О.В.
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 158
Мирзаев М. А. [1], Сафонов Д. И.[1], Меньших А. М.[2], Федосов А. Ю.[2]
[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛЕТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ НА БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ 169
А.А. Куприн, С.И. Кривко, А.М. Фокин
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОТИВОДЕЙСТВУЮЩИХ ЯВЛЕНИЙ 181
Шпиганович А. Н.[1], Шпиганович А. А.[1], Мешков К. В.[1], Виноградов А. В.[2]
[1]Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация
[2] Орловский государственный аграрный университет, Орёл, Российская Федерация

УДК 631.22:621.31-044.28:621.3.019.3:631.17«321/324»

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ И НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ И СЕЗОННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

А.Г. Ван[2], А.В. Виноградов[1,2], А.В. Виноградова [1]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
[2]ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. *Обеспечение надёжности электроснабжения животноводческих предприятий является необходимым фактором для обеспечения энергетической и продовольственной безопасности страны. Анализ требований к надёжности электроснабжения животноводческих предприятий показал, что в них не учитываются особенности, связанные с сезонностью технологических процессов по месяцам и времени суток. Анализ литературы выявил, что учёными предложены показатели надёжности и их рациональные значения, рассмотрены направления повышения надёжности электроснабжения животноводческих предприятий. В статье, на основании обзора литературы и нормативных документов определены факторы, влияющие на надёжность электроснабжения, выявлены работы, посвящённые анализу сезонности перерывов в электроснабжении. Показана актуальность исследований в части оценки влияния сезонности перерывов в электроснабжении на технологические процессы животноводческих предприятий и разработки технических средств, позволяющих осуществлять сезонное резервирование электроснабжения.*

Ключевые слова: *электроснабжение, технологические процессы животноводческих предприятий, надёжность электроснабжения, сезонность, энергетическая безопасность, сезонное резервирование.*

Введение

В настоящее время обеспечение надёжного энергоснабжения животноводческих комплексов является одной из актуальных задач. Недоотпуск электроэнергии может привести к значительному ущербу по причине возникновения массового брака, а в некоторых случаях – гибели животных. Проекты животноводческих зданий и сооружений должны разрабатываться по ограниченному типоразмерному ряду с целью максимальной унификации и индустриализации строительства. Так в [1] для предприятий по производству молока приняты следующие мощности: - для племенных ферм на 400, 800 и 1200 коров; - для товарных ферм на 400, 800, 1200, 1600 и 2000 коров. Для предприятий мясного направления установлены следующие мощности: - для племенных ферм на 400 и 600 коров; - для товарных ферм на 600, 800, 1200, 1800 коров. С учётом особенностей комплексов по количеству голов, их конструкции, определяются и требования к надёжности электроснабжения данных объектов.

Существующий ряд требований к надёжности электроснабжения предприятий прописаны в ПУЭ. По надежности электроснабжения потребители разделяются на три категории в зависимости от вида и значения ущерба, который возникает при перерывах в электроснабжении [2].

В сельском хозяйстве принято относить к первой категории по надёжности электроснабжения: помещения инкубаторов с электрическим обогревом; трехфазные асинхронные электродвигатели, нагревательное оборудование (электродные нагреватели, электроводонагреватели, установки диэлектрического и индукционного нагрева), оборудование для освещения и облучения. В отдельную группу необходимо выделить электронное оборудование систем управления [3].

В животноводстве к первой категории относятся фермы и комплексы: по производству молока на 400 коров; выращиванию и откорму молодняка КРС на 5 тыс. голов в год и более; откорму КРС на 5 тыс. голов в год и более; выращиванию нетелей на 3 тыс. скотомест и более; выращиванию и откорму на 12 тыс. свиней в год и более [4].

В птицеводстве к первой категории относят птицефабрики: по производству яиц с содержанием 100 тыс. курнесушек и более; мясного направления по выращиванию 1 млн. бройлеров в год и более; выращиванию племенного стада кур на 25 тыс. голов и более, а также гусей, уток и индеек - 10 тыс. голов и более [5].

Ко второй категория относят: установки по обработке молока, животноводческие и птицеводческие фермы, системы вентиляции, силовые трансформаторы, коммутационные и защитные аппараты, распределительные устройства, провода и кабели, водоснабжения для их нужд и др. [3].

К этой категории также относятся: животноводческие и птицеводческие фермы меньшей производительности, чем указанная для потребителей первой категории; тепличные комбинаты и рассадные комплексы; кормоприготовительные заводы и отдельные цехи с механизированным приготовлением и раздачей кормов; картофелехранилища вместимостью более 500 т с холодоснабжением и активной вентиляцией; холодильники для хранения фруктов вместимостью более 600 т; инкубационные цехи рыбоводческих хозяйств и ферм [4].

К третьей категории относят остальных потребителей, не подпадающих под первую и вторую категории [3].

Следует учесть, что данные требования не всегда учитывают современный уровень технологического процесса на сельскохозяйственных предприятиях. К примеру, в роботизированных фермах применяются микроконтроллерное и компьютерное оборудование, которое после перерыва в электроснабжении требует дополнительного времени на его отладку, настройку. В таких случаях при продолжительном времени отказа питания приходиться перезапускать весь технологический процесс [6]. На роботизированных фермах, как правило, не предусмотрено персонала и оборудования, чтобы провести такие технологические процессы, как дойка и уборка навоза, вручную.

Материалы и методы исследования

В работе применялись методы литературного обзора, теории надёжности, методы определения ущерба. Материалами исследования являлись работы в области надёжности электроснабжения.

Результаты и обсуждение.

Вопросы обеспечения надёжности электроснабжения были рассмотрены в работах Афанасьева В.В. [7], Берхане А.М. [8], Стребкова Д.С. [9], Белова С.И. [10], Зуль [11] и

многих других учёных.

Так, в статье Григораш О.В. показаны графики, характеризующие отношение основных причин перерывов в электроснабжении в процентном соотношении. Автор выделяет две основные причины перерывов: несоответствие параметров качества электроэнергии требованиям потребителей (величины напряжения, частоты тока) (45%) и стихийные бедствия (37%). К менее значимым относятся: ошибка средств управления (8%), аварийные отключения (5%) и другие причины (5%) [12]. В данной статье автор рассматривается разделение потребителей на две группы:

– оборудование, требующее электропитания со стабильно высокими показателями качества электроэнергии, а также не допускающее перерывов в электроснабжении;

– оборудование, не требующее стабильно высоких показателей качества электроэнергии и допускающее кратковременный перерыв в электроснабжении, не приводящий к нарушению технологического процесса [12].

В работе [7] утверждается, что надёжность электроэнергетической системы в основном определяется отказами линий электропередачи (ЛЭП) и генерирующих мощностей, т.к. по этой причине наблюдается наибольшее время простоя оборудования. Выявлены основные факторы по длительности восстановления, влияющие на надёжность электроэнергетической системы: износ технологического оборудования ЛЭП и ГРЭС, погодные условия и человеческий фактор. Также в данной работе приведены методики расчёта надёжности электрических систем.

В работе [13] рассматривается прогнозирование отказов в сельских электрических сетях и отмечается также наибольшее влияние на надёжность электроснабжения отказов именно в ЛЭП.

В качестве показателя надежности элемента или схемы электроснабжения в работе [8] предлагается величина недоотпуска электроэнергии из-за вероятных отказов электрооборудования и элементов схемы Wв, определяемая за год по уравнению:

$$W_H = \sum_{i=1}^{n} P_i \sum_{j=1}^{N} (\omega_{ij}\tau_{ij} + \gamma\lambda_{ij}t_{ij}) \quad (1)$$

где ω_{ij}, λ_{ij} – частота отказов в год i-го элемента на j-том участке аварийная и плановая, τ_{ij} и t_{ij} – продолжительность одного отказа i-го элемента на j-том участке аварийная и плановая, γ=0,33 – коэффициент, учитывающий меньшую тяжесть плановых отключений.

Для электроприемников второй категории установлены следующие нормативные показатели надежности: допустимая частота отказов в электроснабжении ω_{II} для специально выделенной группы электроприемников, не допускающих перерыва в электроснабжении τ более 0,5 ч: ω_{II} (τ≤0,5 ч) =2,5 отказа в год. К этим приемникам относятся комплексы и фермы молочного направления (системы доения коров, рабочего освящения в доильных залах, промывка молокопроводов, локального обогрева телят и т.д.); птицефермы (системы поения птиц, локального обогрева, вентиляция, инкубация яиц и вывода цыплят, цехов и т.д.) и др. [8].

Для остальных электроприемников второй категории, выдерживающих перерыв в электроснабжении до 4 часов, частота отказов: ω_{II} (τ≤4 ч) =2,3 отказа в год. При продолжительности отказов до 10 часов частота отказов при мощности 120 кВт и более: ω_{II} (4ч ≤τ≤10 ч) =0,1 отказ в год. При нагрузке до 120 кВт: ω_{II} (4ч ≤τ≤10 ч) =0,2 отказов в год. Для электроприемников третьей категории: ω_{III} (τ≤24 ч) =3 отказа в год. В соответствии с методическими указаниями, разработан комплекс мероприятий и средств, которые должны

применяться при проектировании сетей и в процессе их эксплуатации [8].

В [14] показано, что нормировать допустимое время перерывов в электроснабжении целесообразно исходя из требований к потокам отказов в сети в зависимости от класса напряжения данной сети и от её конструктивного исполнения. Так, с учётом среднестатистического потока отказов для ЛЭП 0,4 кВ, выполненных неизолированным проводом (17-29 год$^{-1}$ на 100 км) и ЛЭП с самонесущими изолированными проводами (2,7 год$^{-1}$ на 100 км) нормируемое допустимое время аварийных перерывов составит 0,68 ч/км·год и 0,108 ч/км·год соответственно [14].

Для ТП 10/0,4 кВ время перерывов 1,9 ч/год [15] соответствует потоку отказов 31,6 год$^{-1}$ на 100 шт. оборудования ТП при среднем времени восстановления 6 ч. Это время можно принять за нормируемое допустимое время аварийных перерывов, связанных с отказами оборудования ТП 10/0,4 кВ [14].

Для ЛЭП 10 кВ поток отказов составляет в среднем 25 год$^{-1}$ на 100 км. Допустимое время перерывов при этом составит 1 ч/год при среднем времени восстановления 4 ч [14].

Тогда, например, для сети 0,4 кВ, состоящей из одной ЛЭП 0,4 кВ длиной 1 км, выполненной изолированным проводом и питаемой от ТП 10/0,4 кВ по линии 10 кВ длиной 1 км допустимое время аварийных перерывов составит 0,108+1,9+1 = 3,08 ч/год [14].

В работе [16] рассмотрено влияние секционирования на показатели надёжности, в том числе на время перерывов в электроснабжении.

В статье [17] были предложены различные способы для повышения надежности, устойчивости, а следовательно, и эффективности электроснабжения, выбор которых или одного из них определяется для каждого конкретного объекта в зависимости от условий его функционирования, значимости производства, уровня возможного ущерба при перерывах в электроснабжении, состояния действующей системы электроснабжения и возможных направлений ее модернизации. К таким способам повышения надежности электроснабжения сельских объектов можно отнести:

- совершенствование системы электроснабжения и сетевого хозяйства;
- для ответственных производств, где перерывы в электроснабжении наносят значительный ущерб, дополнительная установка системы резервного электроснабжения на базе автономного источника - дизельной электростанции, ветро-солнечной установки с аккумуляцией энергии и другими источниками;
- организация системы самообеспечения электроэнергией, вырабатываемой автономной установкой, использующей местные энергоресурсы, отходы сельхозпроизводства, возобновляемые энергоресурсы;
- сооружение или переоборудование имеющихся котельных для автономного энергообеспечения электроэнергией и теплом сельхозобъектов [17].

Эти способы являются обобщёнными и не учитывают сезонности технологического процесса на животноводческих предприятиях.

Проанализировав имеющиеся работы по обеспечению надёжности электроснабжения было выявлено, что основной задачей всех мероприятий по обеспечению надёжного энергоснабжения животноводческих предприятий является обеспечение бесперебойного энергоснабжения, что обусловлено технологическими особенностями животноводческой отрасли. Для обеспечения надёжности энергоснабжения животноводческих предприятий зачастую предлагают применять нетрадиционные источники энергии [17] [18]. Однако, нетрадиционные источники электроэнергии не способны поддерживать постоянную выработку электроэнергии и возникает вопрос способности вырабатывать достаточное

количество электроэнергии в нужный момент, а именно в моменты отказа. В зависимости от регионов количество вырабатываемой электроэнергии нетрадиционными способами значительно разнятся.

Также некоторые авторы, в качестве одной из основных причин, сдерживающих применение нетрадиционных источников питания, отмечают низкое качество вырабатываемой электроэнергии, что обусловлено неравномерностью её выработки, например, при использовании ветрогенераторов [19]. Данные работы также не рассматривают обеспечение надёжности электроснабжения с точки зрения сезонности.

Учитывая вышесказанное, мы можем вывести некоторые факторы, влияющие на надёжность энергоснабжения:

1) Состояние питающей сети (ЛЭП, ГРЭС, КТП, ТП и т.д.)
2) Износ технологического оборудования
3) Погодные условия
4) Человеческий фактор
5) Средства управления
6) Загруженность питающей сети
7) Количество эксплуатируемого оборудования
8) Условия эксплуатации электрооборудования

В монографии [20] указаны следующие показатели надёжности электроснабжения потребителей:

1) частота отказов;
2) средняя длительность отказа;
3) математическое ожидание недоотпуска электроэнергии за расчетный период;
4) средний ущерб от недоотпуска электроэнергии;

К важнейшим показателям надёжности электроснабжения также стоит отнести время перерывов в электроснабжении [14]

В рассмотренных выше работах не рассмотрен фактор сезонности и его влияние на показатели надёжности электроснабжения. Однако, имеются работы, которые показывают важность данного критерия для обеспечения надёжности электроснабжения животноводческих предприятий. Так в работе [11] на графиках показаны кривые числа и продолжительности отказов электрооборудования в зависимости от времени (суточный график) и от месяца (годовой график). Было установлено совпадение перерывов со временем работы сельскохозяйственного оборудования. В частности, максимум отключений приходится на май – август с 8 до 16 часов. Однако в данной работе не приведена методика расчёта показателей надёжности с учётом сезонности. Такая методика приведена в работе [21], в которой на статистических данных 2018-2021 гг. подтверждаются зависимости количества отказов от сезона года и времени суток. В случае аварийных отключений это связано с сезонностью климатических условий, неравномерностью графиков нагрузки и другими факторами. В случае плановых отключений – с графиками работ в течение суток, планированием ремонтных программ и др.

В указанных выше работах мы наблюдаем рассмотрение вопросов надёжности с учётом сезонности. Но данный вопрос раскрыт в них не полностью. В частности, в работе [11] рассмотрены отказы в сельских электрических сетях, сделан вывод о том, что факторы сезонности влияют на надёжность электроснабжения, но дальше этот вопрос не раскрывается. В работе [21] имеется методика расчёта, но нет наложения прогнозных сезонных отказов на технологический процесс животноводческого комплекса.

В работе [22] также учитывается сезонность как фактор, влияющий на эксплуатационную надёжность электрооборудования. В статье рассматриваются особенности сезонной эксплуатации электрооборудования на сельскохозяйственных предприятиях и предложены четыре стратегии обеспечения эксплуатационной надёжности сельскохозяйственного электрооборудования с учётом постоянной и сезонной работы работе [22].

В работах [23], [24], [25], [26] были рассмотрены методы повышения надёжности с помощью резервирования ответственных источников питания. Также были найдены патенты способов и устройств сезонного резервирования. [27], [28], [29]. Можно говорить о том, что работа в направлении повышения надёжности с учётом факторов сезонности ведётся. Однако в этих работах также не прослеживается непосредственная связь с технологическим процессом на животноводческом предприятии. Как было отмечено в работе [30] технологический процесс на животноводческом предприятии КРС имеет ряд особенностей, связанных с сезонностью. Поэтому требуется провести исследования и выяснить влияние критерия сезонности на надёжность электроснабжения животноводческого предприятия.

Вывод

Обеспечение энергетической безопасности страны является приоритетом государственной энергетической политики Российской Федерации [31]. Для достижения этой цели необходимо обеспечить надёжное электроснабжение, в том числе животноводческих объектов, повышая не только энергетическую, но и продовольственную безопасность.

Выполненный обзор литературных источников показал, что вопросам обеспечения надёжности электроснабжения животноводческих предприятий уделяется большое внимание. Различными учёными выполнен анализ текущего состояния надёжности электроснабжения, выявлены основные показатели, сделаны предложения по их нормированию, разработаны мероприятия по повышению надёжности.

Выявлены факторы, оказывающие влияние на надёжность электроснабжения. В частности, это состояние питающей сети, износ технологического оборудования, погодные условия, человеческий фактор, средства управления, загруженность питающей сети, количество эксплуатируемого оборудования, условия эксплуатации электрооборудования. Многие из данных факторов обладают признаками сезонности.

Обзор выявил также работы, посвящённые исследованию фактора сезонности в количестве отказов в сельских электрических сетях, в которых показано, что отказы неравномерно распределены по времени года и часам суток. Имеется методика расчёта показателей надёжности с учётом сезонности.

В то же время исследование показало актуальность проведения дальнейших работ, позволяющих выявить влияние сезонности отказов в сельских электрических сетях на ущербы для животноводческих предприятий, выявить сезонность отказов во внутренних сетях предприятий, разработку оборудования сезонного резервирования электроснабжения.

Список использованных источников:

1. Разработка архитектурно-конструктивного проекта производственного здания для крупного рогатого скота: учебно-методическое пособие / А.Н. Шихов, О.В. Третьякова; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский аграрно-

технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2020 – 158 с.; 21 см – Библиогр.: с.129-130. – 50 экз. – ISBN 978-5- 94279–471–2. (дата обращения: 12.10.2023).

2. ПУЭ. 7 издание. https://etp-perm.ru/el/pue/razdel-1.-obshhie-pravila/pue-glava-1.2.-elektrosnabzhenie-i-elektricheskie-seti(дата обращения: 11.10.2023)

3. Дайнеко В.А. Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий: учебное пособие / В.А. Дайнеко, А.И. Ковалинский //Новое знание, 2008. – 320 с.

4. Костюченко Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения: учебное пособие / Л.П. Костюченко //Красноярский государственный аграрный университет – 3-е издание исправленное и дополненное, Красноярск, 2008. С. 264; (дата обращения: 11.10.2023)

5. Костюченко Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения: учебное пособие / Л.П. Костюченко //Красноярский государственный аграрный университет – 3-е издание исправленное и дополненное, Красноярск, 2008. С. 264; (дата обращения: 11.10.2023).

6. Виноградов, А. В. Актуальные вопросы развития электроснабжения АПК / А. В. Виноградов // Агротехника и энергообеспечение. – 2022. – № 1(34). – С. 5-15. – EDN ODWFGD.

7. Афанасьев В.В. Анализ и учет факторов, влияющих на надежность электроэнергетической системы/ В.В. Афанасьев В.М. Кожевников М.И. Данилов С.С. Ястребов И.Г. Романенко М.С. Демин // Энергобезопасность и энергосбережение. 2011. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-uchet-faktorov-vliyayuschih-na-nadezhnost-elektroenergeticheskoy-sistemy (дата обращения: 12.10.2023)

8. Берхане А.М. Обоснование критерия оценки надежности электроснабжения/ А.М. Берхане// Интернет-журнал науковедение. – 2015. – том 7 № 1. – С. 59. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23820217 (дата обращения: 12.10.2023).

9. Стребков Д.С. Повышение надежности электроснабжения объектов животноводства/ Д.С. Стребков Д.А. Тихомиров // Техника и технологии в животноводстве. 2014. С. 44-47; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-elektrosnabzheniya-obektov-zhivotnovodstva/viewer (дата обращения: 11.10.2023).

10. Белов С.И. Усовершенствование методики определения удельной частоты отказов электроснабжения сельскохозяйственных потребителей/ С.И. Белов П.С. Петров Н.А. Дмитриев // Агроинженерия. 2020. С. 57-63; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/usovershenstvovanie-metodiki-opredeleniya-udelnoy-chastoty-otkazov-elektrosnabzheniya-selskohozyaystvennyh-potrebiteley/viewer (дата обращения: 11.10.2023).

11. Зуль, Н.М. Анализ показателей надежности и некоторых параметров сельских распределительных сетей / Зуль Н.М., Агаларов А.М.; ВИЭСХ // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - 1966.- №8.-С.38-42. (дата обращения: 12.10.2023)

12. Григораш О. В. Концепция построения систем бесперебойного электроснабжения/ О.В. Григораш М.С. Чумак А.А. Кривошей // Научный журнал КубГАУ. 2016. №119(05). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26148558 (дата обращения: 12.10.2023).

13. Наумов И.В. Прогнозирование отказов сельских распределительных сетей напряжением 10 кВ (на примере филиала восточных электрических сетей ОАО «ИЭСК»)/

И.В. Наумов А.В. Ланин// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-otkazov-selskih-raspredelitelnyh-setey-naprvazheniem-10-kv-na-primere-filiala-vostochnyh-elektricheskih-setey-oao-iesk (дата обращения: 12.10.2023).)

14. Виноградов, А. В. Принципы управления конфигурацией сельских электрических сетей и технические средства их реализации / А. В. Виноградов. – Орел : Общество с ограниченной ответственностью полиграфическая фирма «Картуш», 2022. – 392 с. – ISBN 978-5-9708-0861-0. – EDN DOFZZD

15. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства: Учебники и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.: ил.

16. Виноградова А.В. Выбор количества и места установки секционирующих пунктов по критерию надежности электроснабжения/ А.В. Виноградова, А.В. Виноградов, А.И. Псарёв, А.Н. Хархардин, А.А. Лансберг; // Агротехника и энергообеспечение. - 2019.- №3.-С. 28-38

17. Стребков Д.С. Повышение надежности электроснабжения объектов животноводства/ Д.С. Стребков Д.А. Тихомиров // Техника и технологии в животноводстве. 2014. С. 44-47; URL:https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-elektrosnabzheniya-obektov-zhivotnovodstva/viewer (дата обращения: 11.10.2023).

18. Соснина Е.Н. Методологические рекомендации по внедрению энергоэффективной системы генерирования электроэнергии на тотэ в системы электроснабжения действующих предприятий/ Соснина Е.Н. Веселов Л.Е. Федорчатенко В.И.// Актуальные проблемы электроэнергетики. 2018. С. 185-189; URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35277933 (дата обращения: 11.10.2023).

19. Власенко Е.А. Автономная электроэнергетика сельского хозяйства: состояние и перспективы/ Е.А. Власенко Р.А. Сулейманов А.А. Хамула // Ползуновский вестник. 2011. С. 9-13; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtonomnaya-elektroenergetika-selskogo-hozyaystva-sostoyanie-i-perspektivy (дата обращения: 11.10.2023)

20. Воропай Н. И. Концепция обеспечения надёжности в электроэнергетике. /Н.И. Воропай, Г.Ф. Ковалёв, Ю.Н. Кучеров и др. // ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. С. 212 (дата обращения: 24.10.2023)

21. Виноградова А.В. Методика расчёта показателей надёжности электроснабжения с учётом сезонности/ А.В. Виноградова, А.В. Виноградов; // Техника и оборудование для села. - 2023.- №6.-С.38-43. (дата обращения: 12.10.2023)

22. Грибанов, А. А. Стратегии обеспечения эксплуатационной надёжности электрооборудования сельскохозяйственного производства с учётом сезонного характера работы / А. А. Грибанов // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2-2. – С. 72-79. – EDN PBPIRD.

23. Виноградов А.В. Особенности технологического процесса животноводческих предприятий КРС с позиции сезонности /А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, А.Г. Ван// Агротехника и энергообеспечение. 2023. №3(40). С.5-13.

24. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Гладов Д.А. Способ сезонного резервирования электроснабжения и его реализация на примере овощехранилища // Техника и оборудование для села. 2022. № 12 (306). С. 40-43. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-12-40-43(дата обращения: 20.09.2023)

25. Виноградова А.В., Виноградов А.В., Большев В.Е., Букреев А.В. Сезонное

резервирование электроснабжения: принцип, устройство, алгоритм // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №4 (56). С. 124- 132. (дата обращения: 20.09.2023)

26. Виноградов, А. В. Выбор технических средств для осуществления сезонного резервирования электроснабжения / А. В. Виноградов, А. В. Виноградова, А. В. Букреев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 10(316). – С. 38-42. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-10-38-42. – EDN KSNGUY.

27. Патент № 2780204 Российская Федерация, МПК H02J 9/04, H02H 3/05. Способ и устройство сезонного резервирования электроснабжения / Виноградов А.В., Виноградова А.В. // Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – Заявка 2022109255, заявлено 07.04.2022, опубл. 20.09.2022, Бюл. № 26(дата обращения: 20.09.2023)

28. Патент № 2785276 Российская Федерация, МПК H02J 9/04, H02 J 13/00. Способ и устройство сезонного резервирования электроснабжения с выделением ответственной группы потребителей / Виноградов А.В., Виноградова А.В., Букреев А.В., Большев В.Е., Лансберг А.А. // Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – Заявка 2022109266, заявлено 07.04.2022, опубл. 05.12.2022, Бюл. № 34(дата обращения: 20.09.2023)

29. Патент № 2786195 Российская Федерация, МПК H02 J 13/00. Способ и устройство сезонного резервирования электроснабжения с выбором резервного источника электроснабжения / Виноградов А.В., Виноградова А.В. // Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – Заявка 2022111019, заявлено 22.04.2022, опубл. 19.12.2022, Бюл. № 35(дата обращения: 20.09.2023)

30. Виноградов А.В. Особенности технологического процесса животноводческих предприятий КРС с позиции сезонности /А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, А.Г. Ван// Агротехника и энергообеспечение. 2023. №3(40). С.5-13.

31. [Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 09 июня 2020 г. № 1523-р

Bibliography

1. Razrabotka arhitekturno-konstruktivnogo proekta proizvodstvennogo zdaniya dlya krupnogo rogatogo skota: uchebno-metodicheskoe posobie / A.N. SHihov, O.V. Tret'yakova; Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Permskij agrarno-tekhnologicheskij universitet imeni akademika D.N. Pryanishnikova». – Perm': IPC «Prokrost"», 2020 – 158 s.; 21 sm – Bibliogr.: s.129-130. – 50 ekz. – ISBN 978-5- 94279–471–2. (data obrashcheniya: 12.10.2023).

2. PUE. 7 izdanie. https://etp-perm.ru/el/pue/razdel-1.-obshhie-pravila/pue-glava-1.2.-elektrosnabzhenie-i-elektricheskie-seti(data obrashcheniya: 11.10.2023)

3. Dajneko V.A. Elektrooborudovanie sel'skohozyajstvennyh predpriyatij: uchebnoe posobie / V.A. Dajneko, A.I. Kovalinskij //Novoe znanie, 2008. – 320 s.

4. Kostyuchenko L.P. Proektirovanie sistem sel'skogo elektrosnabzheniya: uchebnoe posobie / L.P. Kostyuchenko //Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – 3-e izdanie ispravlennoe i dopolnennoe, Krasnoyarsk, 2008. S. 264; (data obrashcheniya: 11.10.2023)

5. Kostyuchenko L.P. Proektirovanie sistem sel'skogo elektrosnabzheniya: uchebnoe posobie / L.P. Kostyuchenko //Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – 3-e izdanie ispravlennoe i dopolnennoe, Krasnoyarsk, 2008. S. 264; (data obrashcheniya: 11.10.2023).

6. Vinogradov, A. V. Aktual'nye voprosy razvitiya elektrosnabzheniya APK / A. V.

Vinogradov // Agrotekhnika i energoobespechenie. – 2022. – № 1(34). – S. 5-15. – EDN ODWFGD.

7. Afanas'ev V.V. Analiz i uchet faktorov, vliyayushchih na nadezhnost' elektroenergeticheskoj sistemy/ V.V. Afanas'ev V.M. Kozhevnikov M.I. Danilov S.S. YAstrebov I.G. Romanenko M.S. Demin // Energobezopasnost' i energosberezhenie. 2011. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-uchet-faktorov-vliyayuschih-na-nadezhnost-elektroenergeticheskoy-sistemy (data obrashcheniya: 12.10.2023)

8. Berhane A.M. Obosnovanie kriteriya ocenki nadezhnosti elektrosnabzheniya/ A.M. Berhane// Internet-zhurnal naukovedenie. – 2015. – tom 7 № 1. – S. 59. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23820217 (data obrashcheniya: 12.10.2023).

9. Strebkov D.S. Povyshenie nadezhnosti elektrosnabzheniya ob"ektov zhivotnovodstva/ D.S. Strebkov D.A. Tihomirov // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2014. S. 44-47;

URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-elektrosnabzheniya-obektov-zhivotnovodstva/viewer (data obrashcheniya: 11.10.2023).

10. Belov S.I. Usovershenstvovanie metodiki opredeleniya udel'noj chastoty otkazov elektrosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh potrebitelej/ S.I. Belov P.S. Petrov N.A. Dmitriev // Agroinzheneriya. 2020. S. 57-63; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/usovershenstvovanie-metodiki-opredeleniya-udelnoy-chastoty-otkazov-elektrosnabzheniya-selskohozyaystvennyh-potrebiteley/viewer (data obrashcheniya: 11.10.2023).

11. Zul', N.M. Analiz pokazatelej nadezhnosti i nekotoryh parametrov sel'skih raspredelitel'nyh setej / Zul' N.M., Agalarov A.M.; VIESKH // Mekhanizaciya i elektrifikaciya socialisticheskogo sel'skogo hozyajstva. - 1966.- №8.-S.38-42. (data obrashcheniya: 12.10.2023)

12. Grigorash O. V. Koncepciya postroeniya sistem besperebojnogo elektrosnabzheniya/ O.V. Grigorash M.S. CHumak A.A. Krivoshej // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. №119(05). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26148558 (data obrashcheniya: 12.10.2023).

13. Naumov I.V. Prognozirovanie otkazov sel'skih raspredelitel'nyh setej napryazheniem 10 kV (na primere filiala vostochnyh elektricheskih setej OAO «IESK»)/ I.V. Naumov A.V. Lanin// Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-otkazov-selskih-raspredelitelnyh-setey-napryazheniem-10-kv-na-primere-filiala-vostochnyh-elektricheskih-setey-oao-iesk (data obrashcheniya: 12.10.2023).)

14. Vinogradov, A. V. Principy upravleniya konfiguraciej sel'skih elektricheskih setej i tekhnicheskie sredstva ih realizacii / A. V. Vinogradov. – Orel : Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu poligraficheskaya firma «Kartush», 2022. – 392 s. – ISBN 978-5-9708-0861-0. – EDN DOFZZD

15. Leshchinskaya, T. B. Elektrosnabzhenie sel'skogo hozyajstva: Uchebniki i uchebnye posobiya dlya studentov vyssh. ucheb. zavedenij / T. B. Leshchinskaya, I. V. Naumov. – M.: KolosS, 2008. – 655 s.: il.

16. Vinogradova A.V. Vybor kolichestva i mesta ustanovki sekcioniruyushchih punktov po kriteriyu nadezhnosti elektrosnabzheniya/ A.V. Vinogradova, A.V. Vinogradov, A.I. Psaryov, A.N. Harhardin, A.A. Lansberg; // Agrotekhnika i energoobespechenie. - 2019.- №3.-S. 28-38

17. Strebkov D.S. Povyshenie nadezhnosti elektrosnabzheniya ob"ektov zhivotnovodstva/ D.S. Strebkov D.A. Tihomirov // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2014. S. 44-47; URL:https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-nadezhnosti-elektrosnabzheniya-obektov-zhivotnovodstva/viewer (data obrashcheniya: 11.10.2023).

18. Sosnina E.N. Metodologicheskie rekomendacii po vnedreniyu energoeffektivnoj sistemy generirovaniya elektroenergii na tote v sistemy elektrosnabzheniya dejstvuyushchih predpriyatij/ Sosnina E.N. Veselov L.E. Fedorchatenko V.I.// Aktual'nye problemy elektroenergetiki. 2018. S. 185-189;

URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35277933 (data obrashcheniya: 11.10.2023).

19. Vlasenko E.A. Avtonomnaya elektroenergetika sel'skogo hozyajstva: sostoyanie i perspektivy/ E.A. Vlasenko R.A. Sulejmanov A.A. Hamula // Polzunovskij vestnik. 2011. S. 9-13; URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtonomnaya-elektroenergetika-selskogo-hozyaystva-sostoyanie-i-perspektivy (data obrashcheniya: 11.10.2023)

20. Voropaj N. I. Koncepciya obespecheniya nadyozhnosti v elektroenergetike. /N.I. Voropaj, G.F. Kovalyov, YU.N. Kucherov i dr. // OOO ID «ENERGIYA», 2013. S. 212 (data obrashcheniya: 24.10.2023)

21. Vinogradova A.V. Metodika raschyota pokazatelej nadyozhnosti elektrosnabzheniya s uchyotom sezonnosti/ A.V. Vinogradova, A.V. Vinogradov; // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2023.- №6.-S.38-43. (data obrashcheniya: 12.10.2023)

22. Gribanov, A. A. Strategii obespecheniya ekspluatacionnoj nadyozhnosti elektrooborudovaniya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva s uchyotom sezonnogo haraktera raboty / A. A. Gribanov // Polzunovskij vestnik. – 2011. – № 2-2. – S. 72-79. – EDN PBPIRD.

23. Vinogradov A.V. Osobennosti tekhnologicheskogo processa zhivotnovodcheskih predpriyatij KRS s pozicii sezonnosti /A.V. Vinogradov, A.V. Vinogradova, A.G. Van// Agrotekhnika i energoobespechenie. 2023. №3(40). S.5-13.

24. Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Gladov D.A. Sposob sezonnogo rezervirovaniya elektrosnabzheniya i ego realizaciya na primere ovoshchekhranilishcha // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2022. № 12 (306). S. 40-43. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-12-40-43(data obrashcheniya: 20.09.2023)

25. Vinogradova A.V., Vinogradov A.V., Bol'shev V.E., Bukreev A.V. Sezonnoe rezervirovanie elektrosnabzheniya: princip, ustrojstvo, algoritm // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. 2022. T. 14. №4 (56). S. 124- 132. (data obrashcheniya: 20.09.2023)

26. Vinogradov, A. V. Vybor tekhnicheskih sredstv dlya osushchestvleniya sezonnogo rezervirovaniya elektrosnabzheniya / A. V. Vinogradov, A. V. Vinogradova, A. V. Bukreev // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2023. – № 10(316). – S. 38-42. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-10-38-42. – EDN KSNGUY.

27. Patent № 2780204 Rossijskaya Federaciya, MPK H02J 9/04, H02H 3/05. Sposob i ustrojstvo sezonnogo rezervirovaniya elektrosnabzheniya / Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. // Zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU FNAC VIM. – Zayavka 2022109255, zayavleno 07.04.2022, opubl. 20.09.2022, Byul. № 26(data obrashcheniya: 20.09.2023)

28. Patent № 2785276 Rossijskaya Federaciya, MPK H02J 9/04, H02 J 13/00. Sposob i ustrojstvo sezonnogo rezervirovaniya elektrosnabzheniya s vydeleniem otvetstvennoj gruppy potrebitelej / Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Bukreev A.V., Bol'shev V.E., Lansberg A.A. // Zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU FNAC VIM. – Zayavka 2022109266, zayavleno 07.04.2022, opubl. 05.12.2022, Byul. № 34(data obrashcheniya: 20.09.2023)

29. Patent № 2786195 Rossijskaya Federaciya, MPK H02 J 13/00. Sposob i ustrojstvo sezonnogo rezervirovaniya elektrosnabzheniya s vyborom rezervnogo istochnika elektrosnabzheniya / Vinogradov A.V., Vinogradova A.V. // Zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU FNAC VIM. – Zayavka 2022111019, zayavleno 22.04.2022, opubl. 19.12.2022, Byul. № 35(data

obrashcheniya: 20.09.2023)

30. Vinogradov A.V. Osobennosti tekhnologicheskogo processa zhivotnovodcheskih predpriyatij KRS s pozicii sezonnosti /A.V. Vinogradov, A.V. Vinogradova, A.G. Van// Agrotekhnika i energoobespechenie. 2023. №3(40). S.5-13.

31. [Ob utverzhdenii Energeticheskoj strategii Rossijskoj Federacii do 2035 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 09 iyunya 2020 g. № 1523-r.

А.Г. Ван, аспирант, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 8(924)3431188 e-mail: toni.van.2000@mail.ru

А.В. Виноградов, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, тел. 8(920)2879024, e-mail: winaleksandr@gmail.com

А.В. Виноградова, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, тел. 8(920)8079424, e-mail: alinawin@rambler.ru

ANALYSIS OF EXISTING REQUIREMENTS AND DIRECTIONS FOR INCREASING THE RELIABILITY OF ELECTRIC SUPPLY FOR LIVESTOCK ENTERPRISES, TAKEN INTO ACCOUNT OF THE FEATURES AND SEASONALITY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS

A.G. Van[2], A.V. Vinogradov[1,2], A.V. Vinogradova [1]
[1]FGBNU FNATS VIM
[2]FSBEI HE RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazeva

Annotation. Ensuring the reliability of power supply to livestock enterprises is a necessary factor for ensuring the country's energy and food security. An analysis of the requirements for the reliability of power supply of livestock enterprises showed that they do not take into account the features associated with the seasonality of technological processes by month and time of day. An analysis of the literature revealed that scientists have proposed reliability indicators and their rational values, and considered directions for increasing the reliability of power supply to livestock enterprises. In the article, based on a review of the literature and regulatory documents, factors affecting the reliability of power supply are identified, and works devoted to the analysis of the seasonality of power supply interruptions are identified. The relevance of research is shown in terms of assessing the impact of seasonality of interruptions in power supply on the technological processes of livestock enterprises and the development of technical means that allow for seasonal backup of power supply.

Key words: power supply, technological processes of livestock enterprises, reliability of power supply, seasonality, energy security, seasonal backup.

A.G. Wang, Postgraduate student FSBEI HE RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazeva e-mail: toni.van.2000@mail.ru

Vinogradov A.V., PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Laboratory for Electricity and Heat Supply, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5, e-mail: winaleksandr@gmail.com

Vinogradova A.V., Ph.D., Leading Researcher, Laboratory of Electricity and Heat Supply, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, alinawin@rambler.ru

УДК 621.315.145.001.63:621.3.027.5/6.338.436.33

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-35 КВ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ, ПИТАЮЩИХ АПК

Кожевников В.Е., Зацепина В.И., Егоров А.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Аннотация: *в статье предложен способ определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи 6-35 кВ с изолированной нейтралью. Способ заключается в применении модернизированного беспилотного летательного аппарата, предназначенного для поисков мест повреждений. Во введении рассказана необходимость создания такого способа. Дистанционные способы на рассматриваемых линиях трудно реализуемы, поэтому был предложен способ с беспилотным летательным аппаратом. В материалах и методах описан процесс измерения токов нулевой последовательности в линии с помощью специальных приборов, которые использует поисковая бригада для поисков поврежденного участка. Катушки из этих приборов необходимо установить на беспилотник. В результатах и их анализе представлена 3D модель модернизированного беспилотного летательного аппарата. Написан программный код, который предназначен для определения места повреждения при помощи измеряемых катушками показаний токов. В выводах приведены достоинства и недостатки. Достоинством является возможность поиска любых видов повреждений в автоматическом режиме. К недостаткам относиться невозможность использования аппарата во время плохой погоды и влияние помех от двигателей беспилотника на точность определения места повреждения.*

Ключевые слова: *определение места повреждения, воздушные линии электропередач, изолированная нейтраль, беспилотный летательный аппарат, токи нулевой последовательности*

Введение. Воздушные линии, как правило, имеют большую протяженность. Из-за этого их надежность невысока, если сравнивать с другими элементами системы электроснабжения. Нередко на линиях происходят повреждения. Линии, питающие АПК, также подвержены повреждениям [1,2,3]. Чтобы их устранить, необходимо узнать их местоположение. Если нейтраль заземлена, то определить место повреждения достаточно просто. Для этого существует множество дистанционных методов определения места повреждения (ОМП). Но такие методы не применимы на линиях с изолированной нейтралью. При замыкании на землю одной из фаз возникают ёмкостные токи. Их наличие мешает нормально производить измерения для дистанционных методов. Существуют специальные дистанционные методы для линий с изолированной нейтралью, но они сложны в реализации [4,5,6]. Обычно поиски осуществляет выездная бригада. Этот процесс вместе с последующим ремонтом может занимать значительное количество времени. Чем быстрее будет восстановлена нормальная работа линии, тем выше будут показатели качества электрической энергии. Необходимо разработка метода ОМП, который будет занимать меньшее количество времени.

Цель исследования – модернизировать беспилотный летательный аппарат (БПЛА) при помощи специального оборудования. Для этого будет создана его 3D модель с установленным на него дополнительным оборудованием. Также необходимо написать программный код, который будет отвечать за порядок выполнения действий, необходимых для поиска места повреждения на ЛЭП.

Материалы и методы. Применяемые для осмотра линий БПЛА чаще всего позволяют определять повреждения только визуально [7]. Таким способом не всегда можно найти повреждение. Существуют приборы, способные измерять токи нулевой последовательности, протекающие в ЛЭП, например приборы «Волна» или «Зонд». Их необходимо перемещать вдоль линии и фиксировать рост или уменьшение значений токов. Чем больше измеренное значение, тем ближе место повреждения. Эти приборы применяет поисковая бригада. В их основе лежит катушка нулевой последовательности. Предлагается установить данные катушки на беспилотный летательный аппарат и с помощью аналогово-цифрового преобразователя подавать данные с катушек в микропроцессор беспилотника. По этим данным должна выполняться программа, которая позволит определить место повреждения.

Результаты и их анализ. Была создана 3D модель для проектируемого варианта БПЛА. Она представлена на рисунке 1. Катушки для измерения нулевой последовательности помещены в пластиковую трубу и закреплены под беспилотником. Выше трубы также закреплен небольшой корпус, в котором находиться аналогово-цифровой преобразователь для катушек.

Далее был написан программный код, который отвечает за перевижения БПЛА до места повреждения. Он приведен на рисунке 2. Для написания использован язык программирования C++. Главной переменной является измеряемый ток нулевой последовательности «I». Значения для неё поступает в микроконтроллер БПЛА с аналогово-цифрового преобразователя.

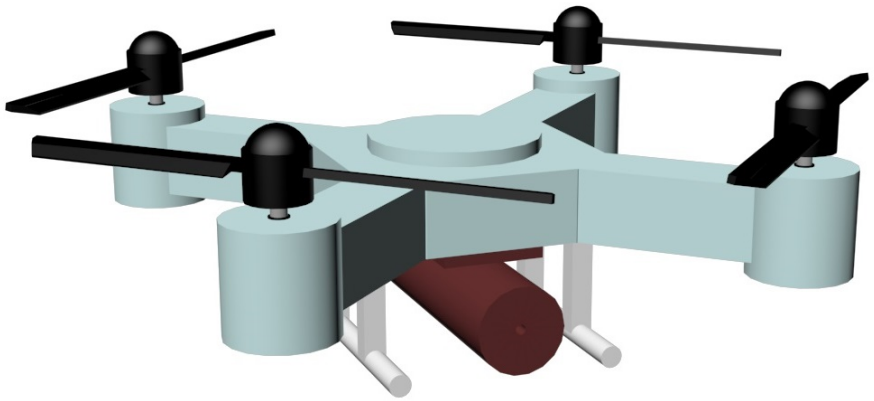


Рисунок 1 – 3D модель модернизированного БПЛА

Также в программный вод введены координаты «xy», для того, чтобы их сохранить в память, когда будет найдено место повреждения и в дальнейшем использовать для выезда на ремонт ЛЭП. «D» - показание с дополнительной катушки, «R» - наличие ответвления или отпайки на ЛЭП. Применены также вспомогательные переменные «a» и «E». Пока показания

переменной «I» увеличиваются, беспилотник продолжает движение. Если показания начало уменьшаться, то при наличии ответвления БПЛА должен сменить направление, либо место повреждение найдено и аппарат сохранит значения координат в память. Далее, этими значениями пользуются ,чтобы узнать расположение места повреждения.

```
#include<iostream>
int main() {
int xy, D, I, R, a, E;
a=0;
E=0;
prov:
std::cin >> xy;
std::cin >> D;
std::cin >> I;
std::cin >> R;
if (D==1) {
    A=P;
    goto ending;
}
if (R==1){
prove:
if (E==0){
 if (I>a) {
a=I;
goto prov;
}
else {
    E=1;
    goto prove;
}
else goto provi;
}
}
provi:
if (I>a) {
    a=I;
    goto prov;
}
ending:
std::cout << xy;
std::cout << R;
std::cout << D;
std::cout << E;
}
```

Рисунок 2 – Программный код передвижения БПЛА до места повреждения

Выводы. Предлагаемый беспилотный летательный аппарат позволяет искать любые повреждения в автоматическом режиме на воздушных линиях с изолированной нейтралью. Искать повреждения на линиях с глухозаземленной нейтралью таким беспилотником не получиться, так как при коротком замыкании на землю эксплуатация линии запрещена, в отличии от линий с изолированной нейтралью.

Главным недостатком является невозможность использования БПЛА в нелётную погоду. Также у беспилотников обычно невысокая дальность полета, однако линии 6-35 кВ редко имеют слишком большую протяженность. Двигатели постоянного тока летательного аппарата могут давать наводки на катушки нулевой последовательности. Необходимо их очень хорошо экранировать, чтобы свести их влияние к минимуму.

Список использованных источников:

1. Виноградов А.В., Васильев А.Н., Семенов А.Е. и др. Анализ времени перерывов в электроснабжении сельских потребителей и методы его сокращения за счет мониторинга технического состояния линий электропередачи // Вестник ВИЭСХ. 2017. №2 (27). С. 3-11.

2. Виноградов А.В., Синяков А.Н., Семенов А.Е. Компьютерная программа по выбору системы мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи // Агротехника и энергообеспечение. 2016. № 3 (12). С. 52-61.

3. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Сорокин Н.С. Характеристика электросетевых компаний по количеству и протяженности линий электропередачи, мощности подстанций // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. №2 (47). С. 31-41.

4. Козлов В.К., Киржацких Е.Р., Гиниатуллин Р.А. Исследование влияния переходного сопротивления на определение места однофазного замыкания на землю в распределительных сетях с изолированной нейтралью // Вестник Чувашского университета. 2019. №1. С. 39-46.

5. Солдатов В.А., Полонский В.А. Определение места повреждения в электрических сетях 35 кВ по уравнениям относительно токов // Актуальные проблемы энергетики АПК. 2019. С. 198-201.

6. Солдатов В.А., Яблоков А.С. Определение повреждений в сетях 35 кВ по наведенному напряжению на антеннах при нагрузке // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. №3. С. 121-126.

7. Пугачева Е.А., Рогозина Д.А. Разработка методики использования летательного аппарата для диагностики объектов энергетики // Ученые Омска - Региону. 2018. С.38-42.

References:

1. Vinogradov A.V., Vasil'ev A.N., Semenov A.E. i dr. Analiz vremeni pereryvov v elektrosnabzhenii sel'skih potrebitelej i metody ego sokrashcheniya za schet monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya linij elektroperedachi // Vestnik VIESH. 2017. №2 (27). 3-11 (In Russian).

2. Vinogradov A.V., Sinyakov A.N., Semenov A.E. Komp'yuternaya programma po vyboru sistemy monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya vozdushnyh linij elektroperedachi // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2016. № 3 (12). 52-61 (In Russian).

3. Vinogradov A.V., Lansberg A.A., Sorokin N.S. Harakteristika elektrosetevyh kompanij po kolichestvu i protyazhennosti linij elektroperedachi, moshchnosti podstancij // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2022. №2 (47). 31-41 (In Russian).

4. Kozlov V.K., Kirzhackih E.R., Giniatullin R.A. Issledovanie vliyaniya perekhodnogo soprotivleniya na opredelenie mesta odnofaznogo zamykaniya na zemlyu v raspredelitel'nyh setyah s izolirovannoj nejtral'yu // Vestnik Chuvashskogo universiteta. 2019. №1. 39-46 (In Russian).

5. Soldatov V.A., Polonskij V.A. Opredelenie mesta povrezhdeniya v elektricheskih setyah 35 kV po uravneniyam otnositel'no tokov // Aktual'nye problemy energetiki APK. 2019. 198-201 (In Russian).

6. Soldatov V.A., Yablokov A.S. Opredelenie povrezhdenij v setyah 35 kV po navedennomu napryazheniyu na antennah pri nagruzke // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. №3. 121-126 (In Russian).

7. Pugacheva E.A., Rogozina D.A. Razrabotka metodiki ispol'zovaniya letatel'nogo apparata dlya diagnostiki ob"ektov energetiki // Uchenye Omska – Regionu. 2018. 38-42 (In Russian).

Кожевников Владимир Евгеньевич, магистр направления «Электроэнергетика и электротехника» ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», e-mail: vovchik.e.k123@yandex.ru

Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, профессор

Егоров Алексей Васильевич, доктор технических наук, доцент

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Российская Федерация

DETERMINING THE LOCATION OF DAMAGE ON 6-35 KV OVERHEAD POWER LINES WITH AN INSULATED NEUTRAL SUPPLYING THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Kozhevnikov V.E., Zacepina V.I., Egorov A.V.

Abstract: the article proposes a method for determining the location of damage on 6-35 kV overhead power lines with an insulated neutral. The method involves using a modernized unmanned aerial vehicle designed to search for damage sites. The introduction describes the need to create such a method. Remote methods on the lines under consideration are difficult to implement, so a method with an unmanned aerial vehicle was proposed. The materials and methods describe the process of measuring zero-sequence currents in the line using special instruments that the search team uses to search for the damaged area. Coils from these devices must be installed on the drone. The results and their analysis present a 3D model of the modernized unmanned aerial vehicle. A program code has been written that is designed to determine the location of the fault using the current readings measured by the coils. The conclusions provide advantages and disadvantages. The advantage is the ability to search for any types of damage automatically. Disadvantages include the inability to use the device during bad weather and the influence of interference from the drone's engines on the accuracy of determining the location of the damage.

Keywords: location of damage, overhead power lines, isolated neutral, unmanned aerial vehicle, zero sequence currents

Kozhevnikov Vladimir Evgenievich, student of the direction "Electric power engineering and electrical engineering", e-mail: vovchik.e.k123@yandex.ru
Zacepina Violetta Iosifovna, Doctor of Technical Sciences, professor
Egorov Aleksey Vasilevich, Doctor of Technical Sciences, associate professor
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation

УДК 631.547:631.588.1

НЕОБХОДИМЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ.

М.В. Пивоваров[1], Е.А. Козлова[1], В.В. Зажигина[2]

[1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
[2]ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени. К.А. Тимирязева

Аннотация. *Данная работа посвящена изучению воздействия почвенной электростимуляции на рост и развитие растений, с фокусом на электрофизиологических и генетических аспектах. Исследование включает в себя методы биомассового анализа, анализа электрофизиологических параметров растений, и генетических исследований. Методы измерения биомассы, такие как взвешивание, образцовая площадь, дистанционное зондирование, химический анализ, и биометрические датчики, были использованы для получения подробного понимания живой органической массы растений. Электрофизиологические параметры, такие как потенциал мембраны, действительный потенциал, электрические импульсы, и электролитический ток, были измерены для оценки реакции растений на электрическую стимуляцию. Генетические исследования включали в себя секвенирование генома, аннотацию генома, экспрессионные анализы, изучение мутаций, генетические маркеры, генетическую картографию, и анализ метабола. Результаты показывают, что электростимуляция, особенно в сочетании с гуминовыми удобрениями, способствует улучшению плотности травостоя и декоративности делянок. Однако, для оптимальных результатов, требуется более подробная настройка параметров электростимуляции.*

Ключевые слова: *Изучение морфологии, изучение физиологии, изучение биомассы, электрофизиологические параметры, генетические параметры роста и развития растения, электростимуляция, почвенный электролиз.*

Введение. Изучение эффектов электростимуляции на растения требует комплексного подхода к измерениям, учитывающего различные аспекты их роста и развития. Эта статья представляет собой обзор методов измерения, для полного охвата изменений, происходящих под воздействием электростимуляции.

1. Морфологические параметры:

Изучение структуры растения:

Корень: Исследование формы, длины, диаметра корней, а также выявление наличия корневых волосков.

Стебель: Анализ высоты, диаметра, формы и структуры стебля, а также наличия боковых побегов.

Листья: Оценка размеров, формы, цвета, края, поверхности и вегетативности листьев.

Характеристики цветения:

Цветки: Изучение размеров, формы, окраски, числа лепестков, чашелистиков и тычинок.

Семена: Оценка формы, размеров, цвета и структуры семян, а также их распределения на растении [1].

Фенологические наблюдения: Фазы роста оопределение стадий развития растений, таких как прорастание, появление первых листьев, начало цветения.

Анатомические исследования: Структура тканей: Изучение микроскопического строения корня, стебля, листьев и других частей растения.

Трансверсальные и продольные срезы: Создание срезов для более детального изучения внутренней структур.

Биометрические измерения: Масса иизмерение веса различных частей растения (корень, стебель, листья, цветки) для оценки их развития и продуктивности.

Длина и ширина: Измерение длины и ширины различных органов растения с использованием линейных измерительных инструментов.

Фотографическая документация:

Съемка растений: Использование фотографий для фиксации внешних особенностей растений на разных этапах их развития.

Анализ изображений: Применение программного обеспечения для обработки и анализа фотографий с целью извлечения количественных и качественных данных.

Оценка здоровья растений: Состояние листвы: Выявление признаков заболеваний, вредителей или стрессовых условий на основе изменений в цвете, форме и текстуре листьев [2].

Фитосанитарная диагностика: Применение методов для выявления и анализа возможных болезней и вредителей, влияющих на растение.

Генетический анализ: Маркеры: Использование молекулярных маркеров для идентификации генетических особенностей, таких как полиморфизмы ДНК.

Комбинация этих методов обеспечивает комплексную морфологическую оценку растений, что позволяет получить подробное представление о их структуре, состоянии и генетических особенностях [3].

2. Физиологические изменения:

Фотосинтез: Фотосинтез представляет собой ключевой процесс, в ходе которого растения преобразуют световую энергию в химическую энергию, запасаемую в молекулах глюкозы. Физиологические изменения включают ассимиляцию углекислого газа, поглощение света хлорофиллами, а также выделение кислорода в результате разложения воды [4].

Дыхание: Процесс дыхания в растениях подразумевает окисление органических веществ с целью выделения энергии. В процессе дыхания растения потребляют кислород и выделяют углекислый газ.

Транспирация: Транспирация – это процесс испарения воды из клеток растения через устьица, находящиеся на поверхности листьев. Этот процесс является частью регуляции водного баланса растения и участвует в транспорте воды и минеральных веществ из корней в верхние части растения.

Транспорт веществ: Физиологические изменения также включают транспорт воды, минеральных веществ и органических соединений по растению. Ксилема и флоэма играют ключевую роль в передвижении воды и питательных веществ.

Рост и развитие: Рост растений зависит от деления клеток и увеличения их объема. Гормоны растений, такие как ауксины и цитокины, регулируют процессы роста и развития, включая длину стеблей, образование боковых побегов и формирование органов [2].

Фотопериодизм: Растения реагируют на изменения продолжительности светового дня (фотопериод). Это влияет на такие процессы, как цветение и образование почек, и

регулируется криптохронами и фотохромами [4].

Стрессовые реакции: Растения могут проявлять физиологические изменения в ответ на стрессовые условия, такие как засуха, низкие температуры, воздействие вредителей или заболеваний. Эти изменения могут включать активацию защитных механизмов, синтез специфических метаболитов и изменения в физиологии клеток.

Фототропизм и гравитропизм: Растения демонстрируют физиологические изменения в ответ на свет (фототропизм) и гравитацию (гравитропизм). Эти механизмы направляют рост и ориентацию растений относительно источника света и направления гравитационного поля [4].

Аккумуляция веществ: Растения могут аккумулировать различные вещества, такие как фитохимические соединения (например, алкалоиды, танины), которые могут служить защитой от вредителей или иметь медицинское значение.

Ответы на стимулы: Физиологические изменения также включают ответы на различные внешние стимулы, такие как механическое воздействие, изменения температуры, света и др.

В целом, физиологические изменения в растениях представляют собой сложный комплекс адаптаций и регуляции, обеспечивающих их выживание и развитие в разнообразных условиях окружающей среды [5].

3. Измерение биомассы:

Измерение биомассы растений представляет собой важный аспект в агроэкологии, экологии, сельском хозяйстве и других областях, где важно оценивать количество живой органической массы, синтезированной растениями. Существует несколько методов, которые могут быть использованы для измерения биомассы растений, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения [6].

Один из наиболее распространенных методов — это метод взвешивания. Этот метод включает в себя выращивание растений в определенных условиях, затем срезание их и взвешивание. В этот процесс включаются все части растения - корни, стебли, листья, цветы и плоды. После взвешивания определенное количество образцов, усредненное значение может быть использовано для оценки общей биомассы растений в определенной области. Этот метод является относительно простым и дешевым, однако он требует унификации условий выращивания для достижения достоверных результатов [6].

Другим методом является метод образцовой площади, который часто используется в экосистемных исследованиях. Он включает в себя измерение биомассы на предварительно выбранной образцовой площади, которая затем масштабируется на всю область. Этот метод предоставляет представление о биомассе в конкретном месте, что полезно для изучения пространственных вариаций [6].

Технологии дистанционного зондирования также могут быть использованы для измерения биомассы растений. Спутниковые снимки и дроны с инфракрасной камерой могут обнаруживать изменения в рефлексии света от растений, что связано с их биомассой. Эти данные могут быть использованы для оценки общего объема биомассы на больших участках [6].

Более трудоемким методом измерения биомассы является химический анализ. Это включает в себя сбор образцов растительного материала, их сушку и последующий химический анализ для определения содержания углерода и азота. После этого можно рассчитать общую биомассу, используя соответствующие коэффициенты преобразования [6].

Использование инструментов биомассового сканирования, таких как биометрические датчики и портативные сканеры, также становится более популярным методом. Эти устройства могут использоваться для неинвазивного измерения биомассы на месте без необходимости уничтожения образцов.

Выбор метода измерения биомассы зависит от конкретных требований и условий исследования, и часто комбинированный подход, включающий несколько методов, может предоставить наиболее полную картину [6].

4. Электрофизиологические параметры:

Электрофизиологические параметры растений описывают активность электрических сигналов и явлений, связанных с передачей электрических импульсов в растениях. Эти параметры представляют интерес для исследования сигнальных механизмов, ответов на стрессовые условия и взаимодействий между различными частями растений. Вот подробный обзор различных электрофизиологических параметров растений:

Потенциал мембраны: Потенциал мембраны представляет собой разницу потенциалов между внутренней и внешней сторонами клеточной мембраны. Изменения потенциала мембраны связаны с различными физиологическими процессами, такими как дыхание, фотосинтез и водный баланс.[10]

Действительный потенциал: Действительный потенциал — это электрический потенциал, который изменяется в ответ на различные воздействия, такие как механический стресс, изменения освещенности и другие стимулы.

Электрофорез и ионоселективные каналы: Ионоселективные каналы в мембранах клеток растений участвуют в передаче ионов, что может вызывать электрические изменения. Это важный аспект для регуляции водного и ионного баланса.[10]

Электрические импульсы и потенциал действия:

Растения могут генерировать электрические импульсы и потенциалы действия в ответ на различные стимулы, такие как механическое воздействие, температурные изменения или атмосферные условия [10].

Электролитический ток: Электролитический ток возникает из-за движения ионов в растительных тканях. Изменения в электролитическом токе могут отражать физиологические процессы, такие как транспорт воды и минералов.

Электрическая активность при стрессе: Растения проявляют электрическую активность в ответ на стрессовые условия, такие как засуха, воздействие патогенов и другие абиотические факторы. Это может включать в себя изменения в электрической проводимости и электрофизиологические сигналы.

Исследование с помощью электродов: Электроды могут быть использованы для регистрации электрической активности в различных частях растений, таких как листья, стебли и корни. Электроды размещаются на поверхности или внутри тканей для измерения электрических параметров.

Электрическая светочувствительность: Некоторые растения проявляют светочувствительность в электрических сигналах, что может быть связано с фотосинтетической активностью и световым стрессом [10].

Электрохемилюминесценция:

Электрохемилюминесценция – это излучение света, производимое растениями в ответ на электрическую стимуляцию. Этот метод может использоваться для изучения особенностей электрофизиологической активности.

Изучение электрофизиологических параметров растений является важным

инструментом для понимания их ответов на внешние стимулы, адаптации к стрессовым условиям и взаимодействий с окружающей средой. Современные методы, такие как электрофизиологическое мапирование и использование чувствительных датчиков, позволяют более точно и динамично измерять эти параметры.

5. Генетические исследования:

Генетические исследования растений включают в себя разнообразные методы и технологии, которые позволяют изучать структуру, функции и взаимодействие генов в растительных организмах. Эти исследования имеют широкий спектр применений, включая улучшение сельскохозяйственных культур, изучение молекулярных механизмов фотосинтеза, адаптацию к стрессам, а также фундаментальные аспекты понимания генетической основы жизни растений. Вот подробный обзор различных методов генетических исследований растений [7].

Секвенирование генома: Секвенирование генома позволяет определить порядок азотистых оснований в ДНК организма. Этот метод позволяет исследовать структуру генома растения, выявлять гены, их функции и участвующие в них молекулярные механизмы.

Аннотация генома: Аннотация генома включает в себя определение функций генов, выявление кодирующих последовательностей и описание связанных с ними биологических процессов [7].

Экспрессионные анализы: Методы, такие как микрочипы для генной экспрессии и РНК-секвенирование (RNA-seq), используются для изучения того, какие гены активируются в определенные моменты времени или при определенных условиях. Это позволяет анализировать изменения в уровне экспрессии генов в ответ на различные факторы.

Изучение мутаций: Генетические мутации могут быть исследованы с использованием методов, таких как TILLING (Targeting Induced Local Lesions IN Genomes) и CRISPR/Cas9. Эти методы позволяют исследовать функции генов, ассоциированных с определенными фенотипами.

Генетические маркеры: Генетические маркеры, такие как RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), SSR (Simple Sequence Repeat) и SNP (Single Nucleotide Polymorphism), используются для анализа полиморфизмов в геномах и маркировки интересующих областей.

Генетическая картография: Генетическая картография позволяет определить расположение генов на хромосомах. Она часто проводится с использованием карт генома и молекулярных маркеров.

Изучение метабола: Анализ метабола растений позволяет исследовать обширный спектр химических соединений, синтезируемых растением. Это важно для понимания связи между генотипом и фенотипом.

Исследование генетической диверсификации: Генетическая диверсификация изучается с использованием методов, таких как анализ полиморфизмов генов и генетических маркеров для выявления различий между генотипами и популяциями [7].

Мутагенез и индуцирование изменений: Генетические изменения индуцируются с целью создания новых мутантов и изучения их фенотипов. Это может включать в себя использование мутагенов или излучения.

Изучение эпигенетических механизмов: Исследование эпигенетических изменений, таких как метилирование ДНК и модификации хроматина, позволяет понять, как окружающая среда может влиять на экспрессию генов.

Генетические исследования растений в совокупности с другими методами

исследования предоставляют богатый инструментарий для понимания структуры и функции генов, а также для создания устойчивых и высокопродуктивных сельскохозяйственных культур [7].

Цель исследования: определение какие аспекты необходимо изучать во время испытаний почвенной электростимуляции, для получения максимально подробной картины о его влиянии.

Материал и методы исследования

В работе применялись методы литературного обзора, теории надежности, методы определения лучших влияний. Материалами исследования являлись посадочный материал, установки для генерации напряжения.

Результаты и обсуждение.

Во время закладывания эксперимента для изучения влияния электростимуляции на рост и развитие растений, был использован метод морфологической оценки. Метод был использован по причине краткосрочности закладывания и простоте съема данных. Во время эксперимента, были использованы гуминовые удобрения. Уточняющей методикой А.В. Лаптева было выявлено. Согласно полученным данным, мы можем наблюдать, что на контроле, наблюдается в основном единично-раздельный и единично-групповой характер сложения травостоя.

К концу исследования у всех трав сомкнутость травостоя значительно увеличилась до мозаично-группового и даже сомкнуто-мозаичного типа (в варианте с ГУ и единичным уровнем напряжения).

На основании проведенного исследования с использованием шкалы А.А. Лаптева и дисперсионного анализа для оценки плотности побегообразования, плотности травостоя и декоративности делянок, были получены следующие результаты. Самой высокой плотностью травостоя отличается вариант, где применялись ГУ совместно с одинарным напряжением. В этом варианте наблюдалась положительная динамика по плотности травостоя. Однако использование двойного напряжения в комплексе с ГУ приводило к ухудшению плотности травостоя, что может быть связано с непереносимостью растений к таким нагрузкам. Возможно, для достижения наибольшей эффективности необходимо провести более подробные настройки мощности в более широком диапазоне.

Согласно шкале А.А. Лаптева, наибольшее количество баллов также получили варианты, в которых использовался ГУ в комплексе с напряжением. К концу исследования наблюдался значительный прирост баллов у райграса однолетнего, что указывает на положительное влияние данной комбинации на развитие растений.

Однако на контрольной группе наблюдался единично-раздельный и единично-групповой характер сложения травостоя. К концу исследования у всех трав было отмечено значительное увеличение сомкнутости травостоя до мозаично-группового и даже сомкнуто-мозаичного типа в варианте с ГУ и единичным уровнем напряжения.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что использование ГУ в комплексе с напряжением положительно влияет на плотность побегообразования, плотность травостоя и декоративность делянок. Однако необходимо провести дальнейшие исследования и оптимизировать настройки мощности для достижения наибольшей эффективности метода.

Вывод.

Комплексное измерение эффектов электростимуляции на растения требует учета разнообразных параметров, охватывающих рост, морфологию, физиологию и генетику. Этот

подход позволяет получить более глубокое понимание механизмов, лежащих в основе воздействия электростимуляции на растения, и может способствовать оптимизации этого метода для практического применения в сельском хозяйстве и других областях. Также для разработки эффективного метода для электростимуляции, необходимо проводить количественный анализ экспериментов для получения более точных данных. Нельзя забывать, что метод, подходящий для одного вида растений, может не подойти для другого, что в свою очередь говорит о проведении исследования для каждого растения по отдельности.

Список используемых источников:

1. Васильев А.Е., Воронин Н.С Морфология и анатомия растений.// Васильев А.Е., Воронин Н.С 1978. С.; 1988. С. 104-113
2. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. // Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Абрис, 2011, - 784 стр.
3. Воронин Н.С. Руководство к лабораторным занятиям по анатомии и морфологии растений, // Воронин Н.С. 1972; 1981. С. 45-52.
4. Алехин, В.Т. Биологическая и хозяйственная эффективность биофунгицидов и регуляторов роста на зерновых культурах / В.Т. Алехин, Ю.В. Попов // Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем. Вып. Материалы докладов международной научно - практической конференции 29 сентября - 1 октября 2004 г. - Краснодар, 2004. - С. 170 - 172.
5. Госсе, Д.Д. Влияние гуминовых удобрений на рост и развитие газонных трав в условиях мегаполиса/Д.Д. Госсе, М.А. Панина, В.С. Егоров, А.А. Степанов //Проблемы агрохимии и экологии – М., 2017. – Вып. 4. – С. 3-8.
6. Базилевская Н. А., Белоконь И. П., Щербакова А. А. Систематика растений // Краткая история ботаники: под ред. Л. В. Кудряшова, М.: Наука, 1968. С.13 -- 14, 26 -- 41, 311.
7. Серебряков Т.И., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений. // Серебряков Т.И., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. Академкнига, 2006. С.30.
8. Федосеева Г.П., Оконешникова Т.Ф., Южаков В.И. и др. Модель использования ресурсов мировой флоры для формирования научно- образовательного пространства уральского региона [Электронный ресурс] // Hortus botanicus: электрон. научн. журн. 2007. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/model-ispolzovaniya-resursov-mirovoy-flory-dlya- formirovaniya-nauchno-obrazovatelnogo-prostranstva-uralskogo-regiona
9. Госсе, Д.Д. Влияние гуминовых удобрений на рост и развитие газонных трав в условиях мегаполиса /Д.Д. Госсе, М.А. Панина, В.С. Егоров, А.А. Степанов //Проблемы агрохимии и экологии – М., 2017. – Выпуск 4. – с. 3-8.
10. Рамнек, Г.М. Влияние электричества на почву : Ионизация почвы и усвоение атмосфер. азота // Г.М. Рамнек. - Киев : тип. Ун-та св. Владимира АО печ. и изд. дела // Н.Т. Корчак-Новицкого, 1911., 104 с.; 25.
11. Роберт, Э. Органическое вещество, гумус, Гумат, Гуминовая кислота, фульвокислота и гумин: их значение для плодородия почвы и здоровья растений [Текст]/Э.Роберт// Химия – Колледж Стейшн, 2008.- №3. – с. 2-19.

Bibliography

1. Vasiliev A.E., Voronin N.S. Morphology and anatomy of plants.// Vasiliev A.E., Voronin N.Since 1978. S.; 1988. pp. 104-113
2. Kuznetsov V.V., Dmitrieva G.A. Plant physiology. // Kuznetsov V.V., Dmitrieva G.A. Outline, 2011, - 784 p.
3. Voronin N.S. A guide to laboratory classes in plant anatomy and morphology, // Voronin N.S. 1972; 1981. pp. 45-52.
4. Alekhin, V.T. Biological and economic efficiency of biofungicides and growth regulators on grain crops / V.T. Alekhin, Yu.V. Popov // Biological protection of plants - the basis for stabilization of agroecosystems. Issue Materials of the reports of the international scientific and practical conference September 29 - October 1, 2004 - Krasnodar, 2004. - pp. 170-172.
5. Gosse, D.D. The effect of humic fertilizers on the growth and development of lawn grasses in a megalopolis/D.D. Gosse, M.A. Panina, V.S. Egorov, A.A. Stepanov //Problems of agrochemistry and ecology – M., 2017. – Issue 4. – pp. 3-8.
6. Bazilevskaya N. A., Belokon I. P., Shcherbakova A. A. Plant systematics // A brief history of botany: edited by L. V. Kudryashov, M.: Nauka, 1968. p.13 -- 14, 26 -- 41, 311.
7. Serebryakov T.I., Voronin N.S., Elenevsky A.G., etc. Botany with the basics of phytocenology: anatomy and morphology of plants. M.: Akademkniga, 2006. p.30.
8. Fedoseeva G.P., Okoneshnikova T.F., Yuzhakov V.I., etc. The model of using the resources of the world flora for the formation of the scientific and educational space of the Ural region [Electronic resource] // Hortus botanicus: electron. scientific journal 2007. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/model-ispolzovaniya-resursov-mirovoy-flory-dlya - formirovaniya-nauchno-obrazovatelnogo-prostranstva-uralskogo-regiona
9. Gosse, D.D. The influence of humic fertilizers on the growth and development of lawn grasses in a megalopolis / D.D. Gosse, M.A. Panina, V.S. Egorov, A.A. Stepanov //Problems of agrochemistry and ecology – M., 2017. – Issue 4. – pp. 3-8.
10. Ramnek, G.M. The effect of electricity on soil : Soil ionization and atmospheric assimilation. nitrogen // G.M. Ramnek. - Kiev : type. University of St. Vladimir, JSC Pechersk and Publishing House of Business // N.T. Korchak-Novitsky, 1911. - [2], 104 p.; 25.
11. Robert, E. Organic matter, humus, Humate, Humic acid, fulvic acid and humin: their significance for soil fertility and plant health /E.Robert// Chemistry – College Station, 2008. - No.3. – pp. 2-19.

М.В. Пивоваров, студент "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева" тел. 8(952)950-74-69 e-mail: max.max-pivovarov@yandex.ru

Е.А. Козлова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева" тел. 8(926)322-22-01 e-mail: kozlova.e@rgau-msha.ru

В.В. Зажигин, кандидат технических наук, доцент "Национальный исследовательский университет МЭИ" тел. 8(909)668-96-31

THE NECESSARY ASPECTS OF THE STUDY TO IDENTIFY THE EFFECTS OF ELECTRICAL STIMULATION ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT

M.V. Pivovarov, E.A. Kozlova, V.V. Zazhigin

FGBU FNAC VIM
FSBEI HE RGAU-MSHA named after K.A. Timiryzeva

Annotation. This article highlights various aspects of measuring the effects of electrical stimulation on plant growth and development, taking into account a variety of physiological indicators. A comprehensive approach to measurements is proposed, including analysis of growth, morphological parameters, physiological changes and other important characteristics. This approach aims to provide a deeper and more comprehensive understanding of the effects of electrical stimulation on plants. The research covers a wide range of variables, which helps to identify the links between various factors and the effects of electrical stimulation. Such a comprehensive analysis allows us to identify potential mechanisms of action and determine the optimal conditions for the use of electrical stimulation in order to improve plant growth and development.

Keywords: The study of morphology, the study of physiology, the study of biomass, electrophysiological parameters, kinetic parameters of plant growth and development, electrical stimulation, soil electrolysis.

M.V. Pivovarov, student "Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev"
E.A. Kozlova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor "Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev"
V.V. Zazhigin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, "National Research University of MEI"
FGBU FNAC VIM
FSBEI HE RGAU-MSHA named after K.A. Timiryzeva

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Елисеев Д.В.[1], Лапин П.А.[1], Пашкова В.А.[1], Лапина А.П.[2]

[1]ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
[2] ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»

Аннотация. В настоящее время антропогенное воздействие на окружающий мир растёт и оказывает негативное воздействие на все экологические системы и непосредственно на само человечество. По мнению учёных, экспертов и специалистов, проблема глобального изменения климата заключается в том, что природа чаще стала выходить из равновесия, участились наводнения, резкие похолодания и сильная жара, происходит таяние ледников и растет уровень и температура Мирового океана. Исчезают многочисленные виды растений и животных, не успевших приспособиться к климатическим изменениям, наносится большой ущерб экономикам большинства стран мира и может угрожать существованию человечества. Предполагаемое повышение температуры к 2030 году в среднем по планете на 1,5 ^{0}C может спровоцировать катастрофические последствия. Для решения данной проблемы человечеству необходимо переходить на развитие энергетики с помощью возобновляемых источников энергии, даже несмотря на риск потери части доходов от сокращения продажи традиционных видов топлива.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, децентрализованное снабжение, ветряная генерация, биотопливо, источники топлива.

Введение. Проблемы развития мировой энергетики являются одними из необходимых и важных задач, которые потребуется решить человечеству в ближайшие годы. Начало XXI века показало всю остроту проблем использования традиционных источников энергии, которые создают большие проблемы человечеству, в том числе и экологические.

Энергия существует в двух видах: невозобновляемая или традиционная, и возобновляемая (альтернативная) (ВИЭ). Условно все источники энергии можно подразделить на невозобновляемые и альтернативные (возонобляемые). К первым относятся нефть, уголь, газ и иные природные ископаемые, которые в конечном итоге закончатся на планете. К основным её преимуществам относятся относительная дешевизна, а к недостаткам – выброс в атмосферу Земли парниковых газов и связанным с данным явлением глобальное изменение климата. Ко вторым источникам отнесем природные явления и неисчерпаемые ресурсы, вырабатывающие природной средой. Главным и основным её недостатком является на данный момент времени высокая стоимость вырабатываемой энергии, а преимуществом – нейтральное отношение к природе и распространение по всей территории планеты.

Альтернативная энергетика представляет собой возобновляемый ресурс, который замещает собой традиционные источники энергии в виде нефти, газа и угля, оказывающее негативное влияние на экологию планеты и способствующие глобальному потеплению.

Альтернативная энергетика обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной, основные из которых:

- нейтральное отношение к окружающей среде и самому человеку;

- возможность бесконечно использовать их потенциал;

- сохранение потенциала природных ресурсов для будущих поколений; - создание новых рынков труда;

- повышение энергетической безопасности развивающихся стран с целью снижения политической зависимости от развитых стран.

Под альтернативной энергетикой понимается осуществление производства энергии из экологически безопасных источников, не наносящих вред окружающей среде. Отличие от традиционной энергетики состоит в том, что в её производстве не участвуют нефть, газ, уголь и другие природные ископаемые, которые способствуют росту глобального потепления за счёт увеличения парниковых газов в атмосфере Земли.

Основным достоинством ВИЭ является их нейтральное отношение к окружающей природе и неиссякаемые резервы в эксплуатации, одновременно позволив человечеству решить три сложных проблемы: продовольственную, экологическую и энергетическую.

Обобщая и анализируя различные ВИЭ, их характеристики и особенности, можно выделить общие основные черты:

- они постоянно возобновляются и, следовательно, не ограничены в объёмах, значительно превышая потребности человечества на данном периоде развития;

- их природа происхождения напрямую связана с геофизическими процессами Земли, периодичность зависит от параметров вращения вокруг Солнца и своей собственной оси.

ВИЭ присуще распределение по всей территории планеты, на всех материках и континентах. Им присуща высокая зависимость от природных условий и относительно малая плотность энергетического потока, в расчётах принимается полученная информация за отчётные периоды наблюдений

Одним из самых распространённых источников ВИЭ является солнечная энергия вследствие постоянного финансирования и инвестирования крупного капитала. По приблизительным подсчётам экономистов и учёных, солнечной суточной энергии хватило бы человечеству на целый год при иных уровнях технологии её переработки. Данный вид доступен во всех уголках мира, распространение получило в местах, где его стоимость меньше традиционного и в тёплых странах с большим количеством солнечных дней. Однако есть множество проблем эксплуатации данной технологии, таких как зависимость от погодных условий, дороговизна конструкций и сложность при утилизации солнечных батарей. К тому же солнечные батареи занимают гигантские площади, что также является недостатком данного вида энергии.

Необходимость развития ВИЭ в стране обусловлена тем, что на её большей части применяется децентрализованное снабжение электроэнергией, часто применяемое морально устаревшее и изношенное оборудование. Внедрение ВИЭ позволило бы обеспечить жителей страны, особенно в её удалённых частях, постоянными источниками энергии.

В целях решения экологических и энергетических проблем современные ученые, политики, экономисты предлагают начать постепенный переход от традиционных источников энергии к ВИЭ. Особенно важно значение в данном переходе именно экологической составляющей, так как безудержное и непрерывное использование полезных ископаемых привело к глобальному повышению температуры на Земле. Если в начале двадцатого века человечество ещё не задумывалось о начавшемся изменении климата на планете, то в середине прошлого века данную проблему начали рассматривать многие государства и в том числе ООН. Началом международного сотрудничества в области

изменения климата стала проведённая в шведском Стокгольме конференция по вопросам сохранения окружающей среды, на которой была принята «Декларация об окружающей среды». Данная декларация явилась отправной точкой международного взаимодействия большинства стран мира под эгидой ООН в области сохранения окружающей среды[3]. В дальнейшем это сотрудничество только ширилось, так как глобальное потепление климата стало очевидным. На многочисленных заседаниях, встречах и конференциях были приняты исторические решения в пользу перехода на возобновляемые источники энергии, которые стали альтернативой традиционной энергетики. Стоит отметить Парижское соглашение, ставившее своей задачей ограничение роста глобальной температуры в пределах 2 ^{0}C по сравнению с началом промышленной революции. По возможности была поставлена задача ограничения роста температуры в пределах 1,5 ^{0}C в целях предотвращения глобального потепления и катастрофических последствий изменения климата[4].

В настоящее время по данным Международного энергетического агентства (IEA) за 2021 год, основное производство энергии осуществляется традиционным путем за счёт сжигание полезных ископаемых. Но темпы роста альтернативной энергии впечатляют, например, выработка энергии за счет солнца и ветра с 2011 по 2021 год увеличилась с 2% до 10% в мировом масштабе. За этот же период времени доля производства энергии в мире из возобновляемых источников увеличилась с 20% до 28%[11].

Материалы и методы. В статье анализировалась нормативно-правовая база Российской Федерации в области развития альтернативной энергетики. Использовались теоретические методы при анализе научной литературы по данной проблеме исследования для обобщения данных и практические методы для изучения документов по развитию альтернативной энергетики.

Результаты и обсуждение.

Выработка энергии на основе возобновляемых источников энергии стране развивается в основном по следующим направлениям:

- солнечная энергетика (фотовольтаика);
-ветроэнергетика;
- малая гидроэнергетика.

Однако, несмотря на определенные усилия со стороны органов власти РФ и бизнеса, рынок энергетических ресурсов на основе ВИЭ не играет существенной роли и составляет примерно 1%, что является величиной на уровне статистической погрешности.

Первоначально в нормативно-правовой базе по развитию альтернативной энергетики упоминалось в 2009 году в изданном распоряжении Правительства РФ №1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года» [5]. Данное распоряжение послужило толчком развития ВИЭ в стране на последующие годы. В 2013 году было принято постановление Правительства РФ № 449 от 28.05.2013 г. о регулирование рынка ВИЭ с целью стимулирования крупного бизнеса инвестировать в производство энергии из ВИЭ[6].

Непосредственно механизм стимулирования в альтернативную энергетику был утверждён в 2015 году и сразу вступил в силу на всех розничных рынках. Данное постановление Правительства «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» было принято с целью стимулировать крупный бизнес инвестировать в объекты альтернативной энергетики[6].

В следующем году был принят проект энергетической стратегии РФ на период до 2035 года, в котором обозначены основные ориентиры развития альтернативной энергетики и декларируется рост получения энергии из ВИЭ в 9-14 раз [5]. К сожалению, данная стратегия, скорее всего, не будет выполнена или, в крайнем случае, выполнена в неполном объёме.

Вернемся немного к истории развития энергетики из ВИЭ, за исключением крупных ГЭС. История развития альтернативной энергетике в стране достаточна молодая, если не считать возведение крупных ГЭС, построенных ещё в годы Советской власти.

Она начала развиваться с 2010-х годов, когда бизнес начал вкладывать средства в развиие альтернативных источников. В 2011 году были построены малые ГЭС и БиоТЭС, которые получили наибольшую популярность в стране. Особенно опережающими темпами развивается биотопливная отрасль, которая является единственной, достигшей значительных результатов.

По данным 2014 года в стране было произведено энергетики с использованием ВИЭ на 1, 7 ГВт, большая часть которой приходится на малые (до 50 МВт) ГЭС**.** В 2015 году объём произведённых объёмов энергии составил 906,3 МВт, что является катастрофически малой величиной. Например, такие страны, как Китай или Индия, в настоящее время оперируют цифрами в десятки и сотни ГВт. Эксплуатировались 5 относительно крупных ветряных электростанции, большая часть из которых работала частично, из них две были введены в 2014-2015гг. в рамках государственной поддержки. В 2017 году с помощью инвестиций «Роснано» совместно с финской Fortum стоит ветряную ЭС, с «Ростехом» - мусоросжигающие ТЭС, с «Реновой» сооружает солнечную ЭС. Результатом всей работы стало производство энергии с помощью ВИЭ в количестве 1,3 ГВт, что явилось весомым показателем для нашей страны. В 2020 году вступил в силу закон о микрогенерации, благодаря которому государство может покупать излишки электроэнергии, выработанной на альтернативных электростанциях[1].

В период с 2013 по 2020 годы программа поддержки альтернативной энергетики пересматривалась шесть раз, постоянно меняя цели и ориентиры:

- в связи с переносом неисполненных объёмов на период 2021-2024 года;

- перераспределение 450 МВт в пользу твёрдых бытовых отходов из ветроэнергетики и малых ГЭС;

- дальнейшее перераспределение в пользу солнечной и ветряной энергетики, сократив МГЭС;

- переносом части объемов из новой программы поддержки ВИЭ[8] .

Постоянные шараханья и метания не могли пойти на пользу развития альтернативной энергетики, постоянные корректировки планов привели к тому, что ни один из них так и не был доведён до конца в 2020 году.

На следующий год, 2021, была утверждена Концепция развития водородной энергетики, в которой основной целью утверждено производство и экспорт водорода в развитые страны. Для достижения данной цели было предусмотрено формирование соответствующей инфраструктуры для его транспортировки и хранения, строительства производства комплектующих частей и оборудования. И в этом же году «Новатек» первой в стране начала экспортировать водород в промышленных объёмах, а непосредственным объектом явился Обский газохимический комплекс в районе порта Сабетта.

В начале 2022 года правительство РФ приняло новую дорожную карту по водороду с горизонтом планирования до 2030 года. Целью новой карты заявлено создание необходимых

оборудования и технологий с целью производства водорода на основе атомной энергии и природного газа с целью его применения в промышленности или экспорте в другие страны [2].

На 2022 год страна показала следующие результаты. По данным российской ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ) установленная мощность электрической генерации на основе ВИЭ составила 5,78 ГВт. В рамках программы договора о предоставлении помощи были выедены в эксплуатацию 98 объектов энергетики общей мощностью 4,002 ГВт. Основными из них являются СЭС мощностью 1,788 ГВт, ВЭС – 2,168 ГВт, малые ГЭС – 46 МВт [8]. К сожалению, планы по вводу новых мощностей оказались не выполненными. Одной из основных причин явилось проведение СВО на Украине и последовавшее за этим сворачивание инвестирования со стороны развитых стран. Например, финская Fortum заявила об уходе с российской рынка в 2023 году ввиду санкций, которые были наложены на страну в 2022-2023 годах[10].

В основном по данной причине за 2022 год были введены объекты энергетики мощностью всего 420 МВт. А на альтернативную энергетику страны по состоянию на 2022 год приходится всего 0,5% от всего вырабатываемого объема энергии[9].

В прошлом году отечественные и немецкие эксперты спрогнозировали, что РФ способна к 2050 году полностью перейти на альтернативную энергетику, но для этого необходима политическая воля Правительства РФ и экономическое стимулирование бизнеса, который на данный момент ещё готов инвестировать в ВИЭ. Ведь Российская Федерация значительно отстаёт от мировых лидеров по производству альтернативной энергии в десятки и сотни раз, например, от КНР в 170 раз. К сожалению, наша страна катастрофически отстает не только от мировых лидеров в области производства альтернативной энергетики, но и от развивающихся стран БРИКС и даже стран Персидского залива.

В январе текущего года было заключено соглашение о реализации дорожной карты между Правительством РФ, «Газпромом» и «Росатомом» в целях в целях дальнейшего развития водородной энергетики в рамках проекта «Чистая энергетика»[2]. В этом году в целях её реализации Правительством было выделено 9,3 миллиардов рублей на развитие водородной энергетики в стране до конца 2024 года. В настоящее время производство энергии на основе ВИЭ показывает положительное динамику только биотопливо и гидроэнергетика, на их долю приходится подавляющая часть от альтернативной энергетики. Развитие секторов солнечной и ветровой электроэнергетики находятся, к сожалению, практически на нулевой отметке. В отдалённой перспективе объём генерации путём использования альтернативной энергетики с учётом всех ГЭС планируют довести до 20% от всех вырабатываемой энергии в стране.

Для сравнения приведём результаты развития альтернативной энергетики в мире. На 2020-2021 года установленная мощность генерирующих станций на основе ВИЭ в мире составила 1 347 ГВт с учётом МГЭС. Только в 2020 году прирост составил 7,4%, а мощность выросла на 176 ГВт[8]. Переход большинства стран на использование энергетики из ВИЭ обусловлен с целью улучшения экологической ситуации в своих странах, уменьшением зависимости от импорта традиционных видов сырья, особенно учитывая их резкий рост в 2022 году, а также развитием технологий производства. За последние десять лет в альтернативную энергетику в мире было вложено более 3 триллионов долларов, из которых только за последние три года – один.

Заключение. Проведенное исследование научно-нормативных актов и документов, систематизация и обобщение данных по развитию альтернативной энергетики, что развитие

мировой экономики неразрывно связано с развитием альтернативной энергетики. Особые надежды возлагаются на генерацию энергии с помощью природных возобновляемых источников энергии: ветра, солнечной энергии, энергии воды и приливов-отливов, геотермальной и водородной энергии, растительного топлива, «дождевых батарей» и т.д. Все источники энергии, используемые человечеством, можно поделить на традиционные и альтернативные (нетрадиционные). Альтернативная энергетика призвана получать энергию из нетрадиционных (возобновляемых) источников. Развитие альтернативной энергетики стало инновационной наукоёмкой отраслью получения необходимых и доступных энергетических услуг, как на мировом, так и на внутреннем рынке.

Многие страны мира, как развитые, так и развивающиеся, стараются вкладывать и инвестировать средства в возобновляемые источники энергии и развитие совершенных эффективных технологий с привлечением искусственного интеллекта. Инвестиции, вложенные в возобновляемую энергетику, позволили снизить стоимость солнечных электростанций (СЭС) за последние десять лет на 60%, а цены на строительство объектов ветроэнергетики упали на 40%[12].

В соответствии с Парижским соглашением большинство стран мира начало реализовывать национальные планы по сокращению производства энергии из традиционных источников с постепенным переходом на более чистые виды топлива – возобновляемые источники энергии. Планируется, к 2030 году в большинстве развитых стран и странах-лидерах развивающегося мира ВИЭ станут основными в области генерации энергии. Альтернативная или «зелёная» энергетика становится всё более доступной вследствие снижения её цены для потребителей. Снижение цены на ВИЭ осуществляется как вводом новых генерирующих мощностей, так и разработкой и внедрением новых технологий и оборудования, что влечёт уменьшение его стоимости. Осуществляется закономерный процесс роста эффективности затрат на её производство и снижение цены электроэнергии, которая вырабатывается с помощью ВИЭ. По данным исследовательских организаций, за последние годы ввод мощностей по генерации энергии из ВИЭ постоянно растут, а в некоторых странах, таких, как Китай или Индия, растут стремительными темпами. По данным исследовательской организации Ember, солнечные и ветровые станции суммарно выработали почти десятую часть (9,8%) мировой электроэнергии, практически догнав АЭС, доля которых составила 10,5%[7]. Переход человечества на альтернативные источники энергии стал неизбежен и необратим. Следовательно, нашей стране также необходимо ускорить развитие альтернативной энергетики, с помощью государственного управления активнее стимулировать бизнес на выпуск новых генерирующих мощностей. Но, несмотря на разработку и реализацию многочисленных проектов и планов, создание нормативно-правового поля и механизма поддержки объектов ВИЭ, наращивание темпов ввода новых генерирующих ВИЭ, Российская Федерация значительно отстаёт не только от развитых стран, но, к сожалению, от развивающихся.

Также необходимо отметить и недавно возникшую причину для роста генерации альтернативной энергетики - санкции, которые были наложены и продолжают накладываться на нашу страну в связи с проведением СВО. Несмотря на значительную локализацию отрасли ВИЭ, зависимость от импортных комплектующих и материалов достаточно велика, необходимо государству предпринять срочные меры по открытию недостающих производств. В связи с большой изоляцией российской экономики от развитых стран могут также возникнуть серьёзные проблемы с привлечением иностранных специалистов и экспертов для ввода пусконаладочных работ и программному обеспечению.

Однако эти проблемы решаемы и не должны вызвать серьёзных трудностей в развитии объектов ВИЭ. Учитывая размеры территории страны, географические и экономические отличия от большинства стран мира, их опыт и политика по внедрению альтернативной энергетики не подходит.

Нашей стране необходимо постепенно внедрять наиболее успешные технологии в свою энергетическую сферу и коснуться это должно, прежде всего, тех регионов, где использование ВИЭ наиболее эффективно. Также рост доли альтернативной энергетики в стране будет способствовать решению проблем недостающего энергетического снабжения в труднодоступных районах страны и одновременно способствовать сохранению её рекреационных и природоохранных зон.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» / Дата опубликования: 28.12.2019.

2. Распоряжение Правительства РФ от 05 августа 2021 года №2162-р «Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации».

3. Стокгольмская декларация /А.Н.Вылегжанин, В.К.Зиланов. Международноправовые основы управления морскими живыми ресурсами, М., 2000.

4. Парижское международное соглашение / Бюллетень международных договоров, апрель 2020 года.

5. Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 года №1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года» (с изменениями и дополнениями от 28 мая 2013 года).

6. Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (с изменениями и дополнениями от 20 мая 2022 г.).

7. Global Energy Review 2019 / The latest trends in energy and emissions in 2019. - Режим доступа: https://Global-Energy-Review.

8. Информационный бюллетень АРВЭ. Рынок возобновляемой энергетики в России: текущий статус и перспективы развития. М.: АРВЭ, 2021.

9. Информационный бюллетень АРВЭ. Рынок возобновляемой энергетики в России: текущий статус и перспективы развития. IV квартал 2022.

10. ПАО «Фортум»: [Официальный сайт]. Режим доступа: https://www.fortum.ru.

11. BP: Statistical Review of World Energy, June 2022 // https://www.bp.com/en/global/corporate/energy- economics/statistical-review-of-world-energy.

12. Global status report / Renewables 2019 [Global status report / Renewables 2019].

Bibliography

1. Federal Law No. 471-FZ "On Amendments to the Federal Law "On Electric Power Industry" regarding the development of microgeneration" / Date of publication: 12/28/2019.

2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2162-r dated August 05, 2021 "The concept of development of hydrogen energy in the Russian Federation".

3. Stockholm Declaration /A.N.Vylegzhanin, V.K.Zilanov. International legal foundations of marine living resources management, Moscow, 2000.

4. Paris International Agreement / Bulletin of International Treaties, April 2020.

5. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1-r dated January 8, 2009 "The main directions of state policy in the field of improving the energy efficiency of the electric power industry based on the use of renewable energy sources for the period up to 2035" (with amendments and additions dated May 28, 2013).

6. Decree of the Government of the Russian Federation No. 449 dated May 28, 2013 "On the mechanism for stimulating the use of renewable energy sources in the Wholesale Electricity and Capacity Market" (with amendments and additions dated May 20, 2022).

7. Global Energy Review 2019 / The latest trends in energy and emissions in 2019. - Access mode: https://Global-Energy-Review.

8. ARVE Newsletter. Renewable Energy market in Russia: current status and development prospects. Moscow: ARVE, 2021.

9. ARVE Newsletter. Renewable Energy market in Russia: current status and development prospects. IV quarter 2022.

10. PJSC Fortum: [Official website]. Access mode: https://www.fortum.ru .

11. BP: Statistical Review of World Energy, June 2022 // https://www.bp.com/en/global/corporate/energy- economics/statistical-review-of-world-energy.

12. Global status report / Renewables 2019 [Global status report / Renewables 2019].

Елисеев Дмитрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях института естественных наук и биотехнологий.

Лапин Павел Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях института естественных наук и биотехнологий.

Пашкова Валентина Алексеевна, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности в техносфере и защиты человека в чрезвычайных ситуациях института естественных наук и биотехнологий.

Лапина Алена Павловна, бакалавр МГУ имени М.В. Ломоносова, alena.lapina05@mail.ru

PROSPECTS AND PROBLEMS OF ALTERNATIVE ENERGY DEVELOPMENT BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

Eliseev Dmitri[1], Lapin Pavel[1], Pashkova Valentina[1], Lapina Alyona Pavlovna[2]

[1]Orel State University named after I. S. Turgenev
[2]Lomonosov Moscow State University

Abstract. Currently, the anthropogenic impact on the surrounding world is growing and has a negative impact on all ecological systems and directly on humanity itself. According to scientists, experts and specialists, the problem of global climate change lies in the fact that nature has become more often out of balance, floods, sudden cold spells and intense heat have become more frequent, glaciers are melting and the level and temperature of the world's oceans are rising. Numerous species of plants and animals that have not had time to adapt to climate change are disappearing,

great damage is being done to the economies of most countries of the world and may threaten the existence of mankind. The expected increase in temperature by 2030 on average on the planet by 1.5 ^{0}C can provoke catastrophic consequences. To solve this problem, humanity needs to switch to the development of energy with the help of renewable energy sources, even despite the risk of losing part of the income from the reduction in the sale of traditional fuels.

Keywords: alternative energy, decentralized supply, wind generation, biofuels, fuel sources.

Eliseev Dmitrii, Ph. D. (Engineering), Associate Professor of the Department of Life Safety in the Technosphere and Human Protection in Emergency Situations, Orel State University named after I. S. Turgenev 95 Komsomol'skaia St., Orel, 302026, Russian Federation, e-mail: dv.eliseev@mail.ru.

Lapin Pavel, Ph. D. (Engineering), Associate Professor of the Department of Life Safety in the Technosphere and Human Protection in Emergency Situations, Orel State University named after I. S. Turgenev 95 Komsomol'skaia St., Orel, 302026, Russian Federation, e-mail: pal9@yandex.ru

Pashkova Valentina, Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Department of Life Safety in the Technosphere and Human Protection in Emergency Situations, Orel State University named after I. S. Turgenev 95 Komsomol'skaia St., Orel, 302026, Russian Federation, e-mail: ogu-fk@yandex.ru.

Lapina Alyona Pavlovna, Bachelor of Lomonosov Moscow State University, alena.lapina05@mail.ru

УДК 621.315.1:66.012.46:338.436.33

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Санксарян Н.Ж., Зацепина В.И.

«ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Аннотация. Цель работы. *Рассмотреть проблему ограниченной пропускной способности линий электропередачи (ЛЭП). Также рассмотреть конкретный случай перегрузки ЛЭП из-за недостаточной пропускной способности.* ***Методы и материалы.*** *В ходе работы описаны стандартные и относительно новые способы, позволяющие увеличить пропускную способность ЛЭП. За основу выбран один из перспективных способов, после чего произведён сравнительный расчёт, показывающий преимущество предлагаемого решения. Также произведено моделирование магнитных полей вокруг проводов линии электропередачи.* ***Результаты исследования.*** *Итогом работы является подтверждение факта преимущественного использования предлагаемого решения. Также итогом является моделирования распределения потенциала.*

Ключевые слова: *пропускная способность, компактные провода, z-образный тип, линия электропередачи.*

Введение. Термин "пропускная способность линий электропередачи" относится к максимальному току, который может быть передан через линию без перегрева или других проблем. Пропускная способность зависит от различных параметров, включая сечение проводников, материал проводников, длину линии и условия охлаждения. Актуальность темы увеличения пропускной способности ЛЭП заключается в постоянном росте городов и мощностей промышленных и сельскохозяйственных предприятий. В связи с этим, соответственно, происходит и рост их установленной мощности, что как следствие приводит к увеличению потребностей потребителей в объёмах поставки электрической энергии.

Цель исследования

Рассмотреть проблему ограниченной пропускной способности линий электропередачи (ЛЭП). Также рассмотреть конкретный случай перегрузки ЛЭП из-за недостаточной пропускной способности.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим различные способы увеличения пропускной способности ЛЭП. Для начала перечислим стандартные способы, позволяющие повысить натуральную мощность линии электропередачи:

- возведение параллельно стоящих ЛЭП;
- замена проводов одного и того же типа, только на провода с большим сечением;
- перевод ЛЭП с одного класса напряжения на другой, более высокий. [1]

В качестве относительно нового и перспективного на сегодняшний день способа будет рассмотрен способ, который подразумевает применение проводов с z-образными жилами.

Далее рассмотрим более подробно каждый из способов, перечисленных выше:

- при строительстве дополнительных параллельно-стоящих ЛЭП потребуется

выделение дополнительных территорий, которые в некоторых случаях невозможно выделить из-за сложности рельефа местности;

- увеличение сечения проводов ЛЭП повлечёт за собой увеличение нагрузки в точках крепления проводов к опоре ЛЭП; [2]

- при переводе ЛЭП с одного класса напряжения на другой в целях уменьшения потерь появится необходимость замены трансформаторов в точках трансформации электроэнергии, что в свою очередь повлечёт значительные экономические затраты;

- применение компактных проводов с z-образными жилами позволит увеличить значение мощности, передаваемой по линии электропередачи, при этом не потребуется замена опор, так как нагрузка в точках крепления не увеличиться, а в некоторых случаях может уменьшиться. [3]

Следовательно, мною был сделан вывод, что наиболее перспективным и предпочтительным для увеличения пропускной способности ЛЭП является способ, подразумевающий применение компактных проводов.

Для увеличения пропускной способности будут рассматриваться провода отечественной компании, которая занимается выпуском и продажей различной кабельной продукции в РФ. Данная компания называется ООО “Ламифил”, находящаяся в городе Углич Ярославской области. Поясним принцип, заложенный в такие компактные провода, благодаря которому возможно увеличение пропускной способности. Компактными эти провода называются, потому что они набираются вокруг стального троса из n-ого числа алюминиевых проволок, представляющих в сечении букву z. Благодаря такому решению, проволоки проводника будут максимально плотно прилегать друг к другу и, как следствие, обеспечивать более гладкую обтекаемую наружную поверхность, чем у провода типа АС. Данное преимущество компактных проводов позволит применять их в районах, имеющих сильные ветровые нагрузки, так как провода будут лучше противостоять ветровому давлению. [4]

Теперь опишем конкретный случай, для которого было необходимо подобрать способ увеличения пропускной способности ЛЭП. На территории города Липецка находится относительно недавно построенный микрорайон Елецкий и Университетский. Электроснабжение данных микрорайонов обеспечивает подстанция классом напряжения 110/10 кВ “Университетская”. Питание данная подстанция получает с подстанции классом напряжения 220/110/35 “Правобережная”. Передача электроэнергии от одной подстанции до другой организовано по ЛЭП “Правобережная-Центролит” с отпайкой на подстанцию “Университетская”. Так как в связи с разрастанием города данная линия электропередачи оказалась на территории земельных участков жилых домов, было принято решение о демонтаже отпайки на подстанцию “Университетская” от ЛЭП “Правобережная-Центролит” и запитывания подстанции от ЛЭП классом напряжения 110 кВ “Правобережная-Юго-Западная”, посредством организации отпайки на подстанцию “Университетская”.

Таким образом, при появлении отпайки на ЛЭП “Правобережная-Юго-Западная” образовалась дополнительная нагрузка на данную линию электропередачи, которая привела к тому, что ЛЭП начала работать в перегруженном режиме. Следовательно, было принято решение об увеличении пропускной способности.

При появлении данной отпайки на ПС “Университетская” мощность, передаваемая по ЛЭП будет составлять около 200 МВА. Данная мощность складывается из мощности двух подстанций, которые питает рассматриваемая линия электропередачи. При такой мощности сила тока будет равна ~524 А при напряжении 110 кВ. Если рассматривать стандартный

способ, позволяющий увеличить пропускную способность, то в соответствии со значением тока, который будет протекать по ЛЭП, необходимо выбрать провод типа АС-240/39 с токовым пределом равным 610 А. На рассматриваемой линии электропередачи используются опоры типа У-110-2. Данный тип опор, исходя из их технических характеристик, позволяет подвешивать провода типа АС сечений от 70 мм^2 до 240 мм^2. Однако мы рассматриваем уже существующую линию электропередачи, с уже расставленными по трассе ЛЭП опорами с определёнными длинами пролётов, рассчитанными относительно провода АС-185/43, используемый в данный момент на ЛЭП “Правобережная-Юго-Западная”. Следовательно, если рассматривать увеличение пропускной способности за счёт замены провода АС-185/43 на АС-240/39, то появиться необходимость корректировки длины пролётов ЛЭП, то есть необходимо будет переставлять опоры линии электропередачи, что повлечёт за собой большие экономические и трудовые затраты. Таким образом, для увеличения пропускной способности будем использовать провода типа АААС-242-2Z.

Далее, для доказательства преимущественного применения проводов типа АААС-242-2Z взамен АС-185/43 проведем их сравнение с проводами АС-240/39. Сравнение будем проводить по двум критериям: значение натуральной мощности, которой будет обладать линия электропередачи при тех или иных проводах, и однородность распределения электрического потенциала вокруг проводов фаз А,В,С первой и второй цепи.

Сравнение по значениям натуральной мощности будет проведено с помощью математических расчётов по общеизвестным формулам. При этом такой расчёт проведем в упрощённой форме, считая, что линия электропередачи будет идеальной, то есть активное сопротивление r_0=0 и активная проводимость g_0=0. Для расчёта и визуализации распределения электрического потенциала вокруг провода воспользуямся возможностями программы Elcut, в которой произведём визуализацию магнитных полей, возникающих вокруг проводников вовремя передачи электрической энергии. Расчёт произведем для ВЛ-110 кВ длиной 10 км относительно проводов типа АС-240/39 и АААС-242-2Z, которые обладают характеристиками, представленными ниже.

Провод АС-240/39:

- диаметр 21,6 мм;
- сечение 236 мм^2;
- сопротивление 0,12 Ом/км;
- максимально допустимый ток 610 А. [5]

Провод АААС-Z242-2Z:

- диаметр 19,9 мм;
- сечение 246,02 мм^2;
- сопротивление 0,13 Ом/км;
- максимально допустимый ток 572 А.

Для начала расчёта в программе Elcut была построена геометрическая модель опоры ЛЭП с подвешенными на неё проводами. На рисунке 1 приведена данная модель. Для наглядности сравнения двух проводов на одной опоре были подвешены два типа провода, то есть правая цепь представлена проводом типа АААС-Z242-2Z, а левая цепь - АС-240/39.

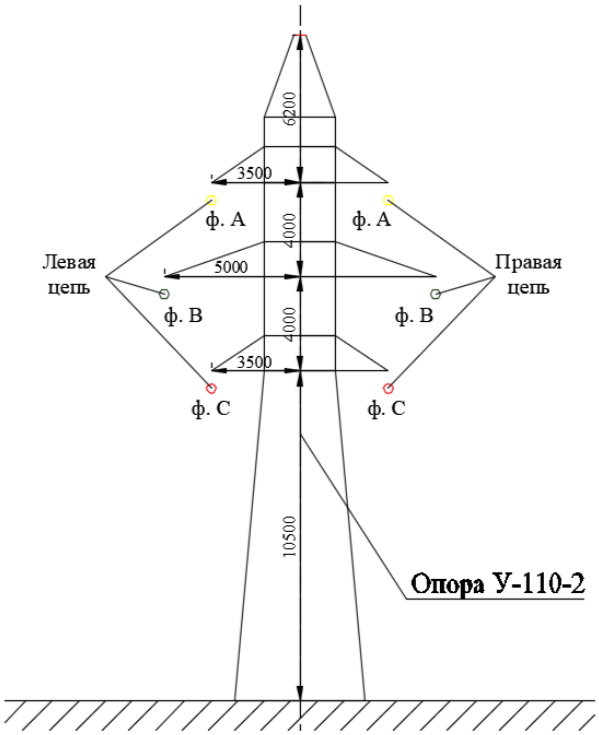


Рисунок 1 – Модель опоры ЛЭП с проводами

Далее, подставив все необходимые значения, требующиеся для расчёта: длина линии электропередачи; частота сети; диаметр и сечение проводов; магнитная проницаемость окружающей среды – воздух: 1; электропроводность проводников; номинальное напряжение сети; активное сопротивление; индуктивность линии электропередачи. После задания всех требующихся для расчёта значений программа произведёт расчёт и выполнит визуализацию распределения электрического потенциала.

Следующим этапом проведем расчёт пропускной способности линии электропередачи классом напряжения 110 кВ. Натуральная мощность линии электропередачи будет вычислена для идеализированной ЛЭП, то есть активное сопротивление r_0=0 и активная проводимость g_0=0. Так как натуральная мощность ВЛ зависит от волнового сопротивления линии, то расчёт будет проведён, учитывая волновое сопротивление. Также учтём, что индуктивное сопротивление ВЛ зависит от взаимного расположения фаз и диаметра провода. Расчёт проведём, пользуясь общеизвестными формулами. [6]

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, после проведения моделирования и расчёта пропускной способности было получено следующее. Провода типа АС-240/39 и АААС-Z242-2Z будут в равной степени влиять на рядом стоящие электроустановки (возникновение наведённого напряжения), так как, судя по модели, изолинии, показывающие распределение потенциала вокруг провода правой и левой цепи, практически симметричны относительно осевой линии опоры У-110-2. Результат расчёта представлен на рисунке 2.

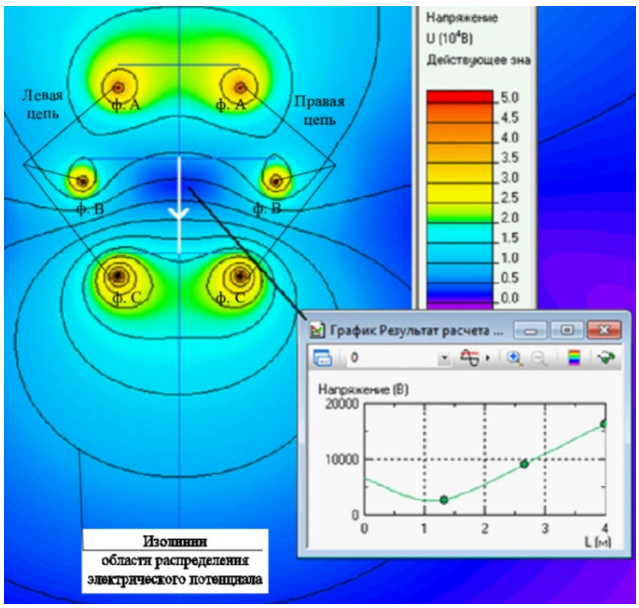


Рисунок 2 – Визуализация распределения потенциала

Расчёт значения натуральной мощности для проводов типа AAAC-Z242-2Z и AC-185/43 был сделан при использовании одной и той же опоры ВЛ типа У-110-2 и при таком же расположении проводов на опоре ВЛ. Сравнительные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные результаты

Марка провода	$D_{ср}$, м	d, мм	x_0, Ом/км	b_0*10^{-6}, См/км	$z_в$, Ом	i, $А/м^2$	$P_{нат}$, МВт	Масса, кг/км
AC-240/39	5,26564	21,6	0,402	2,808	378,36	2,18	31,98	952
AC-185/43	5,26564	19,6	0,408	2,76	383,37	2,83	31,56	846
AAAC-Z242-2Z	5,26564	19,9	0,407	2,78	382,84	2,12	31,61	654

В таблице указаны основные характеристики провода, такие как диаметр, масса, сопротивление, проводимости, плотность тока, мощность.

ВЫВОДЫ

Моделирование процесса распределения показало, что распределение потенциала вокруг провода практически идентично друг другу у проводов типа AC-240/39 и AAAC-Z242-2Z. Математический расчёт натуральной мощности ВЛ (пропускной способности) показал преимущество проводов типа AAAC-Z242-2Z. Данные провода, обладая массой 654 кг/км против 846 и 952 кг/км и диаметром 19,9 мм против 19,6 и 21,6 у проводов типа AC-185/43 и AC-240/39, имеют значение пропускной способности 31,61 МВт, которая отличается от пропускной способности AC-185/43 на 50 кВт. Также провода AAAC-Z242-2Z имеют токовый предел 572 А при нагреве до 70ºС, который на 62 А больше, чем у проводов AC-185/43. Таким образом, при замене проводов типа AC-185/43 на AAAC-Z242-2Z мы будем иметь увеличение натуральной мощности на 50 кВт, длительно-допустимого тока на 62 А и уменьшение массы пролетов провода 298 кг на 1 км длины. В итоге всё это позволит увеличить пропускную способность ЛЭП, уменьшив при это массу провода, что как следствие положительно скажется на механической надежности опор ВЛ, так как снизится нагрузка на траверсы опор в точках креплений проводов.

Список использованных источников:

1. Колосов С.В. Повышение пропускной способности ВЛ: анализ технических решений / С.В. Колосов, С.В. Рыжов, В.Е. Сюткин // Энергетическая стратегия. – 2013. – С. 40-45.

2. Desai V. Enhancement of Transient Stability of Power System with Variable Series Compensation / V. Desai, V. Pandya, A. Markana // Journal of Engineering Research and Development. – 2015. – P. 62-88.

3. Чеканова М.А. Увеличение пропускной способности ЛЭП путём использования проводов нового поколения // Образование, наука, производство. – 2015. – №7. – С. 3143-3148.

4. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Стандартинформ, 2006. – 60 с.

5. ГОСТ 839-80. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. 24 с.

6. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. СПб.: ДЕАН, 2005. 463 с.

Санксарян Н.Ж., магистр направления «Электроэнергетика и электротехника»
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
Научный руководитель: Зацепина В.И. д.т.н., профессор кафедры электрооборудования «ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

INCREASING THE CAPACITY OF THE ELECTRIC SUPPLY NETWORK OF THE AGRICULTURAL COMPLEX

Sanksaryan N.Zh., Zatsepina V.I.

Lipetsk State Technical University

Annotation. The purpose of the work. To consider the problem of limited capacity of power transmission lines (PTL). Also consider the specific case of power line overload due to insufficient capacity. Materials and methods. In the course of the work, standard and relatively new methods are described to increase the transmission capacity of power lines. One of the promising methods was chosen as a basis, after which a comparative calculation was made showing the advantage of the proposed solution. Magnetic fields around power line wires were also simulated. The results of the study. The result of the work is confirmation of the fact of the predominant use of the proposed solution. The result is also a simulation of the potential distribution.

Keywords: carrying capacity, compact wires, z-type, power line.

Sanksaryan N.Zh., Master of Science in Electrical Power Engineering and Electrical Engineering, Lipetsk State Technical University
Scientific supervisor: V.I. Zatsepina Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Equipment, Lipetsk State Technical University

УДК 681.51:621.865.6:628.977.9:631.234

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ ТЕПЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

И.В. Артамонов, В.И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Аннотация: *В работе рассмотрена возможность применения роботизированной системы в качестве метода диагностики освещения тепличного хозяйства. Природного освещения перестает хватать для полноценного роста и развития растений, что является неблагоприятными условиями для выращивания культур. Эта проблема решается с помощью искусственного освещения. Искусственное освещение нуждается в своевременном обнаружении неисправностей его работы. Для этого необходимо регулярно выполнять осмотр освещения. Цель работы – рассмотреть возможность внедрения роботизированной системы по поиску нарушения работы в освещении теплиц. Задачи работы – описать работу роботизированной системы, рассмотреть диагностическое оборудование, рассмотреть алгоритм работы. По ходу выполнения работы было выбрано диагностическое оборудование для осмотра освещения. Так же было выбрано вспомогательное оборудование, которое позволяет контролировать показатели окружающей среды помещения необходимые для эффективного развития растений. Построен и описан алгоритм работы роботизированной системы, описаны основные нарушения которые может выявить роботизированная система.*

Ключевые слова: *роботизированная система, робот, осмотр, диагностика, теплица, освещение, урожайность, растение.*

Введение.

Для эффективного роста растений необходимо обеспечить тепличное хозяйство достаточным уровнем освещения. Освещение, проникая в теплицу оказывает непосредственное влияние на развитие растения. Окружающий мир играет роль источника энергии, необходимой для преобразования неорганических объектов в органические. Благодаря этому процессу, растения приобретают все необходимые свойства для полноценного роста. Без освещения растения начинают созревать неправильно, теряя энергию для вырабатывания органических веществ. В разные сезоны года количество часов естественного освещения меняется, поэтому необходимо поддерживать идеальную работу искусственного освещения [1], ведь цель искусственного освещения – воссоздание свойств естественного освещения. [2]. Цель работы – рассмотреть возможность внедрения роботизированной системы по поиску нарушения работы в освещении теплиц. Задачи работы – описать работу роботизированной системы, рассмотреть диагностическое оборудование, рассмотреть алгоритм работы.

Материалы и методы исследования.

Для выявления нарушений в работе освещения теплиц, роботизированная система имеет следующее диагностическое оборудование:

Роботизированная система проводит свою работу с помощью диагностического

оборудования, которое установлено непосредственно на корпусе. Для получения информации о состоянии светильников в теплице, роботизированная система получит данные: внешнего вида светильников (анализ работоспособности и загрязненности оборудования) при помощи установленной видеокамеры; определит уровень освещенности в помещении с помощью установленного люксметра [3]; измерит температуру источника света в рабочем состоянии при помощи встроенного в роботизированную систему тепловизора. [4].

Кроме осмотра освещения, роботизированная система может быть оборудована различными датчиками для осмотра качества роста растений. Установленная видеокамера сможет следить за прогрессом роста растений, определять различные изменения в тканях растений. При помощи приводных механизмов, возможна реализация оценки качества грунта с помощью дополнительных датчиков с щупом. [5]. Такой анализ почвы может определить недостатки и излишки питательных веществ, наличие вредных веществ и pH уровень. При ранних выявлениях недостатков почвы – поступит раннее решение проблемы и предотвращение различных заболеваний растений, а также уменьшит вероятность возникновения различных вредителей. Наличие дополнительного термометра позволит круглосуточно измерять и следить за отклонениями значений температуры помещения от нормальных значений.

После выполнения полного осмотра состояния освещения в теплице, роботизированная система сохраняет данные для последующего анализа неисправностей путем сравнения полученных данных. Для полного анализа и понимания состояния оборудования, в роботизированную систему вносятся идеальные значения показателей диагностического оборудования для осветительных приборов. Такие же значения можно внести в программное обеспечение и для показателей почвы и растений.

Роботизированная система может проводит осмотр электрического оборудования как самостоятельно, так и дистанционно – управление может взять оператор, выполняя свою работу удаленно. Роботизированная система подключена к сети интернет по средству беспроводной связи, что позволит получить доступ к данным в режиме реального времени. Оператор может отслеживать состояние оборудования в режиме реального времени. [6] Это позволяет провести осмотр самостоятельно, если автоматизированная система нашла какой-либо дефект и удостовериться в его наличии.

Принцип работы роботизированной системы заключается путем программирования идеального состояния каждого вида светильника. [7]. В случае обнаружения неисправности роботизированная система подает сигнал на сервер, и диспетчер выполняет необходимые мероприятия по устранению этих неисправностей.

В состоянии покоя (рис.2) роботизированная система ведёт круглосуточное видеонаблюдение и замер температуры. В случае возникновения неисправности, например, повышение температуры в теплице или её снижение, роботизированная система подает особый сигнал на сервер. В случае диагностики оборудования (рис.1), роботизированная система сравнивает полученные показания оборудования приборов с рабочими показателями. Если показатели отличаются, то роботизированная система подает особый сигнал на сервер. Если все в норме, формируются показатели для финальной отправки на сервер, которая происходит в конце осмотра всей подстанции.

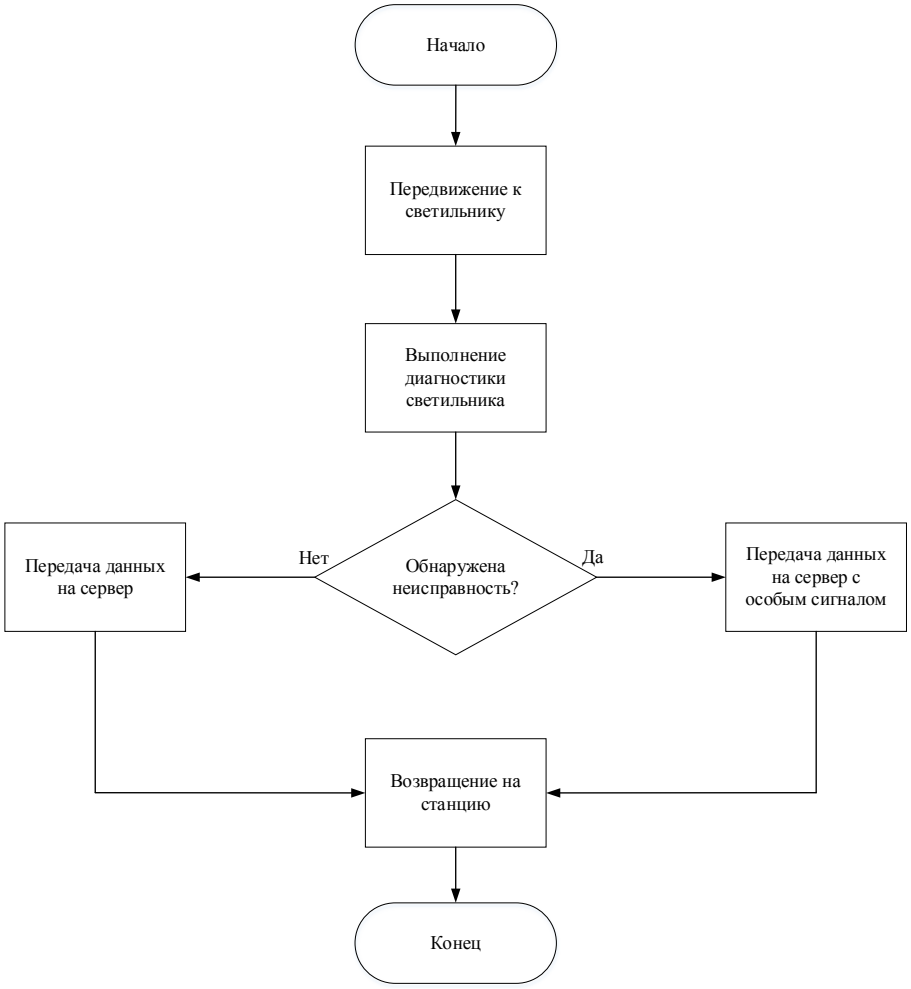


Рисунок 1 – Алгоритм работы роботизированной системы

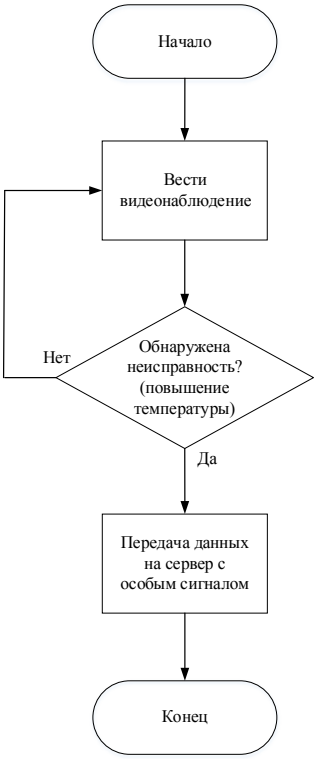


Рисунок 2 – Алгоритм работы роботизированной системы в состоянии покоя

Результаты исследования и их обсуждение.

С помощью своего диагностического оборудования, роботизированная система сможет выявить и предотвратить последующее прогрессирование возникновения нарушений условий для роста растений:

- нарушения в работе освещения;
- выявление избыточной, либо недостаточной температуры помещения;
- нарушения показателей питательных веществ в почве;
- контроль роста растений, а также возникновение различных заболеваний растений.

Кроме того, роботизированная система способна определить показатели окружающей среды в помещении такие как: повреждения системы полива, отопления и охлаждения. Контроль всех показателей необходимых для тепличного хозяйства, способна взять роботизированная система на себя, не привлекая человека к этим действиям.

Вывод.

Использование роботизированной системы может увеличить эффективность работы тепличного хозяйства. Диагностическое оборудование, выбранное в качестве контроля состояния освещения, может полностью справляться с своей работой. Вспомогательное оборудование роботизированной системы, выбранное в качестве контроля состояния почвы и окружающей среды, может полностью заменить постоянный контроль показателей с которыми приходится сталкиваться человеку.

Список использованных источников:

1. Сулейманов В.О. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц [Текст] / В.О. Сулейманов, Е.Е. Мезенцев, А.В. Козлов // Инновационная наука. – 2020 – С. 130-134.

2. Савушкина А.Э. Автоматические системы управления уровнем освещения в теплицах [Текст] / А.Э. Савушкина, М.С. Палагин, Е.А. Овсянникова // Актуальные вопросы энергомашиностроения, нефтяной и газовой отрасли. – 2021 – С. 198-204.

3. Добрицкая А.В. Цифровой люксметр [Текст] / А.В. Добрицкая, В.В. Котович // Метрологическое обеспечение инновационных технологий. – 2021 – С. 435-436.

4. Кирилович Ю.Г. Влияние освещения на выращивание растений вв теплицах с системой закрытого грунта [Текст] / Ю.Г. Кирилович, Е.В. Латкова, Н.Ю. Латков // Инновационная наука. – 2021 – С. 37-40.

5. Байдельдинов М.У. Разработка системы автоматического управления теплицами [Текст] / М.У. Байдельдинов, А.С. Абдраимова // World science: problems and innovations. – 2017 – С. 127-130.

6. Кобахия Н.В. Применение робототехники на подстанциях [Текст] / Н.В. Кобахия, Л.А. Дарьян // Энергоэксперт. – 2021 – С. 40-46.

7. Долгих П.П. Критерии оценки эффективности источников излучения для теплиц [Текст] / П.П. Долгих, Л.А. Дарьян // Эпоха науки. – 2018 – С. 96-99.

Артамонов Илья Владимирович, магистрант, e-mail: ilya484277@mail.ru;
Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, профессор, e-mail: vizatsepina@yandex.ru
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

DIAGNOSTICS OF THE GREENHOUSE LIGHTING CONDITIONS USING A ROBOTIC SYSTEM

Artamonov Ilya Vladimirovich,
Zacepina Violeta Iosifovna.
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Abstract: The paper considers the possibility of using a robotic system as a diagnostic method for greenhouse lighting. Natural lighting is no longer enough for the full growth and development of plants, which is unfavorable conditions for growing crops. This problem is solved with the help of artificial lighting. Artificial lighting needs timely detection of malfunctions of its operation. To do this, it is necessary to regularly inspect the lighting. The purpose of the work is to consider the possibility of introducing a robotic system to search for malfunction in greenhouse lighting. The tasks of the work are to describe the operation of the robotic system, to consider the diagnostic equipment, to consider the algorithm of operation. In the course of the work, diagnostic equipment was selected to inspect the lighting. Auxiliary equipment was also selected, which allows you to control the environmental parameters of the room necessary for the effective development of plants. The algorithm of operation of the robotic system is constructed and described, the main violations that the robotic system can detect are described.

Keywords: robotic system, robot, inspection, diagnostics, greenhouse, lighting, yield, plant.

Artamonov Ilya Vladimirovich, student, e-mail: ilya484277@mail.ru;
Zacepina Violeta Iosifovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vizatsepina@yandex.ru
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

УДК 669.018.52:54-161:621.315.1:621.3.015.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОТ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Н. Я. Илюшов

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, СибИМЭ

Аннотация. *Для защиты оборудования подстанций от высокочастотных перенапряжений необходимо не только уменьшать амплитуду входного импульса, но и демпфировать его. Наиболее перспективно для этого использование частотнозависимого устройства (ЧЗУ), сопротивление и индуктивность которого растут с ростом частоты входного сигнала и которое подключается к подстанции последовательно. На промышленных частотах данное устройство проводит рабочие токи без потерь, на высоких частотах, например, при грозовых импульсах, сопротивление устройство резко возрастает благодаря аномальному скин-эффекту. В разработанном в 2014 году ЧЗУ в качестве проводящего слоя используется лента из аморфного сплава 5БДСР. Относительная магнитная проницаемость данной ленты составляет 50000, что оказалось мало для эффективной защиты оборудования подстанций. Разработка новых устройств, имеющих иную форму самого ЧЗУ или его проводников, также оказалось не в состоянии обеспечить эффективную защиты оборудования подстанций. Необходим новый подход или новые материалы для увеличения эффективности защитных свойств разрабатываемых частотнозависимых устройств.*

Ключевые слова: *высокочастотные перенапряжения, частотнозависимое устройство, аморфные сплавы, скин-эффект, крутизна импульса.*

Введение. Электрические сети, являющиеся наиболее протяженным объектом из всех созданных человеком, регулярно подвергаются воздействию высокочастотных перенапряжений, возникающих в сетях, например, в результате ударов молнии или коммутации разъединителей. Подобные перенапряжения наиболее опасны для устройств, имеющих индуктивный характер, то есть в первую очередь для трансформаторов подстанций. Так, в обмотках трансформатора под действием высокочастотных импульсов перенапряжения возникают переходные процессы, приводящие к перенапряжениям на главной изоляции, то есть изоляции обмотки относительно заземления, и на продольной изоляции между соседними витками обмотки. При этом большая часть приложенного к изоляции напряжения распределяется в начальной части обмотки, причем чем выше крутизна фронта импульса перенапряжения, тем между меньшим числом витков распределяется напряжение и тем более вероятен пробой изоляции обмотки на данном участке. Данная проблема до сих пор полностью не решена и особенно она актуально для районов, где сопротивление грунта достаточно высоко, например, для горной местности, или для северных районов с вечной мерзлотой, где грозовой период хоть и не продолжителен, но отличается высокой активностью. Поэтому по-прежнему необходимо разрабатывать новые методы и способы защиты оборудования подстанций от высокочастотных перенапряжений, особенно для расположенных в названных районах.

Целью данного исследования является анализ достоинств и недостатков

разработанных методов защиты и определение основных направлений работы по увеличению эффективности данных защитных средств.

В сетях до 35 кВ включительно для защиты изоляции от внутренних перенапряжений даже не обязательно использовать какие-либо дополнительные защитные средства, для этого вполне достаточно самого уровня имеющейся изоляции. Для защиты от грозовых перенапряжений основным мероприятием можно считать обустройство режима изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтрали. В качестве резервной меры грозозащиты используется автоматическое повторное включение (АПВ) [1].

Для грозозащиты в сетях 110…220 кВ применяют тросы, заземление опор, молниеотводы, искровые промежутки, разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН). Уже из этого перечня видно, что все современные способы защиты оборудования от высокочастотных перенапряжений включаются последовательно между токоведущим проводом и землей, то есть параллельно защищаемому объекту. Все это приводит к тому, что в районах с грунтами, имеющими высокое сопротивление, эффективность использования ОПН резко снижается, а использование разрядника практически невозможно. Во-вторых, принцип защиты ОПН и разрядников направлен на снижение амплитуды входного импульса перенапряжения, делая его безопасным для главной изоляции, но практически не влияя на крутизну фронта данного импульса. Следовательно, ОПН и разрядники, даже при устройстве заземления, соответствующего нормативам, способны эффективно снижать уровень перенапряжений, воздействующих на главную изоляцию трансформатора, но не способны защитить его продольную изоляцию, снижая тем самым вероятность возникновения межвитковых замыканий в обмотках трансформаторов [2].

Еще одно устройство для защиты оборудования от высокочастотных перенапряжений было разработанное в Новосибирском государственном техническом университете в 2014 году. Данное устройство, названное частотнозависимым или ЧЗУ, по замыслу разработчиков должно было обеспечивать защиту оборудования подстанций за счет усиления скин-эффекта в специальном проводящем слое ЧЗУ [3].

Известно, что электрический ток в проводнике распространяется не равномерно по всему сечению этого проводника, а только в приповерхностном слое, причем с ростом частоты входного сигнала толщина проводящего слоя уменьшается, а сопротивление проводника соответственно возрастает. То есть сопротивление проводящего слоя проводника при частоте сигнала промышленной частоты 50 Гц должно быть меньше, чем его сопротивление в случае прихода, например, грозового импульса, частота которого составляет порядка 200 кГц. В обычных алюминиевых или медных проводах сопротивление проводящего слоя с приходом грозового импульса перенапряжения увеличивается максимум в 30-50 раз, что явно недостаточно для защиты оборудования. Но если поверх того же алюминиевого провода создать еще и слой на основе специального материала, имеющего высокую магнитную проницаемость, например, из аморфной ленты, то общее сопротивление проводника за счет того, что электрический ток будет стремиться перейти из алюминия в аморфную ленту, будет возрастать в десятки и даже сотни тысяч раз. То есть теоретически ЧЗУ способно снизить амплитуду входного импульса перенапряжения до безопасного значения, причем, чем выше частота данного импульса, тем больше будет сопротивление проводящего слоя ЧЗУ и тем надежнее оно будет защищать оборудование [3].

Материалы и методы. Как уже отмечалось выше, для оборудования подстанций, имеющего индуктивный характер, например, для трансформаторов, не так страшна

амплитуда импульса перенапряжения, как высокая крутизна его фронта. Уменьшение крутизны фронта импульса, то есть увеличение длительности его фронта в ЧЗУ решается благодаря спиралеобразной форме устройства, геометрические размеры которого были рассчитаны методом компьютерного моделирования с помощью специально разработанных программ. Общий вид частотнозависимого устройства, смоделированный по данной программе, представлен на рисунке 1 [3].

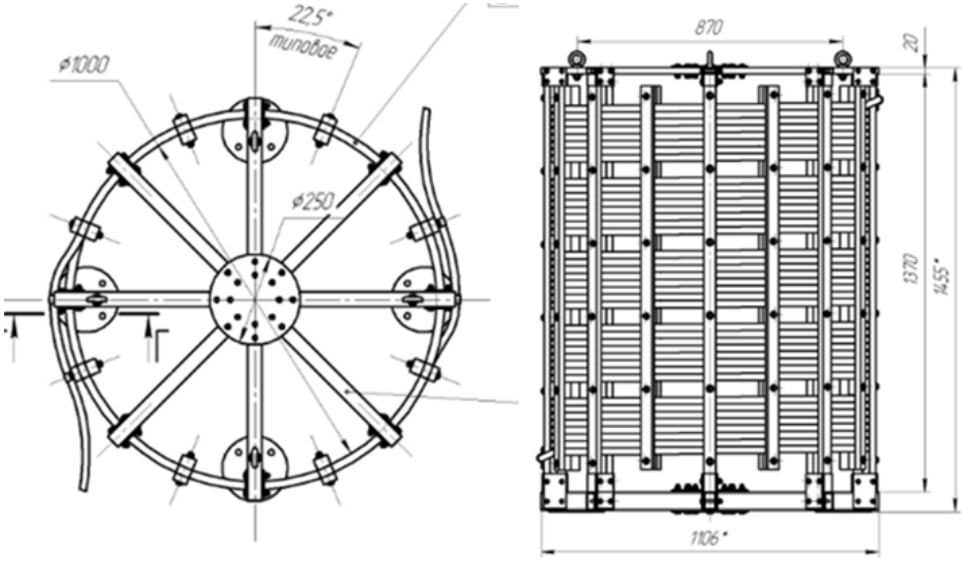


Рисунок 1 – Общий вид конструкции ЧЗУ

В целом ЧЗУ представляет собой изолированный алюминиевый провод с плотно намотанной в несколько слоев по его поверхности специальной аморфной ленты и уложенный в спираль на металлическое основание. Численный анализ эффективности применения данного устройства, показал, что установка ЧЗУ такой формы для защиты оборудования подстанций 110 кВ должна существенно изменять форму воздействующих на защищаемое оборудование волн высокочастотных перенапряжений. Так, например, время нарастания амплитуды импульса перенапряжения должно увеличиваться примерно с 0,3 мкс до 2,5 мкс, снижая тем самым крутизну импульса в 8-9 раз и обеспечивая этим надежную защиту продольной изоляции трансформаторов [4]. Для этого конструктивно ЧЗУ должно иметь размеры не меньше указанных на рисунке 1 и общую длину провода не менее 120 м.

По результатам компьютерного моделирования были собраны 3 опытных образца ЧЗУ, в дальнейшем установленные для испытания на ПС 110 кВ Сугмутская в филиале Ноябрьские электрические сети АО «Тюменьэнерго» Замеры сопротивления и индуктивности опытных образцов ЧЗУ, проведенные по методу амперметра-вольтметра, также показали существенное изменение характеристик устройств под действием скин-эффекта с ростом частоты входного сигнала. Результаты измерений характеристик одного из трех опытных образцов приведены в таблице 1 [3]

Подобные результаты стали возможны не только благодаря смоделированной форме устройства, но и за счет применения в качестве проводящего материала специальной аморфной ленты 5БДСР, данные о физических свойствах которой приведены в таблице 2 [3].

Таблица 1 - Результаты измерения по ЧЗУ

Характеристики ЧЗУ	Показатели характеристик опытного образца							
Частота *F*, кГц	0,05	1	5	10	50	100	150	200
Полное сопротивление *Z,* Ом	0,5	9,56	42,64	90,74	442,9	920,2	1521	2369
Активное сопротивление *R,* Ом	0,09	0,6	1,34	5,7	27,81	57,78	95,47	148,8
Индуктивность *L,* мГн	1,572	1,519	1,357	1,41	1,407	1,462	1,61	1,882

Данная лента представляет собой нанокристаллический магнитомягкий сплав (FeNbCuCoBSi), получаемым скоростной закалкой расплава на поверхности быстровращающегося охлаждающего барабана. Достоинствами ленты является высокая индукция при низкой коэрцитивной силе, низкие потери на перемагничивание при высоких частотах, близкая к нулю магнитострикция, высокая магнитная проницаемость, которая зависит от способа термомагнитной обработки и может достигать значения 50 000, а также её высокое удельное электросопротивление.

Таблица 2 - Физические свойства ленты из аморфных сплавов 5БДСР

Температура Кюри , ^{0}C	350
Температура начала кристаллизации, ^{0}C	530
Плотность, г/см^3	7,6
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м	1,6
Максимальная температура длительного применения, ^{0}C	240
Индукция насыщения, Тл	1,3

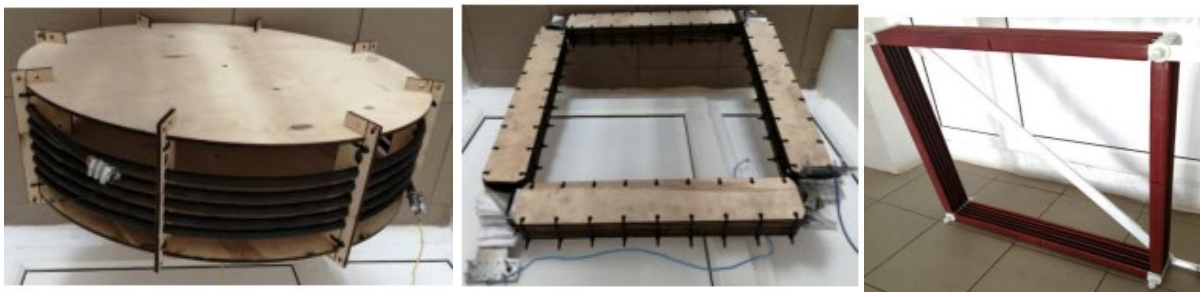
К сожалению, анализ эффективности применения ЧЗУ, проведенный по методу моделирования воздействия различных волн перенапряжения с амплитудой 1,0 и формой 1,2/50 мкс, показал, что несмотря на то, что ЧЗУ резко увеличивает длительность фронта импульса перенапряжения и снижает амплитуду данного импульса, частотнозависимое устройство начинает быть эффективным для защиты оборудования подстанций от грозовых перенапряжений, имеющих частоту до 200 кГц, только тогда, когда на грозовых частотах его активное сопротивление превышает 100 Ом, а индуктивность составляет 2,5 мГн и выше. Но если активное сопротивление порядка 100 Ом проводящий слой из аморфной ленты 5БДСР обеспечивает легко, то необходимых значений индуктивности устройства ни один из опытные образцов показать не смог.

Результаты и обсуждение. И хотя по результатам опытно-промышленной эксплуатации трех опытных образцов ЧЗУ на ПС110 кВ Сугмутская в течении 4-х лет было признано, что на выходе устройства за данный период, не смотря на регистрацию на входе ЧЗУ с помощью специальной системы мониторинга импульсов высокочастотных перенапряжений различного происхождения, на выходе устройства никаких возмущений зарегистрировано не было, эти испытания нельзя назвать полностью успешными. Во-первых, испытания проводились на ПС, находящейся в районе с минимальной грозовой активностью, где за время опытно-промышленной эксплуатации на входе ЧЗУ был зарегистрирован всего

лишь один мощный входной импульс с амплитудой порядка 350 кВ в июне 2018 года. Поэтому и было рекомендовано перенести ЧЗУ в районы с большей грозовой активностью. Во-вторых, также было рекомендовано для увеличения надежности защиты дорогостоящего оборудования подстанций использовать ЧЗУ в комплекте с ОПН, который должен включаться между фазой и землей, что практически невыполнимо из-за высокого сопротивления грунта.

Увеличить индуктивности ЧЗУ на грозовых частотах возможно и, более того, это возможно сделать даже несколькими способами. Например, можно увеличить длину проводящего кабеля, которая в опытных образцах составляла 120 метров, но это неминуемое приведет к существенному увеличению и без того немалого веса ЧЗУ. Можно изменить геометрические размеры, например, диаметр основания катушки ЧЗУ или расстояние между её витками, можно изменить саму форму устройства, но это лишь незначительно изменит его характеристики и довольно значительно усложнит его сборку.

Так, в работе [6] были показаны новые образцы ЧЗУ различной формы, как с круглыми, так и с плоскими проводниками, разработанные для ВЛ 35 кВ. Принцип защиты всех новых образцов, некоторые из которых представлены на рисунке 2 [7], также, как и в ЧЗУ, разработанном для ВЛ 110, основывается на аномальном скин-эффекте, для чего в образцах была так же была использована все та же аморфная лента 5БДСР



а) б) в)

Рисунок 2 – образцы ЧЗУ:
а) с круглым проводником; б) с плоским многослойным проводником; в) с плоским однослойным проводником.

Результаты измерений сопротивления данных образцов показывают, что наиболее высокое сопротивления на грозовых частотах имеет ЧЗУ с плоским однослойным проводником (рисунок 2, в), но, несмотря на то, что его сопротивление на частоте 200 кГц почти на 40% превышает сопротивление ЧЗУ, разработанного для ВЛ 110 кВ, данный образец имеет свой существенный недостаток - проблему соединений плоских проводников. Плоский проводник нельзя просто согнуть и уложить вокруг основания, для того чтобы собрать подобное устройство требуется механическое соединение отдельных полос проводника и каким бы это соединение не было, на болтах или на сварке, оно обладает повышенным активным сопротивлением. ЧЗУ, работающее на основе скин-эффекта, должно быть подключено к подстанции последовательно и при этом не ограничивать рабочий ток на промышленной частоте [8], но в случае механических соединений неминуемо будут возникать повышенные потери электроэнергии даже при нормальном режиме работы сети, что недопустимо. Новые образцы с круглым проводником вообще не показывают какого-либо преимущества перед ЧЗУ, разработанным в 2014 году

Выводы. Исходя из всего вышеизложенного, наиболее перспективным способом

улучшения характеристик частотнозависимого устройства, на мой взгляд, является использование вместо ленты 5БДСР других аморфных сплавов. Так, Ашинский металлургический завод в настоящее время наладил выпуск аморфной ленты на основе кобальта 82КЗХСР, которая при практически таких же физических свойствах, за исключением температуры Кюри, как и лента 5БДСР, имеет относительную магнитную проницаемость не менее 100000, то есть в два раза большую, чем 5БДСР [9]. Использование таких материалов, а еще лучше новых и специально разработанных для увеличения μ_r, позволило бы не только надежно защитить оборудование подстанций от высокочастотных перенапряжений, но и значительно снизить габаритные размеры и вес новых ЧЗУ, что значительно облегчит их установку и сделает их более привлекательными для использования.

Список использованных источников:

1. Халилов Ф.Х. Средства защиты от перенапряжений. Молниезащиты и электромагнитная совместимость в электроэнергетике. С-Петербург, Издание НОУ «Центр подготовки кадров энергетики», 2012.

2. Гумерова Н.И., Грязнов И.Ю., Смирнов О.В. Грозовые токи и ОПН // Сборник докладов 8-й научно-технической конференции по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности «Эмс-2004». – СПб., 2004. – С.60-65.

3. Илюшов Н.Я. Разработка и исследование частотнозависимого устройства для подавления высокочастотных перенапряжений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск, НГТУ, 2014 г.

4. Илюшов Н.Я. Эффективное средство защиты электрооборудования от высокочастотных перенапряжений // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт, 2015. №4. С.18-24.

5. Протокол технического совета АО «Тюменьэнерго» на тему: «Рассмотрение результатов опытно-промышленной эксплуатации опытных образцов продукции, полученных в результате НИОКР». Сургут, 2018.г.

6. Ломан В.А. Исследование и совершенствование способа подавления высокочастотных перенапряжений с помощью частотнозависимого устройства. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск, НГТУ, 2022 г.

7. Ломан В.А. Исследование и совершенствование способа подавления высокочастотных перенапряжений с помощью частотнозависимого устройства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск, НГТУ, 2022 г.

8. Korobeynikov S. M., Ilyushov N. Y., Lavrov Y. A., Shevchenko S. S., Loman V. A. High-frequency transients suppression at substation // IEEE international conference on high voltage engineering and application: summ. book of ICHVE 2018, Greece, Athens, 10–13 Sept. 2018. – Athens: IEEE, 2018. – P. 508.

9. Лента из аморфных магнитомягких сплавов на основе кобальта // https://amet.ru/buyers/product/tape/23/?print=Y

Николай Яковлевич Илюшов,
Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
e-mail: kamchatka1234@rambler.ru

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, СибИМЭ, р.п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерации.

THE USE OF AMORPHOUS ALLOYS TO PROTECT ELECTRICAL NETWORKS FROM HIGH-FREQUENCY OVERVOLTAGES

Nikolay Yakovlevich Ilyushov1,

Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, SibIME, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation.

Annotation. To protect substation equipment from high-frequency overvoltages, it is necessary not only to reduce the amplitude of the input pulse, but also to dampen it. The most promising way to do this is to use a frequency-dependent device (CHZ), the resistance and inductance of which grow with increasing frequency of the input signal and which is connected to the substation in series. At industrial frequencies, this device conducts lossless operating currents, at high frequencies, for example, during lightning pulses, the resistance of the device increases sharply due to an abnormal skin effect. A tape made of an amorphous 5BDSR alloy is used as a conductive layer in the CZU developed in 2014. The relative magnetic permeability of this tape is 50,000, which turned out to be insufficient for effective protection of substation equipment. The development of new devices having a different form of the control unit itself or its conductors also proved unable to provide effective protection of substation equipment. A new approach or new materials are needed to increase the effectiveness of the protective properties of the frequency-dependent devices being developed.

Keywords: high-frequency overvoltages, frequency-dependent device, amorphous alloys, skin effect, pulse steepness.

Nikolay Yakovlevich Ilyushov,
Candidate of Technical Sciences, leading researcher, e-mail: kamchatka1234@rambler.ru
Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, SibIME, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation.

УДК 631.433.53:047.58:048.43:631.234+681.537

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ОБЛАКА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА И СПОСОБЫ ЕГО КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Владыкин И. Р., Иванов М. А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет»

Аннотация: *Математическая модель распределения углекислого газа (CO_2) в сооружении защищенного грунта является важным инструментом для понимания и оптимизации условий роста растений. Она позволяет предсказать, как CO_2 будет распределяться внутри сооружения, учитывая факторы, такие как вентиляция, площадь и форма сооружения, количества растений, и другие факторы. Для моделирования поведения газового облака распространения углекислого газа в сооружениях защищенного грунта была поставлена цель экспериментально изучить поведение газа в управляемых условиях и провести расчеты, направленные на получение математической модели распределения углекислого газа. Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы, а также основываясь на собственных работах по данной теме проведены исследования, которые были сравнены с математической моделью распределения углекислого газа. Для проверки выдвинутых гипотезы была разработана математическая модель распределения технологического диапазона углекислого газа на основании Y-функции Вейерштрасса Исследования показали адекватность математически модели, которой можно описать изменение концентрации газа в рабочей зоне действия установки.*

Ключевые слова: *математическое моделирование, углекислый газ; сооружения защищенного грунта; автоматизация, функция Вейерштрасса.*

Введение: Углекислота наряду с питательными веществами, светом и водой является одним из важнейших факторов для выращивания растений. Но углекислого газа, содержащегося в атмосфере, может не хватать. В современном растениеводстве все больше склоняются к использованию дополнительного оборудования, с помощью которого осуществляется подкормка растений CO_2. При этом улучшается контроль над процессами вегетации и цветения (плодоношения). Контроль концентрации CO_2 планируется проводить при помощи математической модели распределения углекислого газа [1, 2].

Можно будет выбрать для растения любую концентрацию CO_2, в то время как корректировка концентрации имеющимся оборудованием ограничена. Установки подкормки растений CO_2 могут быть полезны для управления культурой, в том числе процессом цветения и габитусом растений: для разных фаз развития культуры или при различной высоте растений могут использоваться форсунки разного сечения, а для отбора газов из котельной будет использована механическая задвижка и воздушный насос [3, 4, 5].

Целью исследования является расчет математической модели распределения технологического диапазона распределения углекислого газа в сооружении защищенного грунта.

Материалы и методы. Проведены расчеты математичкой модели распределения углекислого газа, а также смонтирована экспериментальная установка по дозированной подаче углекислого газа и собраны данные по поддержанию требуемого уровня углекислого газа.

Результаты и обсуждение. В целях исследования распространения газового облака углекислого газа в сооружениях защищенного грунта, а также для изучения факторов, влияющего на него, нами были проведены экспериментальные исследования параметров газового облака на созданном прототипе установки подачи углекислого газа (рис. 1 «А» и «Б»), на рисунке 1 «А» указано следующее: 1-Водяной затвор; 2-Блок питания установки; 3-Компрессор; 4-Ресивер; 5-Камера сгорания с газоотводной трубкой.

1-Water gate; 2-Electric power source; 3-Air compressor; 4-Storage; 5-Combustion chamber

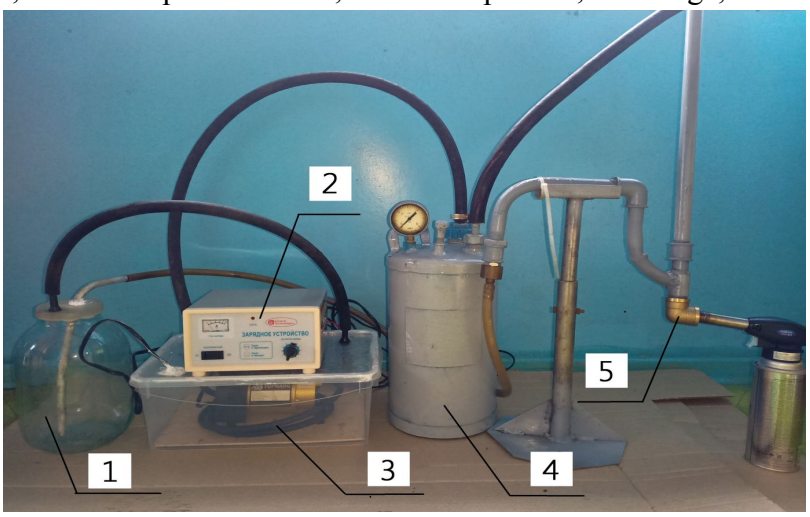


Рисунок 1 «А» - Общий вид силовой части установки

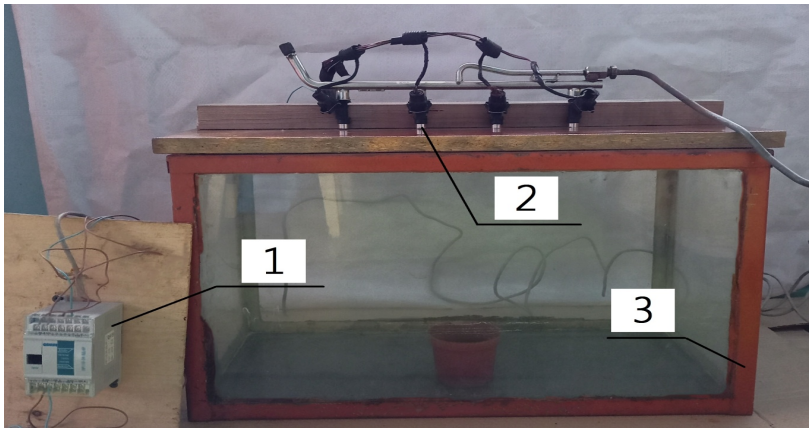


Рисунок 1 «Б» - Общий вид рабочей части установки

На рисунке 1 «Б» указано следующее: 1-Микроконтроллер; 2-Электромагнитные форсунки; 3-герметичный корпус, имитирующий сооружение защищенного грунта.

1-Microcontroller; 2-Electromagnetic nozzles; 3-sealed housing

При монтаже установки подкормки растений углекислым газом использовались общедоступные средства. Для распыления газа смонтировали электрофорсунки в крышку емкости, эмитирующую сооружение защищенного грунта, при этом форсунки способны дозировано подавать CO_2 в объем моделируемого сооружения защищенного грунта. Для

поддержания нужного давления используется компрессор на входе в систему, забирающий часть газов от импровизированной котельной. В качестве дополнительной подкормки растений в будущем предполагается использовать отсекающий клапан, который буден насыщать воду углекислым газом. [6, 7, 8]

Для контроля и поддержания необходимой концентрации углекислого газа используется программируемое реле, которое в свою очередь получает необходимую информацию от датчиков.

Проведенные нами в предыдущих работах [7, 9, 10] анализ электрооборудования, технологий и способов подкормки возделываемых культур углекислым газом показал, что его концентрация в рабочем объеме регулируется с помощью такого исполнительного механизма, как электромагнитная форсунка (рис. 2).

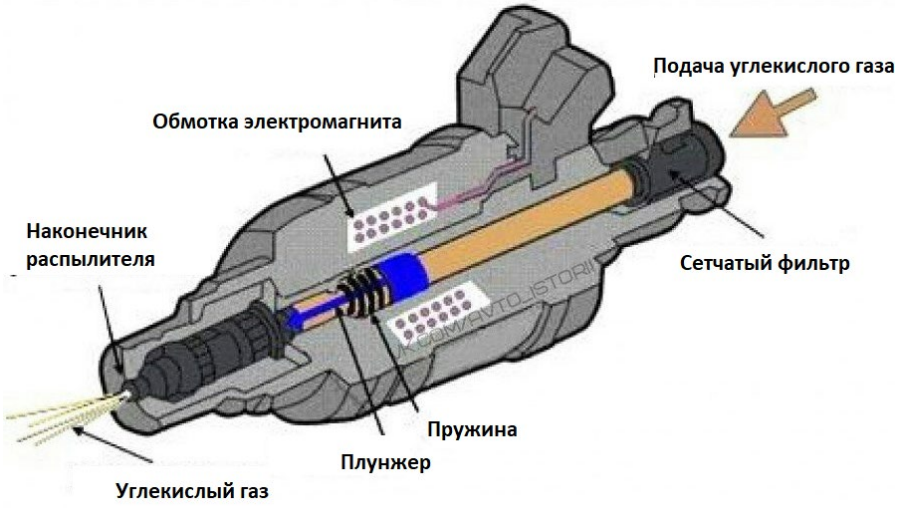


Рисунок 2 - Электромагнитная форсунка

В нашей математической модели мы вдвигаем гипотезу, что концентрация углекислого газа распределяется подобно фигуре вращения – конус, полюсом которого является ортодоксальная точка C_0 или сопло электромагнитной форсунки. (рис.3)

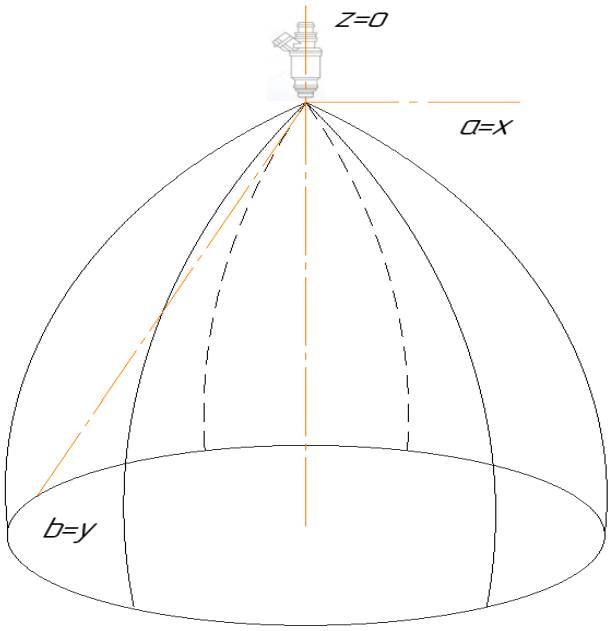


Рисунок 3 - Распределение газа в момент распыления

Для проверки выдвинутых гипотезы была разработана математическая модель

распределения технологического диапазона углекислого газа на основании *Y*-функции Вейерштрасса.

Функции Вейерштрасса ב и σ не является эллиптической функцией, однако может быть использована для построения эллиптической функции с заданными особенностями, что нам и требуется, по следующему определению:

$$\sigma(z) = \prod_{\substack{m,\ n \\ m^2+n^2\neq 0}} \left(1 - \frac{z}{mw_1 - nw_2}\right) exp\left[\frac{z}{mw_1 - nw_2} + \frac{z^2}{2(mw_1 - nw_2)^2}\right]$$
$$= -\sigma(-z)$$

$$ב(z) = \frac{1}{z^2} + \sum_{\substack{m,\ n \\ m^2+n^2\neq 0}} \left[\frac{1}{(z - mw_1 - nw_2)^2} + \frac{1}{(mw_1 + nw_2)^2}\right] = ב(-z)$$

,где w_1 и w_2 – наименьшие периоды экспериментальных значений фракталов, описывающих эллиптическую функцию.

Стоит отметить, что сумма и произведение распространяются по всем целым (положительным и отрицательным, и нулевым) значениям m и n. При этом, согласно определению Вейерштрасса, отношение w_1 и w_2, не является вещественным, а m и n независимо друг от друга могут пробегать все положительные и отрицательные целые числа, которые мы условно принимаем за границу установленного нами интервала углекислого газа, следовательно, в нашем устройстве значения m и n принимают значений, показывающее вершину и впадину синусообразной кривой.

$$\frac{\sigma'(z)}{\sigma(z)} = ב(z)$$

Если учитывать, что периоды w в функции Вейерштрасса, как правило, обозначаются через $2w_1$ и $2w_2$, то необходимо ввести следующее обозначение:

$$2ב\left(\frac{w_1}{2}\right) = \eta_1$$
$$2ב\left(\frac{w_2}{2}\right) = \eta_2$$

Если использовать разложение в ряды, то получим разложение функций $\sigma(z)$ в ряды Лорана в окрестности точки z=0. При этом эллиптическая функция второго рода имеет вид:

$$\sigma(z + mw_1 + nw_1) = (-1)^{m+n+mn}\sigma(z)exp\left[(m\eta_1 + n\eta_2)(z + \frac{mw_1 + nw_2}{2}\right],$$

Так как наша эллиптическая функция f(z) выражается через σ функцию, следовательно, приобретает следующий вид:

$$f(\mathrm{z}) = \mathrm{C}\frac{\sigma(\mathrm{z} - \mathrm{a}_1)\,\sigma(\mathrm{z} - \mathrm{a}_2)\ldots\sigma(\mathrm{z} - \mathrm{a}_\mathrm{r})}{\sigma(\mathrm{z} - \mathrm{b}_1)\,\sigma(\mathrm{z} - \mathrm{b}_2)\ldots\sigma(\mathrm{z} - \mathrm{b}_\mathrm{k})}$$

,где

a1, a2… - расчетные показания датчиков, расположенных на оси X, ppm

b1, b2 … - расчетные показания датчиков расположенных на оси Y, ppm

z – показания концентрации углекислого газа в точке контроля, ppm

C – заданное значение концентрации углекислого газа, ppm

$$\mathrm{y} = -0.1861x^2 + 1.8613x - 0.1874$$

при этом x – это показания датчика углекислого газа в точке z, ppm

,а расчетные показания датчиков углекислого газа b и a рассчитываются из выше

приведенной формулы.

Адекватность представленной нами модели заключается в ее способности точно отражать физические процессы, происходящие внутри сооружения, и предсказывать концентрацию CO_2 в различных точках пространства. Для достижения этого, модель должна быть основана на достоверных экспериментальных данных, учитывающих различных влияние факторов, таких как источники CO2, потоки воздуха и характеристики самого сооружения.

Для доказательства адекватности модели нами были подсчитаны доверительные интервалы отклонения +- 5 %, а также модель была обработана методом наименьших квадратов (рис. 4)

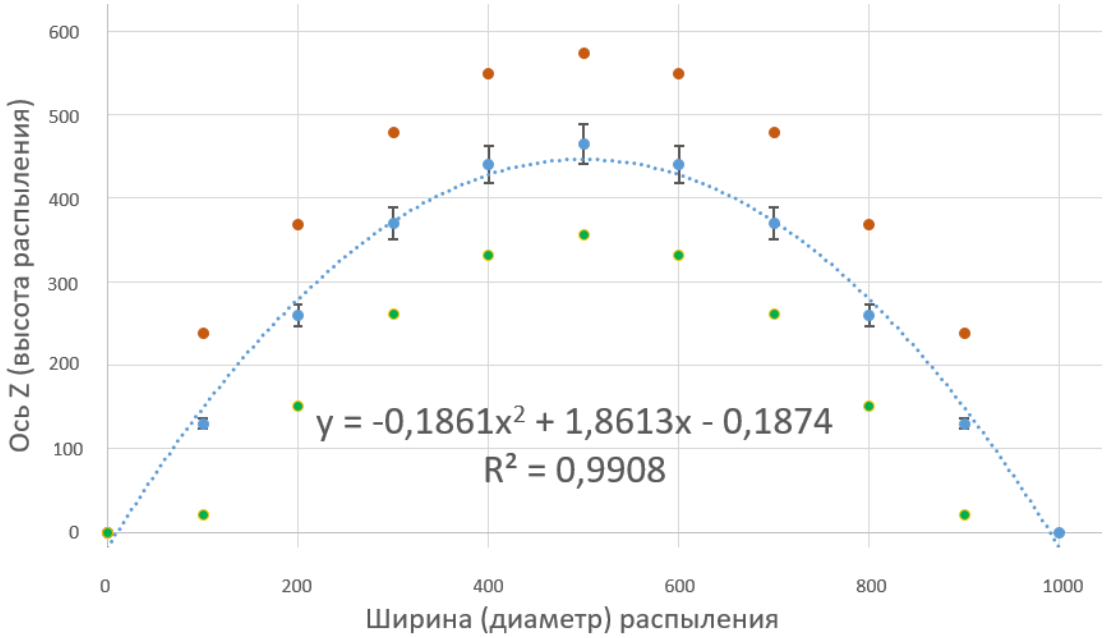


Рисунок 4 - Сечение зоны распыления углекислого газа

Выводы. Анализ рис. 4 позволяет сделать вывод, что наша модель полностью адекватна и с её помощью можно математически описать изменение концентрации газа в рабочей зоне действия установки.

Список использованных источников:

1. Ващенко С.Ф. Овощеводство защищенного грунта - М:. Колос, 1974. –С. 94-102
2. Clarke D.W., Gawthrop P.G. Implementation and Application of Microprocessor-Based Self-Tuners Automatic. 1981. V. 17, 1. P. 233-24
3. Техническое оборудование / Научно-информационный журнал «Гавриш» - М. - 1998. -№3 С. 18-22.
4. Шпилько А.В., Драгайцев В.И., Морозов Н.М., и др. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 1 – методика. М.: МСХиП РФ, ВНИЭСХ. 1998.
5. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
6. Владыкин И.Р. Елесин И.С. Разработка математической модели уровня углекислого газа с учетом взаимосвязанного влияния микроклиматических параметров в защищенном грунте/Владыкин И.Р. Елесин И.С.// Инновации в сельском хозяйстве.-2016. -

№. 3(18). – с. 353-357.

7. Владыкин И.Р. Анализ существующих технологий подкормки культур защищенного грунта углекислым газом /Владыкин И.Р. Иванов М.А., Владыкина Е.И., Владыкин Д.И.// Вестник ВИЭСХ.-2021. - №. 2021(3). – с. 51-56.

8. Elesin, I. The investigation of energy-efficient technologies of carbon dioxide fertilization of biological objects in greenhouses [Text]/ Vladykin I, Kochurova O. // Yale Review of Education and Science, 2015, No.1. (16), (January-June). Volume V. “Yale University Press”, 2015. – Connecticut, USA, P. 736-742.

9. Владыкин И.Р. Управление электрофорсунками для подкормки углекислым газом растений в защищенном грунте /Владыкин И.Р. Иванов М.А., Владыкина Е.И., Владыкин Д.И.// Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. N4(45). С. 137-142. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-137-142 (выпуск №4(45)/2021).

10. Владыкин И.Р., Иванов М.А. Исследование режимов работы электрооборудования подкормки растений углекислым газом в защищенном грунте // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70. N1(50). С. 75-80. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-1-75-80. EDN DDFKNS.

Bibliographic list.

1. Vashchenko S.F. Vegetable growing in protected soil - M:. Kolos, 1974. –S. 94-102

2. Clarke D.W., Gawthrop P.G. Implementation and Application of Microprocessor-Based Self-Tuners Automatic. 1981. V. 17, 1. P. 233-24

3. Technical equipment / Scientific information magazine “Gavrish” - M. -1998. -No. 3 P. 18-22.

4. Shpilko A.V., Dragaytsev V.I., Morozov N.M., et al. Methodology for determining the economic efficiency of technologies and agricultural machinery. Part 1 – methodology. M.: MSHIP RF, VNIESKH. 1998.

5. Samarsky A.A., Mikhailov A.P. Mathematical Modeling: Ideas. Methods. Examples. – M.: Fizmatlit, 2001. – 320 p.

6. Vladykin I.R. Elesin I.S. Development of a mathematical model of carbon dioxide level taking into account the interrelated influence of microclimatic parameters in protected ground / Vladykin I.R. Elesin I.S. // Innovations in agriculture. - 2016. - No. 3(18). - With. 353-357.

7. Vladykin I.R. Analysis of existing technologies for fertilizing protected soil crops with carbon dioxide / Vladykin I.R. Ivanov M.A., Vladykina E.I., Vladykin D.I. // Vestnik VIESKh.-2021. - No. 2021(3). - With. 51-56.

8. Elesin, I. The investigation of energy-efficient technologies of carbon dioxide fertilization of biological objects in greenhouses [Text]/ Vladykin I, Kochurova O. // Yale Review of Education and Science, 2015, No.1. (16), (January-June). Volume V. “Yale University Press”, 2015. – Connecticut, USA, P. 736-742.

9. Vladykin I.R. Control of electric nozzles for feeding carbon dioxide to plants in protected ground / Vladykin I.R. Ivanov M.A., Vladykina E.I., Vladykin D.I. // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2021. T. 68. N4(45). pp. 137-142. DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-4-137-142 (issue No. 4(45)/2021).

10. Vladykin I.R., Ivanov M.A. Study of operating modes of electrical equipment for feeding plants with carbon dioxide in protected soil // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2023. T. 70. N1(50). pp. 75-80. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-1-75-80. EDN DDFKNS.

Владыкин Иван Ревович[1],
доктор технических наук, профессор;
Иванов Максим Александрович[1],
аспирант, e-mail: mitim1995@mail.ru;
[1]*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный аграрный университет», 426069, Удмуртская Республика, Ижевск город, Студенческая улица, 11*

MODELING OF THE DISTRIBUTION OF A CARBON DIOXIDE GAS CLOUD IN PROTECTED GROUND STRUCTURES AND METHODS OF ITS CONTROL USING ELECTRICAL EQUIPMENT

Ivan R. Vladykin, Maxim A. Ivanov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Udmurt State Agrarian University»

Annotation. The mathematical model of the distribution of carbon dioxide (CO_2) in the construction of protected soil is an important tool for understanding and optimizing plant growth conditions. It allows you to predict how CO_2 will be distributed inside the structure, taking into account factors such as ventilation, the area and shape of the structure, the number of plants, and other factors. To simulate the behavior of a gas cloud of carbon dioxide propagation in protected ground structures, the goal was to experimentally study the behavior of gas under controlled conditions and to carry out calculations aimed at obtaining a mathematical model of carbon dioxide distribution. The analysis of domestic and foreign literature was carried out, as well as based on their own work on this topic, studies were conducted that were compared with a mathematical model of carbon dioxide distribution. To test the hypotheses put forward, a mathematical model of the distribution of the technological range of carbon dioxide was developed based on the Weierstrass function «Y». Studies have shown the adequacy of a mathematical model that can describe the change in gas concentration in the operating area of the installation.

Keywords: mathematical modeling, carbon dioxide; protected ground structures; automation, Weierstrass function.

Ivan R. Vladykin [1],
Doctor of Technical Sciences, Professor;
Maxim A. Ivanov[1],
postgraduate student

[1]*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Udmurt State Agrarian University»*

UDC 621.31.003.13:[631.1+911.372.93]

IMPROVING THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLY SYSTEMS FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SPARSELY POPULATED AREAS

Kirill M. Pronin, Violetta I. Zatsepina

LSTU

Abstrac. *The study focuses on improving the efficiency of electricity supply systems in neighbourhoods, including agricultural enterprises and sparsely populated areas. The work identifies key problems related to network deterioration, lack of incentives for improvement and insufficiently qualified personnel. It analyses methods for optimising electricity networks, including the selection of line cross sections and materials, reactive power compensation and the use of redundant transmission lines. The study also discusses parameter control and monitoring systems, as well as techniques for assessing renewable energy potential.*

Keywords*: power supply, system efficiency, energy loss reduction, reactive power compensation, parameter control, grid monitoring, renewable energy sources.*

INTRODUCTION

Improving the efficiency of electricity supply in rural areas where agricultural enterprises and settlements are included will increase the overall efficiency of agriculture. This will be achieved by reducing production losses due to power outages and poor power quality. There will also be an improvement in the standard of living of rural residents, which contributes to more sustainable living and retention in rural areas. There is currently no universally accepted definition of efficiency in electricity supply systems, making it difficult to establish uniform methods to increase efficiency

THEORY OF THE QUESTION

The main reasons for the low efficiency of electricity supply in rural areas are related to the deterioration of rural electricity networks, which in some regions is 75% or more. However, there are also methodological problems hindering efficiency improvement. First of all, it is the lack of incentives for power grid companies and consumers to improve the system, as well as insufficient qualification of electrical engineering personnel at agricultural enterprises and power grid organisations [1]. These factors inhibit the introduction of new equipment and technologies, making it difficult to improve the situation.

The efficiency of power supplies is an indispensable characteristic when studying their performance characteristics. To accurately estimate the power rating, the measurement must be precise. It is recommended to use precision meters including wattmeters or power analysers to accurately measure input and output power for reliable calculation of its efficiency [2]. To ensure successful measurements, the cables must be connected correctly and the correct voltage must be measured. For AC measurements, an electronic AC source should be used to avoid any errors. In addition, electromagnetic interference from the device under test and electromagnetic noise in the surrounding environment must also be taken into account.

To get the most accurate estimate of efficiency, it is critical to measure the performance of your device over a range of temperatures and operating times. Temperature variations as well as

duration are important elements to consider when evaluating overall efficiency [3]. Generally, the efficiency of a power supply is expressed as a percentage and can range from 60% to 95% depending on the type of power supply. High efficiency power supplies have efficiencies of 80% or higher, while standard power supplies have efficiencies between 60% and 75%. Knowing the typical efficiency of a power supply can help you choose the right power supply for your needs.

One of the main difficulties is the lack of an effective system for monitoring the failure of rural electricity networks and the condition of equipment, including transmission lines, as well as insufficiently developed methodologies for assessing the potential for utilising local power sources. This leads to unsuccessful projects and an outdated approach to the design of rural electricity networks, which reduces their reliability and quality of electricity supply. Problems are also associated with insufficient automation, control and regulation of rural power grids due to the focus on the development of industrial and urban grids. Addressing these problems requires a systematic approach and the development of a methodology to improve the efficiency of electricity supply in rural areas.

METHODS AND MATERIALS

In this study, a comprehensive approach was used, including the analysis of literature sources. Mathematical modelling methods were used to optimise the parameters of power grids. Comparative analyses of the efficiency of various technological solutions in the field of reactive power compensation and power supply monitoring were carried out.

RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The quality of the power supply is an indispensable factor to consider with regard to energy consumption and operating costs. An inefficient power supply will undoubtedly lead to high energy bills, increased heat generation, and the possibility of system breakdowns. A highly efficient power supply saves energy and reduces operating costs, making it an ideal choice for both residential and commercial applications [4].

In addition, an inefficient power supply can adversely affect system performance by causing voltage fluctuations and instability. A high-efficiency power supply with stable power ensures that system components receive the power they need to operate efficiently. So, what is a typical power supply efficiency rating? Typical power supply efficiency depends on the type of power supply and its intended use. Standard power supplies have efficiencies between 60% and 75%, while high-efficiency power supplies have efficiencies of 80% or higher. Power supply efficiency is expressed as a percentage and measures the ratio of output power to input power.

To ensure safe and trouble-free operation of power supplies, the Environmental Protection Agency (EPA) and the Department of Energy (DOE) set strict performance standards that must be met before any product can be released to consumers. This ensures that all products meet basic energy efficiency standards. When it comes to choosing the best efficiency rating for a power supply, you need to consider your specific needs. If you are using a power supply for home or office use, an efficiency of 80% is more than enough to save energy and reduce operating costs [5].

On the other hand, if you require something with higher performance, such as servers or data centres, then opting for equipment with at least 90% efficiency or higher will ensure maximum performance and energy savings. When selecting a power supply, it is also important to consider other factors such as supply voltage, UL listed certification, and manufacturer reputation, as these factors can have a significant impact on the efficiency, safety, and reliability of the power supply.

Moreover, UL listed products are the gold standard for safety certification, whereas UL recognised products are usually only certified for one aspect such as flammability. In addition, opting for a modular design is advantageous as it reduces cable tangles and further minimises energy loss in powering your system [6]. A number of measures can be taken to reduce power losses during transmission from the power plant to the end users. For example, the proper selection of cross sections and materials of transmission lines, as well as determining the optimum number and capacity of transformers in substations. The use of reactive power compensation devices also helps to reduce losses.

In addition, electricity losses can be reduced by switching to higher voltages in the external and internal power networks of enterprises. In this case, it is worth considering technical and economic aspects, as higher voltages require more insulators and stronger supports. One of the effective methods is the inclusion of reserve power lines in operation. This reduces energy losses in the supply lines, especially if the backup line is used together with the main line. It is also important to minimise the number of transformations, as each transformation results in energy losses. When designing the power supply system, it is necessary to consider the load schedule and select the optimum number of transformers based on technical and economic calculations.

In order to reduce losses, it is also useful to switch off the power transformers during non-operating periods, which avoids idle losses and increases the power factor. At the same time, it is important not to compromise the reliability of the power supply. Monitoring of electrical parameters is an integral part of ensuring stable operation of electrical installations and maintaining specified operating modes, as well as for detecting and eliminating unbalanced loads in electrical networks. These measurements are carried out when setting up automatic power regulators, short-circuit and overload protection systems, as well as to assess the efficiency of electricity utilisation [7].

Monitoring is carried out continuously using accurate measuring instruments installed on control desks and control panels. If necessary, periodic more accurate measurements are made. When selecting instrumentation, the characteristics of the equipment to be monitored, such as voltage, frequency and overload capacity, must be taken into account and appropriate instrumentation used for monitoring. Many industrial plants have significant reactive power requirements for normal equipment operation. Reactive power creates additional power losses and requires increased conductor cross sections and transformer capacity. However, it is possible to compensate for reactive power, thus reducing or completely eliminating its impact on the system. This is achieved by placing reactive power generators at different points in the power system, which provides more efficient use of electricity and reduces losses.

In order to achieve the goals of import substitution in the field of providing power supply systems with domestic developments, it is necessary to carry out the following activities:

1. to study and adapt the best world experience in improving the efficiency of power supply systems for consumers.

2. Analyse and systematise the experience of rural electrification and power supply of rural consumers.

3. Develop methods and equipment to improve the efficiency of rural electricity supply systems.

4. To create production of equipment for automation of rural electrical networks.

5. To develop and introduce equipment for monitoring systems of power supply reliability and quality of supplied electricity in rural areas.

6. To develop equipment for educational purposes and organise its production.

7. To develop and promote standards, recommendations, guidelines and bills for the use of the developed tools to improve the efficiency of electricity supply systems in rural areas.

8. Develop techniques for evaluating renewable energy opportunities and create automation equipment for small-scale power generation.

9. Conduct additional training (professional retraining and advanced training) for engineers, electrical and thermal engineering personnel of enterprises, energy companies, equipment manufacturers and other specialists in this field.

CONCLUSIONS

The development of these methods for improving consumer power supply systems will lead to a number of products and solutions:

1. Recommendations, instructions and rules for assessing the efficiency of rural electricity supply and methods for its improvement.

2. Methods, algorithms and equipment for sectionalisation and redundancy of electric networks, implementation of "smart" electric networks.

3. Monitoring systems for assessing the reliability of power supply and the quality of supplied electricity.

4. Monitoring systems for evaluation of technical condition of power supply elements.

5. Methodologies for assessing opportunities for utilisation of small and renewable energy sources.

6. Methods and equipment for joint utilisation of traditional power grids and small-scale generation facilities.

7. Techniques and equipment to improve the safety of rural power grid operation, including prevention of unauthorised connections of generating facilities.

8. Systems for technical connections to power grids, including methods for forecasting the volume of technical connections and justification of investment programmes for the development of power grids.

9. Recommendations and amendments to the rules in the field of energy sales activities aimed at improving subscriber accounting and equipping energy sales companies.

10. Technical and economic mechanisms to encourage consumers and power grid organisations to improve the efficiency of electricity supply systems.

The solutions presented above will significantly improve the reliability of electricity supply to the districts, ensure high quality of electricity supply, optimise the processes of technological connections to power grids and promote the use of small-scale energy facilities.

REFERENCES

1. Technical and economic ways to improve the efficiency of power supply systems for rural consumers / A. V. Vinogradov, V. E. Bolshev, A. V. Vinogradova [et al.] // Vestnik agrarnoi nauki Don. - 2019. - № 3(47). - C. 59-67. - EDN CDLIHP.

2. Vinogradov, A. V. Analysis of the main components of the efficiency of power supply systems for rural consumers / A. V. Vinogradov, A. V. Vinogradova // Bulletin of Kazan State Agrarian University. - 2019. - T. 14, № 3(54). - C. 96-102. - DOI 10.12737/article_5db967bc093eb8.49124573. - EDN ASYWLA.

3. Vygovskiy, M. O. Increasing the efficiency of the power supply system of the textile enterprise / M. O. Vygovskiy // Electric Power Engineering : Seventeenth All-Russian (ninth international) scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists:

conference materials. In 6 volumes, Ivanovo, 11-13 May 2022. Vol. 3. - Ivanovo: Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin. V.I. Lenin, 2022. - C. 45. - EDN RLIKOI.

4. Ivanova, E. V. Increasing the efficiency of the power supply system and power consumption of GMZ TOO "SGHK" through modernisation of power transformers / E. V. Ivanova, K. B. Dymkov // The Scientific Heritage. - 2022. - № 90(90). - C. 136-139. - DOI 10.5281/zenodo.6616223. - EDN OAGBNB.

5. Improving the efficiency of the power supply system for linear consumers of oil and gas pipelines / P. A. Cherkassky, S. V. Klimentiev, M. A. Astashov, D. O. Umrikhin // Bulatov Readings. - 2021. - VOL. 2. - P. 234-237. - EDN YPSSQT.

6. Improving the efficiency of the electric power supply system of motor transport / K. V. Khatsevskiy, A. A. Sidorenko, V. E. Belyakov [et al.] // Bulletin of Innovative Eurasian University. - 2020. - № 1(77). - C. 92-101. - DOI 10.37788/2020-1/92-101. - EDN PGVNUC.

7. Abramovich, B. N. Improving the efficiency of autonomous electrical complexes of oil and gas enterprises / B. N. Abramovich, I. A. Bogdanov // Notes of the Mining Institute. - 2021. - T. 249. - C. 408-416. - DOI 10.31897/PMI.2021.3.10. - EDN VBNNKN.

Pronin Kirill Mikhailovich, postgraduate student of gr. EKS-23-2, LSTU, 398055, Russia, Lipetsk, 30, Moskovskaya str., graboidd@mail.ru
Zatsepina Violetta Iosifovna, PhD (technical sciences), associate professor, LSTU, 398055, Russia, Lipetsk, 30, Moskovskaya str., vizatsepina@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И МАЛОНАСЕЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Пронин Кирилл Михайлович, Зацепина Виолетта Ивановна
ЛГТУ

Аннотация. Исследование сосредоточено на повышении эффективности систем электроснабжения микрорайонов, включая сельскохозяйственные предприятия и малонаселенные районы. В работе выявлены ключевые проблемы, связанные с изношенностью сети, отсутствием стимулов для улучшения и недостаточно квалифицированным персоналом. Анализируются методы оптимизации электрических сетей, включая выбор сечений линий и материалов, компенсацию реактивной мощности и использование резервных линий электропередачи. В исследовании также обсуждаются системы контроля и мониторинга параметров, а также методы оценки потенциала возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: электроснабжение, эффективность системы, снижение потерь энергии, компенсация реактивной мощности, управление параметрами, мониторинг сети, возобновляемые источники энергии.

Пронин Кирилл Михайлович, аспирант гр. ЭКС-23-2, ЛГТУ, 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30,graboidd@mail.ru
Зацепина Виолетта Иосифовна, кандидат технических наук, доцент, ЛГТУ, 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30, vizatsepina@yandex.ru

УДК 628.854.322.001.5:631.24(24)

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНОМ ХРАНИЛИЩЕ

Ш.К. Яхшибоев, Ж.Д. Садыков, Ш.Ю. Саматова, С.Б. Абдиназаров, С.Ю. Чориева

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы математического моделирования теплообменных процессов при движении воздуха по подземному вентиляционному каналу. Для хранения сельскохозяйственной продукции в хранилищах необходимо поддержания определенного температурно-влажностного режима. Решить этот вопрос возможно только с охлаждением и кондиционированием воздуха в хранилище.*

Но хранения сельскохозяйственной продукции в хранилищах требует больших затрат и это отражается на стоимости хранимой сельскохозяйственной продукции. Для решения этой задачи надо разрабатывать оптимальных вариантов хранилищ. К таким относятся вариант подземного хранилища, относящиеся к так называемым «безмашинным холодильникам», т.е. отсутствует холодильная установка. Охлаждения хранилища осуществляется способом аккумуляции холода в грунтовом массиве окружающий данного хранилища. Характерное время заложено в критерии Fo, остальные величины представляют собой комплекс теплофизических характеристик взаимодействующих сред - грунта и воздуха, для каждого конкретного случая необходимо знать $e^{-n\cdot Z} = f(Fo)$. *Использования математического моделирования является более актуальным для практического изучения данного процесса и даёт наиболее точные результаты и получены кривые зависимости. Данный график даёт наглядную картинку изменения температуры приточного воздуха при движении в одиночном подземном вентиляционном канале во времени. Он может служить пособием для корректировки параметров наружного воздуха, поступающего в хранилище после прохождения по подземному вентиляционному каналу при условии, что в начальном сечени канала* t_0*= const. Такие подобные графики могут строиться на объектах с конкретными характеристиками наружного воздуха, окружающего канал массива грунта при данных размерах подземного вентиляционного канала. Математическая модель (компьютерная программа) который составлена на требуемом уровне описывает процессы подогрева и охлаждения грунтового массива и дает возможность в зависимости от входных параметров наружного воздуха получить требуемые научные результаты. Эту математическую модель можно усовершенствовать с применением новых научных разработок в области математического моделирования и теплофизики и на базе систем элементов автоматики дает возможность оптимального использования аккумулированного холода в исследуемом объекте.*

Ключевые слова: *охлаждение, кондиционирование воздуха, аккумуляция, теплообмен, вентиляционный канал, теплоотдача, теплопроводность, математическая модель.*

Введение. Для длительного хранения сельскохозяйственной продукции в хранилищах обычного типа необходимо поддержания определенного температурно-влажностного режима[1]. С разработкой теории охлаждения и кондиционирование воздуха, с изобретением

холодильных установок появилось возможность решить этот вопрос. Но применения этого способа хранения требует больших затрат и это отражается на стоимости хранимой сельскохозяйственной продукции, то есть продукт становится дороже. Что и поставит задачу разрабатывать оптимальных вариантов хранилищ. К таким относятся вариант подземного хранилища, относящиеся к так называемым «безмашинным холодильникам», т.е. отсутствует холодильная установка. Охлаждения хранилища осуществляется способом аккумуляции холода в грунтовом массиве окружающий данного хранилища[7,8].

Аккумуляция холода в грунтовом массиве осуществляется двумя способами:

1. Аккумуляция холода сквозным проветриванием хранилища (“пассивный” метод аккумуляции);

2. Аккумуляция холода с применением грунтовых теплообменников (“активный” метод аккумуляции).

Эти две методы аккумуляции холода можно произвести в отдельности или одновременно одним или двумя центробежными вентиляторами.

Задачей об изменении параметров воздуха при движении в одиночных подземных вентиляционных каналах, т.е. в грунтовых теплообменниках, занимались П.Н.Смухин, К.Ван-Хеерден, Е.В.Стефанов[2-4] наиболее важный вклад в решение задач, характеризующих изменение параметров воздуха при движении в одиночных подземных вентиляционных каналах, был сделан Е.В.Стефановым[4,5] Им было получено аналитическое решение задачи, когда температура приточного воздуха в начальном сечении канала постоянна или меняется во времени по закону периодической функции, а проведённые экспериментальные исследования позволили получить зависимости, удобные для практической оценки изменения температуры воздуха при движении в одиночных подземных вентиляционных каналах[5,9-10] и величине относительного расстояния $\frac{x}{d} \angle 100$ от начального сечения канала до рассматриваемого.

Основная часть. При поступлении в канал воздуха с постоянной во времени температурой (стационарный процесс) эта зависимость имеет вид:

$$\frac{\mathbf{t}_{x,\tau} - \theta_{гр}}{\mathbf{t}_0 - \theta_{гр}} = e^{\frac{K \cdot F}{\gamma \cdot \vartheta \cdot c \cdot S} \cdot x} \qquad (1)$$

где $\mathbf{t}_{x,\tau}$ - температура воздуха в канале на расстоянии *x* (*м*) от начального сечения канала, ^{0}C;

$\theta_{гр}$ - температура окружающего канал массива грунта, ^{0}C**;**

$\mathbf{t}_0$ - температура воздуха в начальном сечении канала, ^{0}C**;**

- периметр канала, *м*;

F - площадь поперечного сечения канала, $м^2$;

γ , *c*- физические константы воздуха, принимаемые для средней температуры воздуха в канале;

x - расстояние от начального сечения канала до рассматриваемого, *м*;

ϑ - скорость движения воздуха в канале, *м/с*;

$K = \psi \cdot \alpha$- коэффициент нестационарного теплообмена между движущимся воздухом и массивом грунта при $t_0 = const$;

α- коэффициент теплоотдачи от движущегося воздуха внутренней поверхности канала и для процесса аккумуляции холода зимой при средних значениях:

$$\alpha = 4{,}16 \cdot \vartheta^{0{,}8} \cdot d^{-0{,}2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0{,}054} \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C},$$

или $$\alpha = 3{,}58 \cdot \vartheta^{0{,}8} \cdot d^{-0{,}2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0{,}054} \quad \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot {}^0C}$$

и для процесса использование аккумулированного холода весной и летом:

$$\alpha = 3{,}55 \cdot \vartheta^{0{,}8} \cdot d^{-0{,}2} \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}, \qquad \text{или} \qquad \alpha = 3{,}05 \cdot \vartheta^{0{,}8} \cdot d^{-0{,}2} \quad \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot {}^0C}$$

ψ - функция граничных условий, теплофизических и временных характеристик процесса или коэффициент распространения тепла для условий теплообмена воздуха, поступающего в подземный канал при t_0= *const,* который для $\frac{x}{d} \le 100$ характеризуется следующим значением:

$$\psi = 4{,}1 \cdot Fo^{-0{,}25} \cdot Bi^{-0{,}8} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0{,}4} \qquad (2)$$

где d - диаметр канала, *м*;

$\frac{x}{d}$ - относительное расстояние от начального сечения до рассматриваемого;

$Bi = \frac{\alpha \cdot r_0}{\lambda}$ - критерий подобия граничных условий;

$Fo = \frac{a \cdot \tau}{r_0^2}$ - критерий Фурье;

a - коэффициент температуропроводности грунта, $м^2/ч$;

r_0 - радиус канала, *м*;

τ - время, *ч*.

Проведенный анализ позволил область действия зависимостей для учёта степени охлаждения (использование аккумулированного холода) и нагревания (аккумуляции холода) приточного воздуха при движении в одиночных подземных вентиляционных каналах, что необходимо для выбора расчётных наружных температур при величине $\frac{x}{d} \le 100$.

С целью облегчения практического использования зависимости (1) были рассмотрены возможные пределы изменения входящих величин, и, зная значения коэффициента распространения тепла в окружающем массиве ψ и коэффициента теплоотдачи α, основное выражение (1) было представлено в окончательной форме. Тогда для случая аккумуляции холода зимой, т.е. нагревания приточного наружного воздуха при движении в подземном канале при $\frac{x}{d} \le 100$ выразится зависимостью вида:

$$\frac{\theta_{гр}-\mathbf{t}_x}{\theta_{гр}-\mathbf{t}_0}=e^{-0,4566\cdot Fo^{-0,25}\cdot Bi^{-0,8}\cdot \mathrm{Re}^{-0,2}\cdot \mathrm{Pr}^{0,65}\cdot\left(\frac{x}{d}\right)^{0,566}} \quad (3)$$

а процесс использование аккумулированного холода весной и летом, т.е. охлаждения приточного наружного воздуха при движении в одиночном подземном канале при $\frac{x}{d}\le 100$:

$$\frac{\mathbf{t}_x-\theta_{гр}}{\mathbf{t}_0-\theta_{гр}}=e^{-0,374\cdot Fo^{-0,25}\cdot Bi^{-0,8}\cdot \mathrm{Re}^{-0,2}\cdot\left(\frac{x}{d}\right)^{0,6}} \quad (4)$$

Так как правая часть в (3) и (4) является функцией произведения критериев, то для оценки

пределов её изменения необходимо оценить возможные пределы изменения данных критериев[7-10].

Выделим в (4) критериальное произведение и обозначим его через Z, тогда

$$Z=Fo^{-0,25}\cdot \mathrm{Bi}^{-0,8}\cdot \mathrm{Re}^{-0,2}\cdot\left(\frac{x}{d}\right)^{0,6} \quad (5)$$

где обозначим:

$$\psi_1=F_0^{-0,25}\cdot Bi^{-0,8} \quad (6)$$

$$\psi_2=\mathrm{Re}^{-0,2}\cdot\left(\frac{x}{d}\right)^{0,6} \quad (7)$$

$$Z=\psi_1\cdot\psi_2. \quad (8)$$

Рассмотрим пределы изменения ψ:

$$\psi_1=\left(\frac{a\cdot\tau}{r_0^2}\right)^{-0,25}*\left(\frac{\alpha\cdot r_0}{\lambda}\right)^{-0,8} \quad (9)$$

Здесь a, r_0, α, λ - величины заданные, а переменным является τ, т.е. время от начала процесса теплообмена воздуха с окружающим грунтом ($ч$). Коэффициент температуропроводности a и другие характеристики окружающего канал массива даны в СНиП и справочной литературе. С учётом того, что в реальных условиях почвы и грунты увлажнены, примем среднее значение a=0,0033 м^2/ч. Тогда величины критериев будут находиться в пределах:

$$F_0=(0\div 90); \qquad Bi=(0\div 60); \qquad \psi_1=(0\div 10);$$

Пределы изменения Z равны соответственно (0 ÷ 23). Однако, как показывают расчёты, значение Z, равное 10 и более, рассматривать не имеет смысла, так как при Z = 10 величина $e^{-0,374\cdot 10}=0,0237$

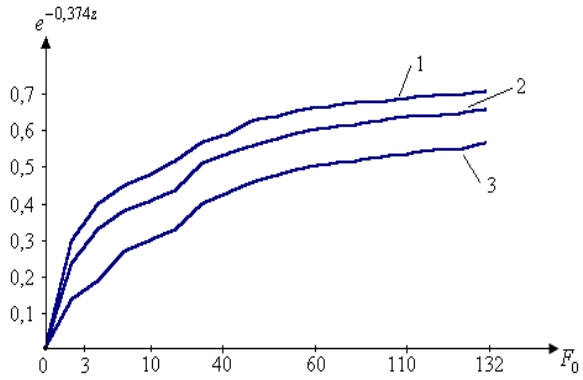
Нижным пределом значения Z = 0,1, так как при этом Z величина $e^{-0,374 \cdot 0,1} = 0,63$, что говорит об изменении температуры приточного воздуха на 0,2 ÷ 0,5 ^{0}C.

Характерное время τ ($ч$) заложено в критерии Fo. Все остальные величины, входящие в показатель степени числа e, представляют собой комплекс теплофизических характеристик взаимодействующих сред - грунта и воздуха. По этому для каждого конкретного случая необходимо знать $e^{-n \cdot Z} = f(Fo)$.

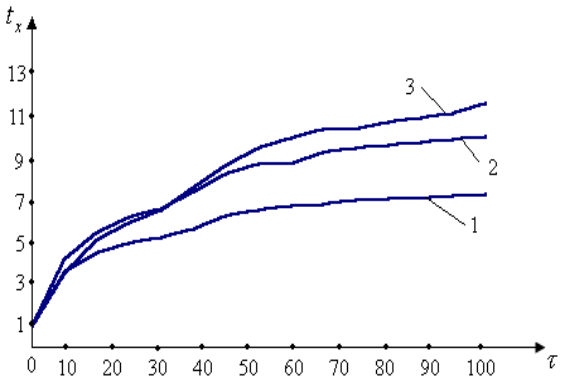
Использования возможностей математического, компьютерного моделирования является более актуальным для практического изучения данного процесса и даёт наиболее точные результаты[6].

На основе компьютерной программы - модели для случая аккумуляции холода зимой, т.е. нагревания приточного наружного воздуха получено кривые зависимости

$$\frac{\mathbf{t}_x - \theta_{гр}}{\mathbf{t}_0 - \theta_{гр}} = f(Fo); \qquad t_x = f(\tau) \ ;$$

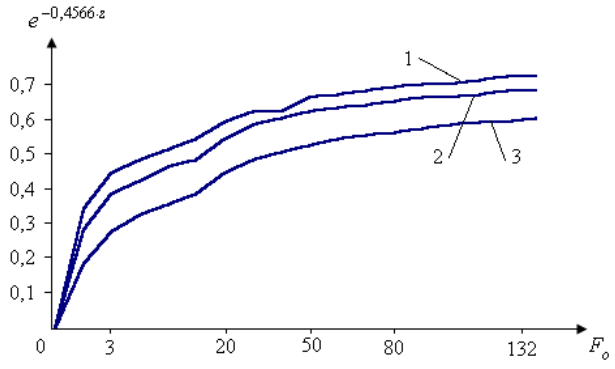


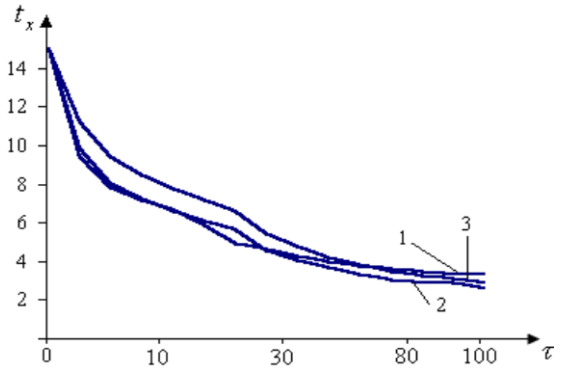
Зависимость $e^{-n \cdot z} = f(Fo)$



Зависимость $t_x = f(\tau)$

Получены кривые зависимости $\frac{\theta_{гр} - \mathbf{t}_x}{\theta_{гр} - \mathbf{t}_0} = f(Fo)$; $t_x = f(\tau)$; с помощью математической модели для случая использование аккумулированного холода весной и летом т.е. охлаждения приточного наружного воздуха.





Зависимость $e^{-n\cdot z} = f(Fo)$ Зависимость $t_x = f(\tau)$

где относительно оптимальным кривым является кривая 2, которая описывает более эффективное использование аккумулированного холода при температуре наружного воздуха $t_0 = 15^0$ С; и грунта $\vartheta_{\text{гр}} = 1\ ^0$С; $x_2 = 12$ *м.*

График даёт наглядную картинку изменения температуры приточного воздуха при движении в одиночном подземном вентиляционном канале во времени. Он может служить пособием для корректировки параметров наружного воздуха, поступающего в хранилище после прохождения по подземному вентиляционному каналу при условии, что в начальном сечени канала $t_0 = const$. Подобные графики могут строиться на объектах с конкретными характеристиками наружного воздуха, окружающего канал массива грунта при данных размерах подземного вентиляционного канала.

Программа модель, как научный экспериментальный исследуемый объект или средство дает конкретные результаты для различных параметров исследуемого процесса. При необходимости программу - модель можно усовершенствовать.

Изменяя входных параметров исследуемой компьютерной модели можно достичь наиболее эффективные результаты аккумуляции холода, далее с применением системы автоматического управления появится возможность экономичного использования аккумулированного холода в исследуемом объекте.

Выводы. 1. Показано, что процесс теплообмена приточного воздуха, движущегося в подземных вентиляционных каналах, имеет место на протяжении определенного периода изменения температуры наружного воздуха и эксплуатации СВ. 2. Оценены пределы изменения параметров характеризующих процесс теплообмена движущегося в подземном канале воздуха окружающим канал массивом грунта при $\frac{x}{d} \le 100$, $t_0 = const$ и зависимости Е.В.Стефанов[5,8] приведены к виду, удобному для расчета. 3. Составлена математическая модель (компьютерная программа) который на требуемом уровне описывает процессы подогрева и охлаждения грунтового массива и дает возможность в зависимости от входных параметров наружного воздуха получить требуемые научные результаты. 4. Составленная математическая модель можно усовершенствовать с применением новых научных разработок в области математического моделирования и теплофизики и на базе систем элементов автоматики дает возможность оптимального использования аккумулированного холода в исследуемом объекте.

Список использованных источников:

1. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха.

2. Смухин П.Н., Казанцев Б.А. Курс отопления и вентиляции //ВИА им. Куйбышева. - 1961.

3. К.Ван-Хеерден «Задача о нестационарном тепловом потоке в связи с воздушным охлаждением угольных пластов». Сборник «Вопросы теплообмена». Госэнергоиздат, 1959г.

4. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. -Л.: ЛВВИСКУ, 1982.

5. Стефанов Е.В. Результаты исследования неизотермического течения несжимаемой жидкости в подземных каналах и трубах. Инженерно-физический журнал XI-4-1966.

6. Мансуров А.А., Садыков Ж.Д. Температура грунта при кондуктивном теплообмене. Вестник КарГУ, № 3, 2012.

7. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К. Научные основы аккумулирования естественного холода в подземных плодоовощехранилищах/ Монография. – Карши: “Интеллект” 2021. 124 с.

8. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К., Мамедова Д.Н., Чулиев С.Э. Моделирование теплообменных процессов в подземных плодоовощехранилищах. // Инновацион технологиялар.-Карши, 2019.-№ 3(35). С. 31-36.(05.00.00; №38).

9. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К., Вардияшвили А.А. Математическое моделирование процессов теплообмена при аккумулирования естественного холода в грунтовом массиве// Научно-технический журнал ФерПИ. -Фергана, 2021.- Том 25.№ 5. С. 65-69.

10. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К. Математическая модель теплового баланса подземного плодоовощехранилища с грунтовым аккумулятором естественного холода. // Проблемы энерго-и ресурсобережения. -Ташкент, 2021.- № 3. С. 153-163.

Яхшибоев Шухрат Комилович, кандидат технических наук, доцент, Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru, Саматова Шоира Йудашевна, доцент, Абдиназаров Сарвар Бурхонович, старший преподаватель, Чориева Ситора Юсуповна, преподаватель, Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

THEORETICAL STUDY OF HEAT TRANSFER WHEN AIR MOVES IN UNDERGROUND STORAGE

Yaxshiboev Shuxrat Komilovich , Samatova Shoira Yuldashevna, Abdinazarov Sarvar Burkhonovich, Chorieva Sitora Yusupovna

Karshi institute of engineering and economics, Karshi, Uzbekistan.

Abstract. The article deals with the issues of mathematical modeling of heat-exchange processes during air movement along an underground ventilation channel. In order to store agricultural products in storage facilities it is necessary to maintain a certain temperature and humidity regime. This issue can be solved only with cooling and air conditioning of the air in the storage. But storing agricultural products in storage facilities is costly and this is reflected in the cost of stored agricultural products. To solve this problem, it is necessary to develop optimal variants of storage facilities. These include the variant of underground storages belonging to the so-called "machine-less refrigerators", i.e. there is no refrigeration unit. Cooling of the storage facility

is carried out by means of cold accumulation in the ground massif surrounding the given storage facility. The characteristic time is embedded in the criteria Fo, the other values represent a complex of thermophysical characteristics of interacting media - soil and air, for each specific case it is necessary to know $e^{-n \cdot Z} = f(Fo)$. The use of mathematical modeling is more relevant for practical study of this process and gives the most accurate results and obtained curves of dependence. This graph gives a clear picture of the change in supply air temperature as it moves in a single underground ventilation channel over time. It can serve as a guide for adjusting the parameters of outdoor air entering the storage facility after passing through the underground ventilation channel, provided that in the initial cross-section of the duct t_0= const. Such similar schedules can be constructed at sites with specific outdoor air characteristics surrounding the ground mass channel at given underground ventilation channel sizes. Mathematical model (computer program) which is made at the required level describes the processes of heating and cooling of the ground massif and makes it possible to obtain the required scientific results depending on the input parameters of the outside air. This mathematical model can be improved with application of new scientific developments in the field of mathematical modeling and thermophysics and on the basis of systems of elements of automation gives the possibility of optimal use of accumulated cold in the object under study.

Keywords: cooling, air conditioning, accumulation, heat exchange, ventilation channel, heat transfer, thermal conductivity, mathematical model.

Yaxshiboev Shuxrat Komilovich , candidate of technical sciences, associate professor,
Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Samatova Shoira Yuldashevna, associate professor,
Abdinazarov Sarvar Burkhonovich, senior lecturer,
Chorieva Sitora Yusupovna, lecturer,
Karshi institute of engineering and economics, Karshi, Uzbekistan.

УДК 697.7001.5:631.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ КОНСТРУКЦИИ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СТЕНКОЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ж.Д. Садыков, Ж.Ж. Садыков, Г.М. Мирзаева, Ж.М. Шахобиддинов

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация. *Целью работы является получения более эффективной конструкции пассивных систем с теплоаккумулирующей стенкой и разработка экспериментальной модели задания для натурных испытаний. Использование теплоаккумулирующей стенки в пассивных системах солнечного теплоснабжения из-за малого аккумулирующей способности и при большом ее термическом сопротивлении, вследствие этого становится значительное повышение температуры наружной поверхности стенки, ведущее к увеличению тепловых потерь через остекление. Для повышения теплопередающей способности теплоаккумулирующей стенки является использование перфорированной теплоаккумулирующей стенки, которые позволяют повысить интенсивность теплосъёма с луче воспринимающей поверхности теплоаккумулирующей стенки в период инсоляции и могут быть использованы как вентиляционные устройства, с естественной или принудительной подачей воздуха. Представлена экспериментальная модель теплоаккумулирующей стенки и методика проведения эксперимента. При проведении экспериментальных исследований проводятся измерения температуры в модели из шести термопарами расположенных по толщине стенки и измеряется расход воздуха через стенки по показаниям дифференциального манометра. Электрическая, термометрическая и гидравлическая схема модели зданий обеспечивает работу, включение и выключение нагревателя-дублера и измерение дополнительного количества тепла, идущего на поддержание в отсеках одинаковой заданной температуры, температура в отсеках задается с помощью контактных термометров, устанавливаемых на одинаковую температуру, электрические нагреватели включаются и выключаются с помощью реле. Гидравлическая система предназначена для того, чтобы обеспечить одинаковый воздухообмен в отсеках помещения, количество отбираемого воздуха фиксируется ротаметром. Экспериментальные исследования в натурных условиях должно проводиться в продолжении всего отопительного периода с ежедневным фиксированием результатов измерений, определив коэффициент замещения и отопительную нагрузку помещения можно произвести подсчет экономической эффективности от применения пассивной системы солнечного отопления для данной конструкции постройки.*

Ключевые слова: *солнечная энергия, пассивная система солнечного отопления, теплоаккумулирующая стенка, коэффициент замещения отопительной нагрузки.*

Введение. Целью поставленной задачи является получения более эффективной конструкции пассивных систем с теплоаккумулирующей стенкой и разработка экспериментальной модели задания с перфорированной стенки для натурных испытаний. В здании применена особая система вентиляции, при которой воздух нагревается за счёт

солнечной радиации

Наиболее часто встречающихся недостатков конструкции теплоаккумулирующей стенки в проектируемых сооружениях с солнечным теплоснабжением является использование стенки малой аккумулирующей способности при большом ее термическом сопротивлении. Следствием этого становится значительное повышение температуры наружной поверхности стенки, ведущее к увеличению тепловых потерь через остекление [1-7].

Одним из вариантов повышения теплопередающей способности теплоаккумулирующей стенки является использование перфорированной теплоаккумулирующей стенки, которые позволяют повысить интенсивность теплосъёма с лучевоспринимающей поверхности теплоаккумулирующей стенки в период инсоляции и могут быть использованы как вентиляционные устройства, с естественной или принудительной подачей воздуха [4-5].

Основная часть. Рассмотрим передачу тепла через участок перфорированной теплоаккумулирующей стенки, разделяющей две воздушные среды с постоянными температурами и давлениями наружного и внутреннего воздуха.

В интервале характерного времени процесс является стационарным, плотность теплового потока на поверхности стенки и физические параметры воздуха, в интервале изменения температур в тепловых процессах теплоаккумулирующей стенки принимаются постоянными.

При измерениях температуры в двух точках модели теплоаккумулирующей стенки t_1 и t_2 в одном режиме получено распределение температуры по толщине перфорированной стенки

$$\frac{t_1 - t_r}{t_2 - t_r} = \frac{\exp(Kx_1) - \exp(K\delta)}{\exp(Kx_2) - \exp(K\delta)} = \frac{\exp[K(x_1 - \delta)] - 1}{\exp[K(x_2 - \delta)] - 1} \quad (1)$$

где $K = \dfrac{GC_P}{\lambda_W (1 - P)}$;

G -количество воздуха кг/(м^{2}час);

C_P -удельная теплоёмкость воздуха;

P - пористость стенки, отношение объема пор ко всему объему материала или площадь пор в сечении к общей площади сечения;

λ_W -теплопроводность стенки;

δ -толщина стенки;

t_r -температура внутренней поверхности стенки.

Полученное уравнение (1) позволяет рассчитывать распределение температуры по толщине перфорированной стенки при различных расходах воздуха при постоянном тепловом потоке на поверхности стенки.

Для проверки достоверности полученное уравнение (1) была сконструирована экспериментальная установка. Измерений и записи температур на приборах используются от шести хромель - копелевых термопар, расположенных по толщине модели. Дифференциальным манометром определяется разности давления между внутренней и наружной поверхности модели (когда включен вентилятор). Температура в помещения (воздуха) и холодных спаев термопар в сосуде Дьюар измерялись ртутным термометром. Постоянным тепловым потоком нагревалась поверхность модели с помощью имитатора.

Для создания различных перепадов давления на поверхностях стенки и охлаждение внутренней части стенки воздухом нами была использована аэродинамическая установка (рис.1).

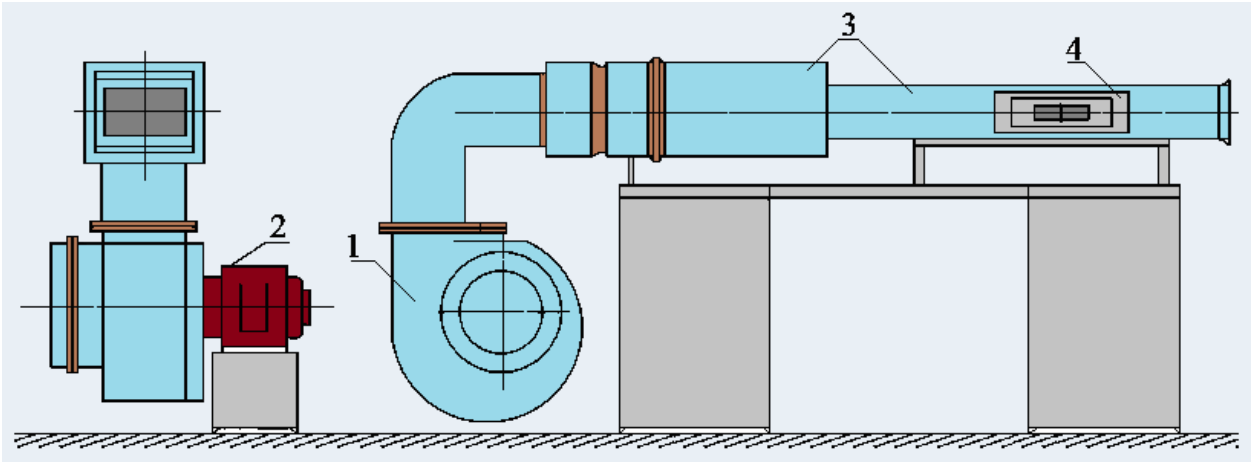


Рисунок 1 - Схема аэродинамической установки.
1-электродвигатель, 2-вентилятор, 3-рабочий канал, 4-экспериментальный участок.

Имитатор солнечного излучения представляет собой параболоидное зеркало диаметром 0,94 м и прожекторной лампой мощностью 2 кВт.

Экспериментальная модель теплоаккумулирующей стенки представляет собой глиняный прямоугольный параллелепипед с зачерненной стороной, размерами: 130 мм - сторона прямоугольной тепловоспринимающей поверхности, 46 мм -высота параллелепипеда или толщина стенки. Перпендикулярно к квадратной поверхности в шахматном порядке сквозь модели стенки проделены цилиндрические отверстия на расстояниях друг от друга 5 мм и диаметром 0,8 мм каждое. Окраинными изоляционными поверхностями для устранения боковых перетоков тепла в модели выделен экспериментальный участок с размерами 50х50 мм. Внутри стенки по ее толщине и в изотермических плоскостях размещены шесть хромель-копелевых термопар на различных расстояниях от поглощающей излучение поверхности. Эта поверхность остеклена. Вторая сторона находилась в потоке воздуха, что обеспечивало эжекцию сквозь стенку. Вся модель укреплялась в воздухонепроницаемом, металлическом, остекленном коробе.

Методика проведения эксперимента по исследованию на модели элемента перфорированного теплоаккумулирующей стенки предусматривает исследование процессов при изменении температуры по толщине стенки и расхода воздуха через неё во время фильтрацию.

При проведении экспериментальных исследований проводятся измерения температуры в модели из шести термопарами расположенных по толщине стенки и воздуха в помещение или окружающей среды. Кроме того, измеряется расход воздуха через стенки по показаниям дифференциального манометра.

Для анализа адекватности полученных зависимостей, проведен сравнительный анализ расчетных данных с экспериментальными данными, полученных в лабораторных условиях. Расчетные кривые хорошо совпадают с экспериментальными данными, за исключением точек, приближающихся к тепловоспринимающей поверхности. Температура тепловоспринимающей поверхности изменяется быстро по мере увеличения расхода воздуха, а внутренней поверхности - незначительно. На тепловоспринимающей

поверхности (наружной) наблюдаются дискретные колебания скорости потока воздуха и температуры, на внутренней поверхности эти колебания сглаживаются.

Проведение экспериментальных исследований будет заключаться в сравнении энергопотребления двух отсеков из которых один имеет аккумулирующую стенку из воздухопроницаемого материала, другой из сплошного.

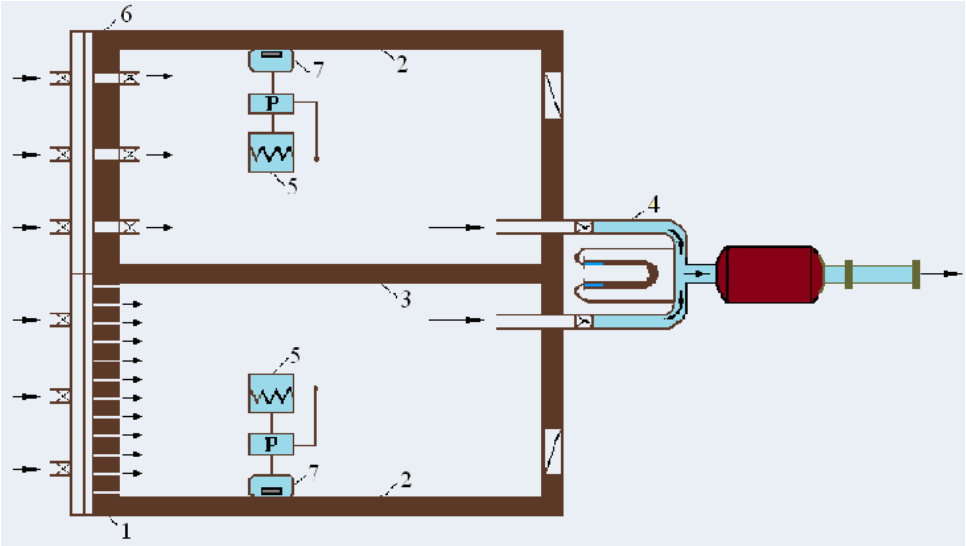


Рисунок 2 - Схема экспериментальной модели зданий

Модель состоит из постройки с размерами 4х(1,25+1,25)х2,8м и с общим ограждением с северной, восточной и западной сторон 2. Теплоизоляционная перегородка 3 делит внутреннее пространство помещения на две разных части. Подача воздуха осуществляется с южной стороны модели отдельно в каждую из частей помещения. В первую часть-секция, через перфорированную теплоаккумулирующую стенку 1 (через распределенные по ней каналы). Во вторую - через расположенные в верхней части стенки вентиляционные отверстия 6. Вытяжка осуществляется с помощью регулируемого вентиляционного устройства 4. Обе половины модели снабжены самостоятельными системами, состоящими из нагревателя контактного термометра и реле, служащими для поддержания одинаковой заданной температуры в секциях 5. Количество энергии, пошедшее на обогрев каждой из частей помещения фиксируется самостоятельными счетчиками 7.

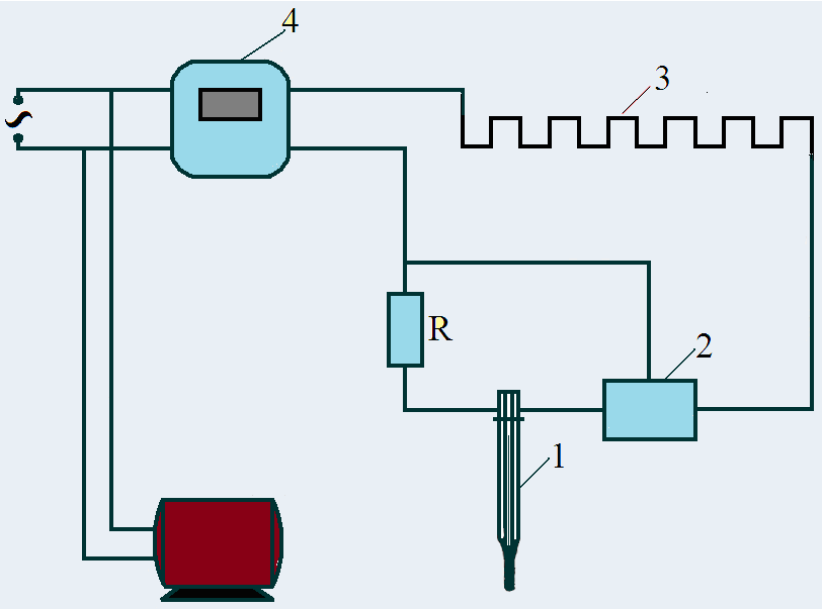


Рисунок 3 - Электрическая и термометрическая схема для одного отсека модели

На рис.3 изображена одна схема для одного отсека модели. Во втором отсеке располагаются такие же приборы по такой же схеме. Схема обеспечивает работу, включение и выключение нагревателя-дублера и измерение дополнительного количества тепла, идущего на поддержание в отсеках одинаковой заданной температуры.

Одинаковая температура в отсеках задается с помощью контактных термометров 1, устанавливаемых на одинаковую температуру. Электрические нагреватели 3 включаются и выключаются с помощью реле.

Количество дополнительного тепла подсчитывается по показаниям электрических счетчиков 4 в обоих отсеках. Сравнение показаний и расчетов дает возможность сопоставить эффективность различных пассивных систем солнечного отопления.

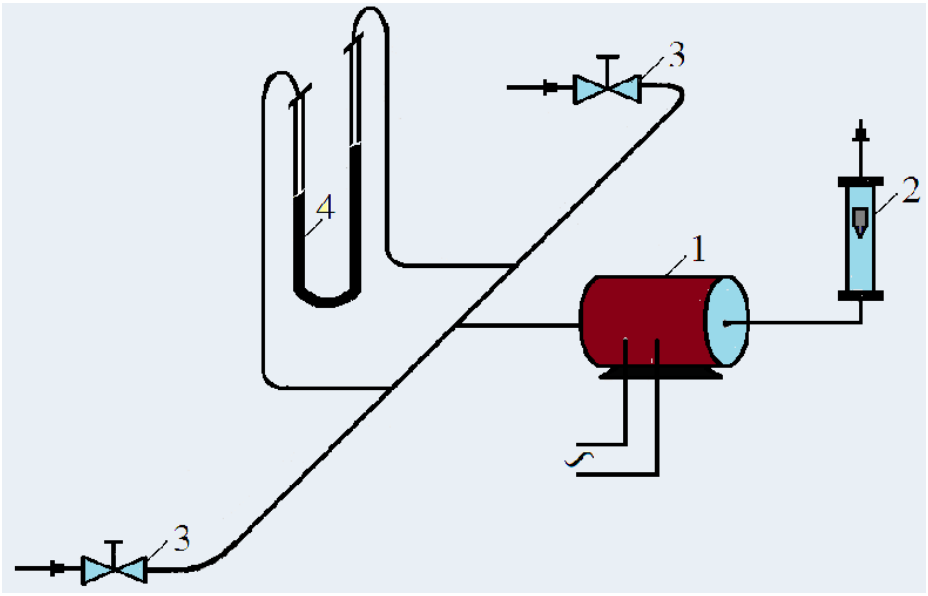


Рисунок 4 - Гидравлическая схема экспериментальной модели

Гидравлическая система предназначена для того, чтобы обеспечить одинаковый

воздухообмен в отсеках помещения. На рис.4 показан воздушный насос 1 для откачки воздуха из обоих отсеков модели. Количество отбираемого воздуха фиксируется ротаметром 2. С помощью задвижки 3 устанавливается надлежащее (одинаковое) количество отсасываемого из отсеков воздуха, что контролируется дифференциальным манометром 4. Электропитание мотора насоса может осуществляться от той же подводки, но подключение к цепи должно быть до подключения к счетчикам.

Проведение экспериментальных исследований в натурных условиях должно проводиться в продолжении всего отопительного периода с ежедневным фиксированием результатов измерений. После суммирования и осреднения полученных значений определяются среднемесячные и за весь отопительный период значения коэффициента замещения отопительной нагрузки. Определив коэффициент замещения и отопительную нагрузку помещения можно произвести подсчет экономической эффективности от применения пассивной системы солнечного отопления для данной конструкции постройки.

Отопительная нагрузка помещения может быть подсчитана по методу градусо -дней по зависимости [1-2].

$$L_S = UAD$$

где L_S -месячная нагрузка отопления;

D -число градусо - дней в месяце;

A -площадь поверхности здания или отдельного помещения;

U -полный коэффициент тепловых потерь.

Более надежный способ определить ее из эксперимента. Для этого в модели здания рис. 2 теплоаккумулирующая стенка 6 заменяется ограждением, аналогичным 2, снабженным вентиляционным устройством. Возможно со стенки 6 снять остекление и увеличить (уменьшить) ее термическое сопротивление и аккумулирующую способность до значений, присущих ограждению 2. В этом случае 7 даст значения количества энергии, пошедшей на отопление. Показания счетчика во второй половине модели даст значения, которые могут сравниваться со значениями первого. В результате может быть определен коэффициент замещения отопительной нагрузки в течение любого времени суток, месяца, отопительного периода:

$$F = \frac{L - K}{L}$$

где L -отопительная нагрузка по показаниям счетчика в половине модели без пассивной системы отопления;

K -значение по показаниям счетчика в половине помещения с теплоаккумулирующей стенкой.

Испытания проводятся в следующем порядке:

- устанавливается одинаковый воздухообмен в обеих частях модели с помощью регулировки задвижками 3 (рис.4), количество подаваемого воздуха определяется по показаниям ротаметра 2;

-устанавливается требуемая в помещении температура с помощью контактных термометров 1 (рис.2) и включается дублер 3, связанный с контактным термометром реле 2;

-после прогрева модели ориентировочно в течение суток (время выхода на режим зависит от состояния постройки) фиксируют показания счетчика.

Заключение. Полученная теоретическая модель с достаточной степенью точности согласуется с результатами эксперимента, выполненного на модели перфорированной

теплоаккумулирующей стенки.

В перспективе обогрев сельскохозяйственных сооружений органическое топливо может быть заменено нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии.

Список использованных источников:

1. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения: Пер.: с англ. – М.: Энергоиздат, 1982, 80 с.

2. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.-М.: Мир. 1977.-420 с.

3. Ким В.Д.,Садыков Ж.Д.,Хайриддинов Б.Э.//Гелиотехника. 1998. №6.С.38-42.

4. Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. //Гелиотехника. 1994. №1. С. 53-56.

5. Садыков Ж.Д., Хайриддинов Б.Э.,Зияев Т.З., Халимов Г.Г. Пути повышения эффективности зданий с пассивным солнечным отоплением. «Фундаментальные и прикладные вопросы физики». Материалы IV-международной конференции посвещенной 80-летию академика М.С.Саидова. Тошкент 24-25 ноября. 2010 . 139-141 с.

. Садыков Ж.Д., Хайриддинов Б.Э., Халимов Г.Г. Коллекторно-аккумулирующая стенка для пассивных систем отопления. Сборник трудов международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики» ТГТУ. Ташкент-2011-декабрь. Том 1. 185 - 189 с.

7. Авезова Н.Р., Садыков Ж.Д. Влияние термического сопротивления коллекторно-аккумулирующей стены пассивных систем солнечного отопления на их коэффициент замещения тепловой нагрузки. //Гелиотехника. 2012., №1. С. 47-53.

Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru, Садыков Жавлон Жамалович, преподаватель, Мирзаева Гулмира Махманазаровна, преподаватель, Шохимардонов Жамолиддин Миргалимович, преподаватель, Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

STUDY OF EFFICIENT AND ENERGY-SAVING DESIGN OF PASSIVE SOLAR HEATING SYSTEMS WITH HEAT STORAGE WALL FOR HEATING AND VENTILATION OF AGRICULTURAL BUILDINGS AND STRUCTURES

Sadykov Zhamal Jabbarovich, Sadykov Zhavlon Zhamalovich, Mirzaeva Gulmira Makhmanazarovna, Shoximardonov Zhamoliddin Mirgalimovich

Karshi engineering and economic institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract. The purpose of this work is to obtain a more efficient design of passive systems with a heat storage wall and to develop an experimental model of the task for full-scale tests. The use of heat-accumulating wall in passive solar heat supply systems due to the small accumulation capacity and at its large thermal resistance, as a result of this becomes a significant increase in the temperature of the outer surface of the wall, leading to an increase in heat losses through glazing. To increase the heat transfer ability of the heat storage wall is the use of perforated heat storage

wall, which allow to increase the intensity of heat removal from the radiant surface of the heat storage wall during insolation and can be used as ventilation devices, with natural or forced air supply. An experimental model of a heat-accumulating wall and the methodology of the experiment are presented. During experimental studies, temperature measurements are carried out in a model of six thermocouples located along the wall thickness and the air flow rate through the walls is measured according to the readings of a differential manometer. The electrical, thermometric and hydraulic circuitry of the building model ensures the operation, switching on and off of the heater-doubler and measurement of the additional amount of heat going to maintain the same set temperature in the compartments, the temperature in the compartments is set by means of contact thermometers set to the same temperature, the electric heaters are switched on and off by means of relays. The hydraulic system is designed to ensure the same air exchange in the compartments of the room, the amount of air extracted is fixed by a rotameter. Experimental studies in full-scale conditions should be carried out during the whole heating period with daily recording of measurement results, having determined the replacement coefficient and heating load of the room it is possible to calculate the economic efficiency of the passive solar heating system for a given building construction.

Keywords: solar energy, passive solar heating system, heat storage wall, heating load coefficient ratio.

Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Sadykov Zhavlon Zhamalovich, lecturer,
Mirzaeva Gulmira Makhmanazarovna, lecturer,
Shoximardonov Zhamoliddin Mirgalimovich, lecturer,
Karshi engineering and economic institute, Karshi, Uzbekistan

УДК 631.24:523.9:536.491:519.87.001.57

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА В СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛИЦАХ

Ж.Д. Садыков, Т.А. Файзиев, И.М.Файзуллаев, М.М. Хидиров, З.Э. Пардаев

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация. *В статье рассмотрена математическая модель процесса динамического режима теплового аккумулирования в солнечных теплицах. В солнечных установок аккумулирования тепла является наиболее важной формой аккумулирования энергии. Поэтому теплоаккумулирующие системы являются неотъемлемыми составными частями в низкотемпературных солнечных установок. В частности в солнечных системах теплоснабжения, солнечных теплицах и сушилках. Аккумуляция тепла в солнечных теплицах основаны на косвенных методах - передача тепла теплоаккумулирующей среде посредством теплообменной среды. Теплоаккумулирующей средой - массой - могут быть вода, насадка, грунт, а теплообменной средой - теплоносителем - является воздух. Циркуляция - теплоносителя принудительная. Режим работы теплового аккумулятора - регенеративный. Традиционно тепловые аккумуляторы размещаются в объёме или грунте теплице и, как следствие, тепловые потери через оболочку теплового аккумулятора в конечном счёте возвращаются в теплицу, поэтому при расчётах теплопотери в тепловом аккумуляторе не учитываются. Для составлении математической модели динамического режима теплового аккумулятора принимаются следующие допущения: -теплофизические параметры теплоносителя (воздуха) и материала теплового аккумулятора принимаются постоянными; -температура воздуха по длине теплового аккумулятора изменяется линейно; -теплопотери через оболочку теплового аккумулятора не учитываются.*

Уравнение теплового баланса на границе воздух-масса теплового аккумулятора и функция управления являются функцией включения-выключения вентилятора при режиме зарядки и при режиме разрядки теплового аккумулятора.

Ключевые слова: *математическая модель, солнечная теплица, температура, аккумулятор тепла, аккумуляция, теплопроводность.*

Введение. Известно, что любая система снабжения энергией состоит из источника первичной энергии, подсистемы преобразования энергии и потребителей преобразованной энергии.

В системе могут возникнуть несоответствия как во времени, так и в пространстве между подачей энергии и потребностями. Преодоление этих несоответствий является основной целью аккумулирования энергии [1-5,9].

В теплоэнергетических и энергосберегающих процессах аккумулирования тепла является наиболее важной формой аккумулирования энергии [4,8-9]. Теплоаккумулирующие системы являются неотъемлемыми составными частями в низкотемпературных солнечных установок. В частности в солнечных системах теплоснабжения, солнечных теплицах [4,6,9] и сушилках [6-8].

Рассмотрим модель процесса теплового аккумулирования в солнечных теплицах.

Процессы аккумулирования тепла в солнечных теплицах основаны на косвенных

методах - передача тепла теплоаккумулирующей среде посредством теплообменной среды. Теплоаккумулирующей средой - массой - могут быть вода, насадка, грунт.

Теплообменной средой - теплоносителем - является воздух. Циркуляция - теплоносителя принудительная. Режим работы теплового аккумулятора - регенеративный.

Традиционно тепловые аккумуляторы размещаются в объёме или грунте теплице и, как следствие, тепловые потери через оболочку теплового аккумулятора в конечном счёте возвращаются в теплицу. Поэтому, при расчётах теплопотери в тепловом аккумуляторе не учитываются.

При составлении математической модели динамического режима теплового аккумулятора принимаются следующие допущения:

- теплофизические параметры теплоносителя - воздуха и материала теплового аккумулятора принимаются постоянными;
- температура воздуха по длине теплового аккумулятора изменяется линейно;
- теплопотери через оболочку теплового аккумулятора не учитываются.

Основная часть. Система уравнений математической модели динамического режима теплообмена в ТА имеет вид:

$$\frac{dQ_a}{d\tau} = m_a C_a \left(t_{a1} - t_{a2}\right), \qquad (1)$$

$$\frac{dQ_в}{d\tau} = m_в C_в \left(t_{в1} - t_{в2}\right), \qquad (2)$$

$$\frac{dQ_в}{d\tau} = A_в F \left(t_a - t_в\right), \qquad (3)$$

$$\frac{dQ_a}{d\tau} = \frac{dQ_в}{d\tau}, \qquad (4)$$

где m_a и $m_в$ - масса теплового аккумулятора и воздуха, проходящего через теплового аккумулятора, кг;

C_a , $C_в$ - удельная теплоёмкость материала теплового аккумулятора и воздуха, Дж/(кг К);

t_{a1} и t_{a2} - начальная и конечная среднемассовая температура теплового аккумулятора, °С;

$t_{в1}$ и $t_{в2}$ - среднемассовая температура воздуха на входе и выходе теплового аккумулятора, °С; F- площадь поверхности теплообмена теплового аккумулятора - воздух, м^2;

$$t_a = \frac{t_{a1} + t_{a2}}{2}; \qquad t_в = \frac{t_{в1} + t_{в2}}{2}; \qquad \tau \text{ - время, } c.$$

При твердом аккумуляторе (грунт, гравий) коэффициент $A_в$ является коэффициент теплоотдачи $a_в$ на границе воздух - теплоаккумулирующая масса; при водяном аккумуляторе - является коэффициентом теплопередачи $K_в$ на границе воздух-вода, Вт/(м^2 К).

Граничными условиями для уравнений (1) - (4) являются уравнения теплового баланса на границе воздух-масса теплового аккумулятора:

- при теплового аккумулятора из насадки

$$-\lambda_a \frac{dt_г}{dr} \quad \alpha_в (t_в - t_г) \quad \text{при} \quad r = R_Н; \qquad -\lambda \frac{dt_г}{dr} = 0 \quad \text{при} \quad r = 0; \qquad (5)$$

- при теплоаккумулируюшей трубе в грунте

$$-\lambda_a \frac{dt_г}{dr} = \frac{\alpha_в}{2\pi R_m}(t_в - t_г) \quad \text{при} \quad r = R_m; \qquad -\lambda_a \frac{dt_г}{dr} = 0 \quad \text{при} \quad r = \infty; \qquad (6)$$

- при водяном аккумуляторе

$$\alpha_в(t_в - t_г) = \alpha_a(t_г - t_a); \qquad (7)$$

где λ_a - коэффициент теплопроводности материала теплового аккумулятора, Вт/(м К);

$t_г$ - температура на границе воздух - масса теплового аккумулятора, °С;

R_H, R_m - радиусы насадки и теплоаккумулирующей трубы, м;

α_a - коэффициент теплоотдачи на границе труба - вода, Вт/(м^2 К).

Уравнение (3) можно представить в следующем виде

$$\frac{dQ_в}{d\tau} = f \cdot A_в F(t_a - t_в), \qquad (8)$$

где f - управляющая функция, при работе вентилятора $f = 1$, в остальных случаях $f = 0$.

Управляющая функция f является функцией включения и выключения вентилятора при $t_a < t_в$ - режим зарядки теплового аккумулятора, при $t_a > t_в$ - режим разрядки.

Список использованных источников:

1. Байрамов Р.Б., Рыбакова Л.Е. Микроклимат теплиц на солнечном обогреве. Ашхабад: - Изд-во “Ылым”. 1983. 84 с.

2. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии. М.: Мир, 1987.271с.

3. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. –М.: Высшая школа, 1982, 415 с.

4. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных теплицах с субстратом и аккумулированием тепла. Ташкент; Фан, 1990. 196 с.

5. Дж. А. Даффи, Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. –М.: Мир, 1977, - 420 с.

6. Ким В. Д., Дусяров А. С., Ким В. В. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи на внешних поверхностях гелиоустановок //Гелиотехника. –Ташкент: Фан, 2004, №2, С. 27-30.

7. Ким В.Д., Хайриддинов Б.Э., Холлиев Б.Ч. Радиционные и метеорологические режимы Кашкадарьинской области. -Карши: 2000, -73 с.

8. Хайриддинов Б.Э., Садыков Т.А. Комбинированные гелиотеплицы-сущилки. Ташкент; Фан, 1992.184 с.

9. Якубов Ю. Н. Аккумулирование энергии солнечного излучения. –Ташкент: Фан, 1981, 104 с.

Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru,
Файзиев Тулкун Амирович, кандидат технических наук, доцент, Файзуллаев Ихтиёр Мукимович, старший преподаватель, Хидиров Мираббос Мирзаёрович, преподаватель,
Пардаев Зокир Элмуродович, старший преподаватель.
Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

MATHEMATICAL MODELING OF ACCUMULATION HEAT IN SOLAR GREENHOUSES

Sadykov Zhamal Jabbarovich, Fayziev Tulkun Amirovich, Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, Xidirov Mirabbos Mirzayorovich, Pardayev Zokir Eimurodovich

Karshi institute of engineering and economics, Karshi, Uzbekistan

Abstract: The article discusses a mathematical model of the process of dynamic thermal accumulation in solar greenhouses.

In solar installations, thermal storage is the most important form of energy storage. Therefore, heat storage systems are integral parts of low-temperature solar installations.

Particularly in solar heating systems, solar greenhouses and dryers. Heat accumulation in solar greenhouses is based on indirect methods - heat transfer to a heat storage medium through a heat exchange medium.

The heat storage medium - mass - can be water, nozzle, soil, and the heat exchange medium - coolant - is air. The coolant circulation is forced. The operating mode of the thermal accumulator is regenerative.

Traditionally, heat accumulators are placed in the volume or soil of the greenhouse and, as a result, heat losses through the shell of the heat accumulator ultimately return to the greenhouse, therefore, heat losses in the heat accumulator are not taken into account when calculating.

To compile a mathematical model of the dynamic mode of a heat accumulator, the following assumptions are made: - the thermophysical parameters of the coolant (air) and the material of the heat accumulator are assumed to be constant; - air temperature along the length of the heat accumulator changes linearly; -heat loss through the shell of the heat accumulator is not taken into account.

The heat balance equation at the air-mass interface of the thermal accumulator and the control function are the function of turning the fan on and off in charging mode and in discharging mode of the thermal accumulator

Key words: mathematical model, solar greenhouse, temperature, heat accumulator, accumulation, thermal conductivity.

Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer,
Fayziev Tulkun Amirovich, candidate of technical sciences, associate professor,
Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, senior lecturer,
Xidirov Mirabbos Mirzayorovich, teacher,
Pardayev Zokir Eimurodovich, senior lecturer,
Karshi institute of engineering and economics, Karshi, Uzbekistan.

УДК 631.24.001.5:523.9:662.997

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОТЕПЛИЦ С АККУМУЛЯТОРОМ ТЕПЛА

Т.А. Файзиев, Ж.Д. Садыков, И.М.Файзуллаев, Т.Я.Хамраев, М.Ш. Мирзаев

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация. *Рассмотрены вопросы эффективного сопряжение показателей коэффициентов ограждения и теплового аккумулирования гелиотеплицы, как функции геометрических параметров и поступления солнечной радиации. Теплицы являются наиболее энергозатратными сооружениями, с повышением цен на энергоносители, возрастает актуальность повышения их теплотехнологических показателей. Эффективности гелиотеплицы определяется её способностью аккумулировать тепло энергии солнечного излучения. Основными геометрическими и энергетическими характеристиками гелиотеплиц являются коэффициенты ограждения и аккумулирования тепла. Поступление солнечной радиации практически мало зависит от угла падения лучей на прозрачные поверхности, в основном зависит от площади поверхности прозрачного ограждения. Для условий Кашкадарьинской области наиболее оптимальным является 60^o. Угол наклона верхнего южного ската принимается в пределах 25^o…50^o. Коэффициент теплопередачи через ограждения, температуры внутреннего и наружного воздуха не зависят от угла наклона ската. Анализ полученных результатов показал, что позволяет: в качестве оптимального варианта геометрии гелиотеплицы можно рекомендовать параметры - ширина пролета 6 м; -длина теплицы 25 м; -высота несущих конструкций 2,2 м; -угол наклона нижнего южного ската 60^o; -угол наклона верхнего южного ската 30^o. Количество тепла, аккумулируемое в тепловом аккумуляторе, определяется его теплоаккумулирующей эффективностью: материал, способность поглощения солнечной радиации, объем, место расположения. При достаточных значениях массы теплоаккумулирующих элементов вся или почти вся улавливаемая теплоаккумулирующими элементами солнечная энергия полезно используется, устраняется перегрев в теплице, суточные колебания температуры воздуха в теплице сглаживаются.*

Ключевые слова: *гелиотеплица, солнечная радиация, аккумуляция, теплоотдача, теплопроводность, коэффициент теплопередачи.*

Введение. Теплицы являются наиболее энергозатратными сооружениями. С повышением цен на углеводородные энергоносители, возрастает актуальность повышения их тепло-технологических показателей. Эффективность конструкции гелиотеплицы определяется её способностью аккумулировать тепло энергии солнечного излучения.

Определяющими энергетическими характеристиками солнечных теплиц являются следующие характеристики:

1) максимальное поступление солнечной радиации в теплицу,

2) минимальные тепловые потери,

3) максимальное аккумулирование тепла энергии солнечного излучения, прошедшего в теплицу.

Основная часть. Важнейшими геометрическими и энергетическими

характеристиками гелиотеплиц являются коэффициенты ограждения K_o и аккумулирования K_a:

$$K_o = F_o / F_n ; \quad K_a = \Sigma Q_{ак} / \Sigma Q_{пр} ; \tag{1}$$

где F_o – площадь поверхности ограждения гелиотеплицы;

F_n – площадь поверхности почвы теплицы;

$\Sigma Q_{ак}$ – количество энергии солнечного излучения аккумулируемое в теплице;

$\Sigma Q_{пр}$ - количество энергии солнечного излучения, входящей в гелиотеплицу.

Задачей тепловой и геометрической оптимизации гелиотеплицы является максимально эффективное сопряжение параметров коэффициентов ограждения K_o и аккумулирования K_a.

Традиционно гелиотеплицы по длине располагаются в широтном направлении [1-3]. Поверхности воспринимающие солнечное излучение направлены на юг, северные стены и скаты теплоизолированные.

Высота теплицы от поверхности грунта до низа конструкций теплицы должна быть не менее h=2,2 м, ширина пролета не должна превышать b=9 м [4]. Угол наклона южных прозрачных скатов определяет количество солнечной радиации, поступающей в теплицу.

Суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу за период инсоляции:

$$\Sigma Q_{пр} = \Sigma S_{пр} + \Sigma D_{пр} ; \tag{2}$$

где $\Sigma S_{пр}$, $\Sigma D_{пр}$ – сумма, прошедшей в теплицу, прямой и рассеянной солнечной радиации:

$$\Sigma S_{пр} = \Sigma S_{\perp} B_s \, cosi; \quad \Sigma D_{пр} = \Sigma D \, B_d ; \tag{3}$$

$S_{\perp}$, D – прямая и рассеянная радиация, падающая на прозрачную поверхность теплицы;

B_s, B_d – коэффициенты светопропускаяния прямой и рассеянной радиации.

Поступление рассеянной радиации D практически мало зависит от угла падения лучей на прозрачные поверхности, в основном зависит от площади поверхности прозрачного ограждения. Поэтому количество прошедшей радиации является функцией прямой радиации $S_{пр}$, падающей на поверхности прозрачного ограждения, и угла их падения i:

$$\Sigma Q_{пр} = f(S_{\perp}, i) . \tag{4}$$

Угол наклона нижнего прозрачного ската принимается в пределах ρ=45°…60° [1-3]. Как показывают расчеты, при углах наклона до ρ=60° поступление солнечной радиации за отопительный сезон возрастает, при углах выше ρ=65° – падает (рис. 1).

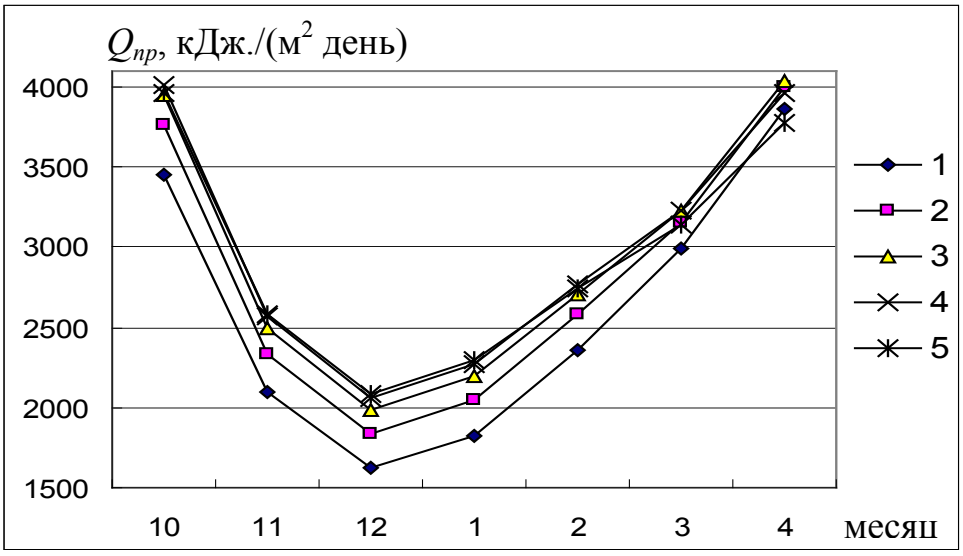


Рисунок 1 - Среднемесячная суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу на перпендикулярную лучам поверхность $Q_{пр}$ в зависимости от угла наклона южного ската ρ:

1 – ρ=30°; 2 - ρ=40°; 3 - ρ=50°; 4 - ρ=60°; 5 - ρ=70°

Для условий Кашкадарьинской области наиболее оптимальным является ρ=60°. Угол наклона верхнего южного ската принимается в пределах ρ_1= 25°…50° [1-3].

Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от геометрических параметров теплицы. Принимаем постоянные значения h=2,2 м; ρ=60°, ρ_1=30°. Переменные величины: ширина пролета b=3…7 м, длина теплицы l=10…30 м.

Коэффициент ограждения будет определяться по формуле:

$$K_o = \frac{\left(h + b/\cos\rho_1 + h/\sin\rho\right)\cdot l + 2hb + b^2/(2ctg\rho_1) + h^2 ctg\rho}{(b + h\cdot ctg\rho)\cdot l} \quad ; \qquad (5)$$

где h, b, l – высота, ширина пролета и длина теплицы;

ρ, ρ_1 – углы наклона нижнего и верхнего южных прозрачных скатов.

Как видно из рис. 2, с увеличением ширины пролета теплицы в пределах b=5…6 м, коэффициент ограждения K_o резко падает. Увеличение длины теплицы более l =26…28 м мало изменяет значения K_o.

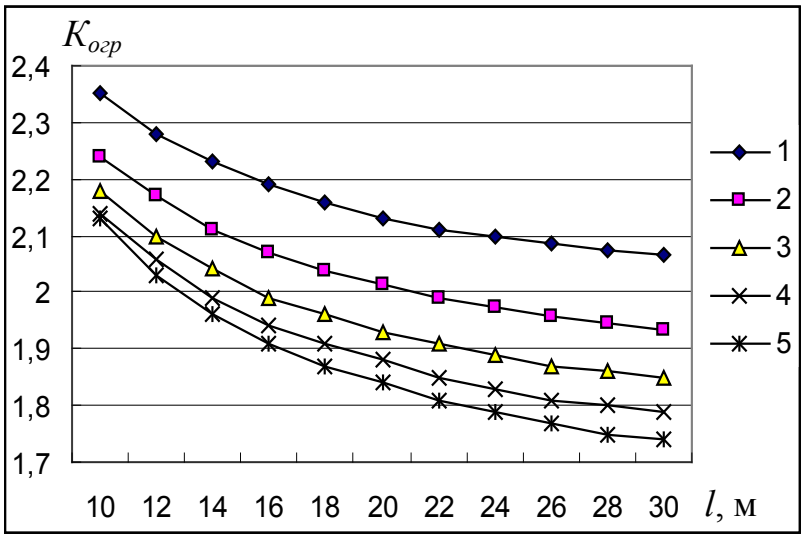


Рисунок 2 - Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от ширины пролёта b и длины теплицы l: 1- b=3 м; 2- b=4 м; 3- b=5 м; 4- b=6 м; 5 - b=7 м

Таким образом, в первом приближении, можно рекомендовать ширину пролета $b\geq$6 м, длину теплицы $l\geq$25 м.

Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла ρ_1 в предалах ρ_1=25°…50°. Принимаем высоту скатов h_1 постоянной (не зависимо от угла ρ_1) при ρ_1=30°, которая определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{b}{2}\cdot tg\rho_1 = \frac{b}{2}\cdot tg30^o = \frac{b}{2}\cdot 0{,}577\,. \qquad (6)$$

В этом случае коэффициент ограждения:

$$K_o = \frac{\left(h + \sqrt{h_1^2 + (b - h_1/tg\rho_1)^2} + h/\cos\rho_1 + h/\cos\rho\right)\cdot l + 2hb + h_1 b + h^2 ctg\rho}{(b + h\cdot ctg\rho)\cdot l} \quad . \qquad (7)$$

Как видно из таб. 1, с изменением угла ρ_1 коэффициент ограждения K_o изменяется незначительно. Наименьшее значение K_o при ρ_1=30°, наибольшее - при ρ_1=50°.

Таблица 1. Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла наклона ρ_1 при b=6 м, l=25 м

ρ_1, град	25	30	35	40	45	50
K_o	1,827	1,822	1,825	1,831	1,84	1,85

Для полной геометрической и тепловой характеристики гелиотеплицы, рассмотрим влияние угла наклона ρ_1 верхнего южного ската на соотношение суммы прошедшей солнечной радиации $\Sigma Q_{пр}$ и тепловых потерь $\Sigma Q_{тп}$ в теплице.

С увеличением угла наклона ρ_1 южного ската 1 поступление среднемесячной суммарной солнечной радиации $Q_{пр}$ падает пропорционально росту угла наклона ρ_1 (рис. 3).

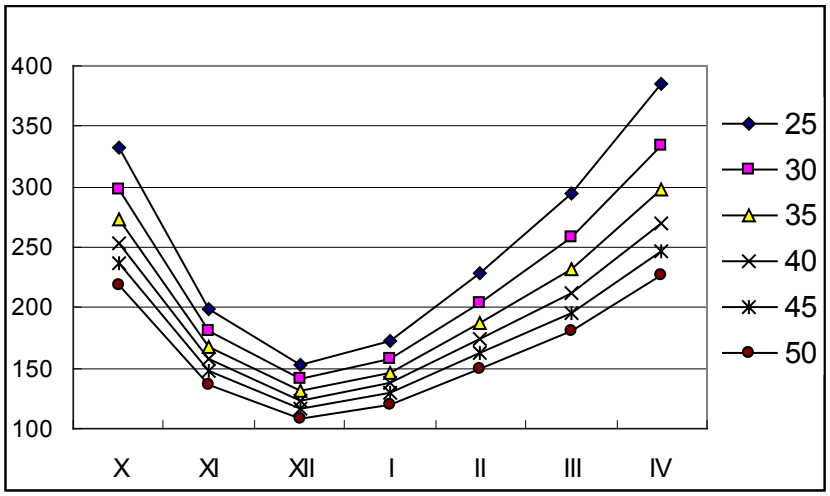


Рисунок 3 - Среднемесячная суммарная солнечная радиация $Q_{пр}$, поступающая через южный скат 1 при ρ_1=25…50°

Суммарные теплопотери через верхние скаты определяются суммой теплопотерь через скаты 1 и 3:

$$\Sigma Q_{тп} = \Sigma Q_{т1} + \Sigma Q_{т3}\ ; \qquad (8)$$

Теплопотери через скаты 1 и 3 определяются по формуле:

$$\Sigma Q_{ті} = K_i\,(t_в - t_н)\,F_i\,\tau\ ; \qquad (9)$$

где K – коэффициент теплопередачи;

F – площадь поверхности ската;

$t_в$, $t_н$ – температура внутреннего и наружного воздуха;

τ – время; i = 1 и 3 скаты.

Коэффициент теплопередачи K через ограждения, температуры внутреннего $t_в$ и наружного $t_н$ воздуха не зависят от угла наклона ρ_1 ската 1. Стеклянные скаты 1 имеют значительно больший коэффициент теплопередачи, чем непрозрачные скаты 3. Поэтому с увеличением ширины b_1 для ската 1 суммарные теплопотери $\Sigma Q_{тп}$ возрастают, с увеличением ширины b_3 для ската 3 – падают. Соотношение теплопотерь через скаты можно представить в следующем виде:

$$B_1 = \frac{K_1 \cdot b_1}{K_1 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_3}\ ; \quad B_3 = \frac{K_3 \cdot b_3}{K_1 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_3}\ . \qquad (10)$$

На рис. 4 показаны графики изменения доли теплопотерь B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1 при средних коэффициентах теплопередачи K_1=6,4 Вт/(м^2 К) и K_3= 3…4 Вт/(м^2 К).

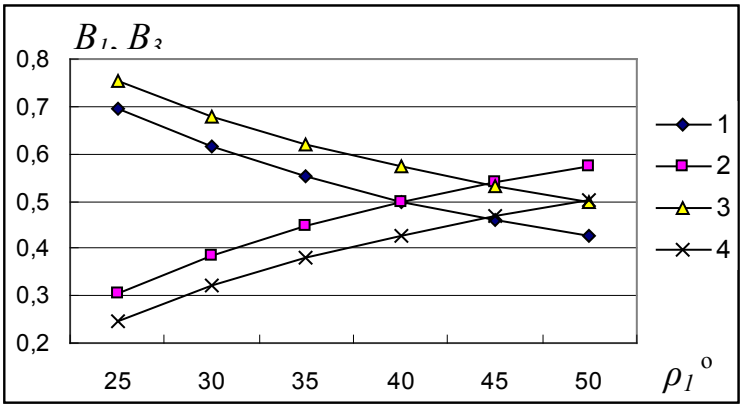


Рисунок 4 - Изменение доли теплопотерь B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1:
1–южный скат 1 и 2-северный скат 3 при K_3=4 Вт/(м^2 К);
3–южный скат 1 и 4-северный скат 3 при K_3=3 Вт/(м^2 К).

Доли теплопотерь B_1 и B_3 изменяются пропорционально увеличению угла наклона ρ_1 (B_1 – падает; B_3 – возрастает). С ростом коэффициента теплопередчи K_3 доля теплопотерь B_3 – падает. Функции B_1 (B_3) = f (ρ_1) не имеют точек экстремумов.

Выводы. Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. В качестве оптимального варианта геометрии гелиотеплицы можно рекомендовать параметры (рис. 1): ширина пролета b≥6 м; длина теплицы l≥25 м; высота несущих конструкций h=2,2 м; угол наклона нижнего южного ската ρ=60^o; угол наклона верхнего южного ската ρ_1=30^o.

Количество тепла, аккумулируемого в конструкции теплицы:

$$\Sigma Q_{ак} = \Sigma Q_{пр} - \Sigma Q_{тп} ; \quad (11)$$

где $\Sigma Q_{тп}$ – теплопотери в теплице.

Тепло, аккумулированное в теплице, выражается следующей суммой

$$\Sigma Q_{ак} = \Sigma Q_{ка} + \Sigma Q_{та} ; \quad (12)$$

где $\Sigma Q_{ка}$, $\Sigma Q_{та}$ – тепло аккумулируемое в конструкции теплицы и тепловом аккумуляторе.

Тепло аккумулируемое за период инсоляции в конструкции теплицы $\Sigma Q_{ка}$ определяется площадью поверхности грунта и наличием больших массивов в ограждении теплицы.

Количество тепла, аккумулируемое в тепловом аккумуляторе, определяется его теплоаккумулирующей эффективностью: материал, способность поглощения солнечной радиации, объем, место расположения.

В первом приближении требуемый суммарный объём теплоаккумулирующих элементов можно определить из соотношения [9]:

$$V_a = C_{уа} F_n / C_p ; \quad (9)$$

где $C_{уа}$ – удельная теплоемкость теплового аккумулятора, отнесённая к 1 м^2 площади прозрачного ограждения, Дж/(м^2 К).

Для теплоаккумулирующих элементов V_a из емкостей с водой при удельной теплоёмкости воды C_p=4186 кДж/(м^3 К) и C_{ya}=620 кДж/(м^2 К) [9], при площади поверхности прозрачного ограждения F_n=150 м^2, объем теплоаккумулирующих элементов составляет V_a= 22,2 м^3.

При достаточных значениях массы теплоаккумулирующих элементов вся или почти вся улавливаемая теплоаккумулирующими элементами солнечная энергия полезно используется, устраняется перегрев в теплице, суточные колебания температуры воздуха в теплице сглаживаются.

Список использованных источников:

1. Якубов Ю. Н. Аккумулирование энергии солнечного излучения. –Ташкент: Фан, 1981, 104 с.
2. Хайриддинов Б.Э, Садыков Т.А. Комбинированные гелиотеплицы- сушилки. -Ташкент: Фан, 1992, -184 с.
3. Вардияшвили А. Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулированием тепла. –Ташкент: Фан, 1990, 196 с.
4. Теплицы и парники. СНиП 2.10.04-85. –М.: Стройиздат, 1985
5. Богословский В. Н. Строительная теплофизика. –М.: Высшая школа, 1982, 415 с.
6. Ким В. Д., Дусяров А. С., Ким В. В. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи на внешних поверхностях гелиоустановок //Гелиотехника. –Ташкент: Фан, 2004, №2, С. 27-30.
7. Дж. А. Даффи, Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. –М.: Мир, 1977, - 420 с.
8. Ким В.Д., Хайриддинов Б.Э., Холлиев Б.Ч. Радиционные и метеорологические режимы Кашкадарьинской области. -Карши: 2000, -73 с.
9. Масса и место размещения теплоаккумулятора. mensh. ru. Построй свой дом. 2006.

Файзиев Тулкун Амирович, кандидат технических наук, доцент, Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru, Файзуллаев Ихтиёр Мукимович, старший преподаватель, Хамраев Толиб Ярашевич, старший преподаватель, Мирзаев Миргалим Шойимардонович, старший преподаватель, Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

INCREASING THE EFFICIENCY OF SOLAR GREENHOUSES WITH HEAT ACCUMULATOR

Faiziev Tulkun Amirovich, Sadykov Jamal Jabbarovich, Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, Tolib Yarashevich Xamraev, Mirzayev Mirdalim Shoyimardonovvich

Karshi engineering and economic institute, Karshi, Uzbekistan

Abstract: The questions of effective conjugation of indices of enclosure coefficients and thermal accumulation of a solar greenhouse as a function of geometrical parameters and solar radiation input are considered. Greenhouses are the most energy-consuming structures, with the

increase in energy prices, the urgency of improving their thermal performance increases. The efficiency of a solar greenhouse is determined by its ability to accumulate the heat of solar radiation energy. The main geometric and energy characteristics of solar greenhouses are the enclosure and heat storage coefficients. The solar radiation gain depends almost little on the angle of incidence of rays on transparent surfaces, it depends mainly on the surface area of the transparent enclosure. For the conditions of Kashkadarya province the most optimal is 60^{o}. The angle of inclination of the upper southern slope is accepted within $25^{o}...50^{o}$. The heat transfer coefficient through the enclosures, indoor and outdoor air temperatures do not depend on the slope angle. The analysis of the obtained results showed that allows: as an optimal variant of the geometry of helioteplitsa can be recommended parameters - span width 6 m; -length of the greenhouse 25 m; -height of supporting structures 2.2 m; -angle of inclination of the lower southern slope 60o; -angle of inclination of the upper southern slope 30^{o}. The amount of heat stored in a thermal accumulator is determined by its heat storage efficiency: material, ability to absorb solar radiation, volume, location. With sufficient mass values of the thermal storage elements, all or almost all of the solar energy captured by the thermal storage elements is utilized, overheating in the greenhouse is eliminated, and daily air temperature fluctuations in the greenhouse are smoothed out.

Keywords: solar greenhouse, solar radiation, accumulation, heat transfer, thermal conductivity, heat transfer coefficient.

Faiziev Tulkun Amirovich, candidate of technical sciences, associate professor,
Sadykov Jamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich, senior lecturer,
Tolib Yarashevich Xamraev, senior lecturer,
Mirzayev Mirdalim Shoyimardonovvich, senior lecturer,
Karshi engineering and economic institute, Karshi, Uzbekistan

УДК 536.24-3:519.87.001.57:697.921.24(24)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНОМ ВЕНТИЛЯЦИОННОМ ТРАКТЕ

Ш.К. Яхшибоев, Ж.Д. Садыков, С.М. Хужакулов, Б.И. Камолов, С.М. Шамуратова

Каршинский инженерно-экономический институт

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы математического моделирования нестационарных теплообменных процессов при движении воздуха по подземному вентиляционному каналу. Для решения процесса нестационарного теплообмена при движении воздуха в прямом цилиндрическом подземном канале многие ученые мира вели исследования и ими были получены определенные решении данной задачи. Аналитические решения при изменения температуры приточного воздуха в подземных вентиляционных каналах получены К.Ван-Хеерденом, Стефановым Е.В. Температура воздуха на выходе из канала без искажений воспроизводит изменения температуры воздуха на входе, но с некоторым запаздыванием во времени и изменением абсолютного значения, поэтому целесообразно рассмотреть нестационарный теплообмен в одиночных подземных каналах при переменной температуре воздуха на входе, что позволяет выявить параметры приточных подземных вентиляционных каналов. Эффективность процессов охлаждения и нагревания воздуха становится при скорости движения воздуха* $\vartheta \geq 10$*м/с, чему соответствует незначительное изменение температуры воздуха. Изменения температуры движущегося в канале воздуха во всех случаях будет определяться величиной температурного напора между обменивающимися теплом средами, временем теплового взаимодействия приточного воздуха с грунтом и величиной поверхности теплообмена. На основе приведенных математических уравнений была разработана компьютерная программа и в результате были получены спектр графиков. Эти графики компьютерных моделей позволяет научно анализировать исследуемых физических процессов нагрева и охлаждения воздуха.*

Ключевые слова: *математическое моделирование, температуры воздуха,* охлаждение, *теплообмен, вентиляционный канал.*

Введение. Задачей изучения процесса нестационарного теплообмена при движении воздуха в прямом цилиндрическом подземном канале занимались ряд ученые мира. Ими были получены определенные решении данной задачи. Анализ имеющихся решений изменения температуры приточного воздуха в подземных вентиляционных каналах показал, что для случая поступления в одиночный канал воздуха с переменной температурой уже имеются аналитические решения[1,6,7]. Они получены К.Ван-Хеерденом [2,4,7] и Е.В.Стефановым [3,5,8] при условии гармонических колебаний температуры входящего в канал воздуха. Е.В. Стефановым было доказано [3,5-8], что температура воздуха на выходе из канала без искажений воспроизводит изменения температуры воздуха на входе, но с некоторым запаздыванием во времени и изменением абсолютного значения. Поэтому оказалось целесообразным рассмотреть нестационарный теплообмен в одиночных

подземных каналах при переменной температуре воздуха на входе с использованием теории систем автоматического регулирования, что позволило выявить параметры приточных подземных вентиляционных каналов как звена системы автоматического регулирования и получить решения в виде уравнения амплитудно - фазовой характеристики звена

$$W_{(i\omega)} = e^{\frac{-h\cdot x}{\vartheta}\left[M_{(\omega)} + iN_{(\omega)}\right]} \tag{1}$$

где $M_{(\omega)} = f(\omega)$ -является вещественной частотной характеристикой; $N_{(\omega)} = f(\omega)$ -мнимая частотная характеристика.

Основная часть. Анализ решения (1), полученного на базе теории автоматического регулирования показывает, что его можно привести к виду, полученному Е.В.Стефановым. Для этого необходимо воспользоваться рекуррентными соотношениями для функций Томсона и в $M(\omega)$ и $N(\omega)$ перейти к определяющим процесс теплообмена критериям Био (*Bi*) и Предводителева (*Pd*), а передаточную функцию $W(i\omega)$ рассматривать как отношение температуры воздуха на выходе из канала $t(x, \tau)$ к температуре воздуха на входе в канал $t(o, \tau)$. Тогда общее решение, характеризующее степень изменения температуры воздуха на выходе из подземного канала при

$t(o, \tau) = A_t Cos\,\omega\tau$ будет иметь вид:

$$\frac{t_{(x,\tau)}}{t_{(o,\tau)}} = e^{\frac{-h\cdot x}{v}(M + iN)} \tag{2}$$

Так как сдвиг колебаний (*iN*) температуры приточного воздуха, движущегося в подземном вентиляционном канале можно не учитывать [3], то степень изменения температуры воздуха на выходе из подземного канала выразится зависимостью

$$\frac{t_{(x,\tau)}}{t_{(o,\tau)}} = e^{\frac{-h\cdot x}{\vartheta}M} \quad \text{или} \quad \frac{t_{x,\tau} - \upsilon_{гр}}{t_{o,\tau} - \upsilon_{гр}} = e^{\frac{-h\cdot x}{\vartheta}\cdot M} \tag{3}$$

где M, является функцией критериев $\beta = \sqrt{Pd}$ и *Bi*, учитывает процесс распространения температур в окружающем канал массиве;

$$h = \frac{\alpha \cdot S \cdot \vartheta}{Q_{уд}}$$

x- расстояние от начального до рассматриваемого сечения канала, м;

ϑ – скорость движения воздуха в канале, м/с;

α - коэффициент теплообмена движущегося воздуха и окружающего канал массива грунта, Вт/м^2,^{0}С;

Для процесса охлаждения движущегося в подземном канале воздуха, т.е. использование аккумулированного холода весной и летом

$$\alpha = 3{,}55 \cdot \vartheta^{0,8} \cdot d^{-0,2} \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C}; \quad \text{или} \quad \alpha = 3{,}05 \cdot \vartheta^{0,8} \cdot d^{-0,2} \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot {}^0C}, \tag{4}$$

Для процесса нагревания движущегося в подземном канале воздуха, т.е. аккумуляция холода зимой

$$\alpha = 4{,}16 \cdot \vartheta^{0{,}8} \cdot d^{-0{,}2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0{,}054} \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0C},$$

или

$$\alpha = 3{,}58 \cdot \vartheta^{0{,}8} \cdot d^{-0{,}2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0{,}054} \frac{ккал}{м^2 \cdot ч \cdot {}^0C}; \qquad (5)$$

Примечание: при скорости движения воздуха $\vartheta \geq 10$ *м/с* разность эффективностей процессов охлаждения и нагревания воздуха становится не более 0,02 - 0,03, чему соответствует незначительное (неболее $0{,}5^0$C) изменение температуры воздуха, чем можно пренебречь и значение α для охлаждения и нагревания воздуха вычислять по одной зависимости (5). *S* - периметр воздуховода, м; $Q_{уд}$ - удельное количество тепло, переносимое воздухом через поперечное сечение канала в единицу времени,

$$\left(Q_{уд} = C \cdot \rho \cdot \vartheta \cdot F\right)$$

$\upsilon_{гр}$ – температура окружающего канал грунта, ^{0}C;

Для построения номограммы по аналитическому выражению (3) приведем показатель экспоненциальной функции к окончательному виду

$$-\frac{h \cdot x}{\vartheta} \cdot M = -0{,}00377 \cdot M \cdot \frac{\alpha}{\vartheta} \cdot \frac{x}{d} \qquad (6)$$

и определим пределы изменения входящих величин.

Исходя из общей оценки всех возможных случаев работы приточных подземных одиночных воздуховодов, находящихся в неограниченном массиве, можно принять следующие пределы величин β, Bi, $\frac{\alpha}{\vartheta}$ *и* $\frac{x}{d}$:

$$\beta = \sqrt{Pd} = \sqrt{\frac{\omega}{a}} \cdot r_o = \sqrt{\frac{2П}{T \cdot a}} \cdot r_o = 0{,}05 \div 4{,}0$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot r_o}{\lambda} = 0{,}5 \div 40$$

$$\frac{x}{d} = 25 \div 4000$$

$$\frac{\alpha}{\vartheta} = 0{,}01 \div 5$$

где T – период колебаний, ч;

a – коэффициент температуропроводности окружающего канал массива, $м^2/ч$

r_0 – радиус канала, м;

d – диаметр канала, м;

λ - коэффициент теплопроводности окружающего канал грунта, $Вт/м^0C$.

С целью выявления зависимости $M = f(\beta)$ *и* $M = f(Bi)$ были проделаны численные расчеты величины М при фиксированных $Bi = (0{,}5 \div 40)$ и $\beta = (0{,}05 \div 4{,}0)$. Результаты показали, что аппроксимация числа M возможна только для определенных областей значений Bi и β, что отражено в номограмме (Рис. 1), построенной для расчета изменения температуры приточного воздуха, движущегося в одиночных подземных

вентиляционных каналах при неограниченном $\frac{x}{d}$ и $t_{o,\tau} = A_t \cdot \cos \omega\tau$. Эффективность процесса изменения температуры движущегося в канале воздуха во всех случаях будет определяться величиной температурного напора между обменивающимися теплом средами, временем теплового взаимодействия приточного воздуха с грунтом и величиной поверхности теплообмена.

Отношение амплитуд колебаний температур воздуха представлено следующей зависимостью:

$$\frac{A_{t_x}}{A_{t_0}} = \exp\left(-\frac{h}{\vartheta}\kappa x\right) \qquad (7)$$

О величина температурного напора можно судить по графикам, характеризующим температуру грунта и изменение во времени температуры наружного воздуха. Аналогичный график построен на рис.1 применительно к температурно-влажностным условиям Узбекистана[1,4,5,7].

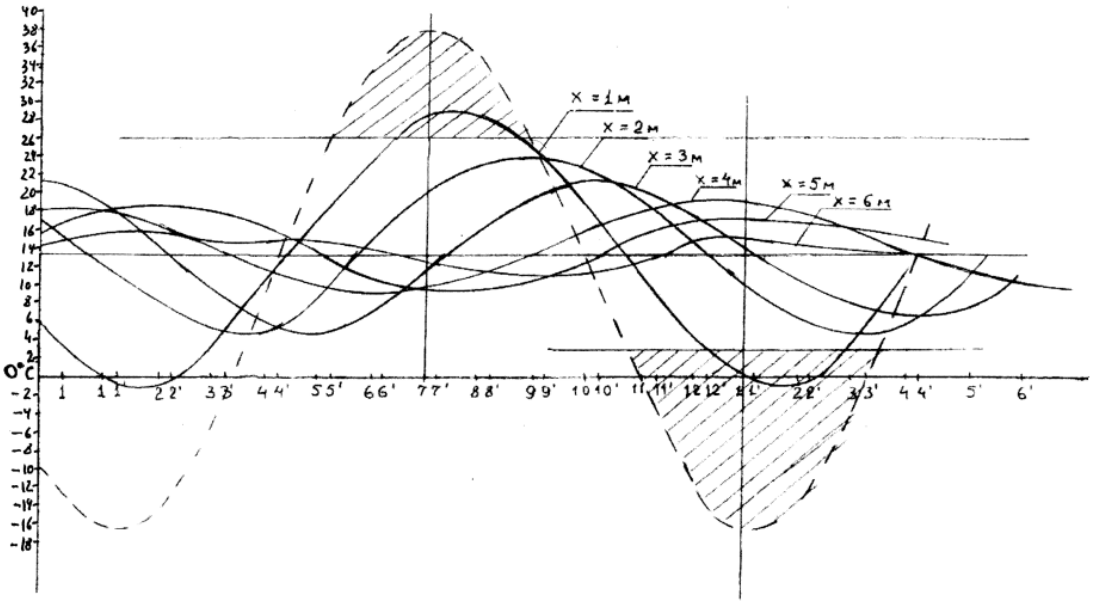


Рисунок 1 - График периодического изменения температуры наружного воздуха и соответствующий ей температуры грунта на глубинах от x=1*м.* до x=6*м.*

Условные обозначения:

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ график периодического изменения температуры наружного воздуха, ^{0}C.

_____ график периодического изменения температуры грунта на глубине x=1,2,3,4,5,6 *м.* 1, 2, 3,……. месяцы года.

Будем считать наилучшим случай, когда весной и летом поступает наружный воздух с температурой +26^{0}C, а зимой с температурой не ниже 0^{0}C. Из графика видно, что весной и летом средняя температура воздуха +26^{0}C и выше будет наблюдаться в течение 4^x месяцев, а зимой наружный воздух с $t_н$=0^0C и ниже будет поступать в СВ также в течение 4^x месяцев. Кроме того, на графике дана естественная температура окружающего канал грунта на различной глубине.

По графику мы можем судить:

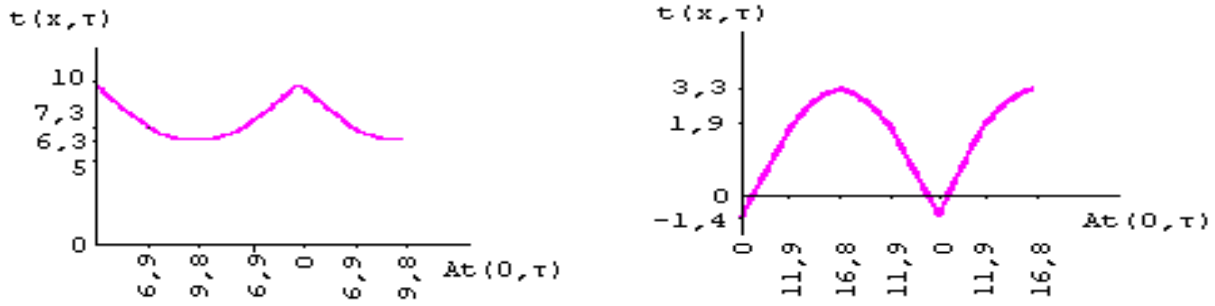
1) о величине температурного напора между обменивающимися теплом средам в начале процесса;

2) о минимальном и максимальном снижении амплитуды колебаний температуры воздуха при движении в подземном вентиляционном канале;

3) о характерном времени теплового взаимодействия грунта и воздуха. (Характерным будем считать тот отрезок времени, в течение которого происходит изменение температуры воздуха в результате теплообмена с окружающим канал грунтом).

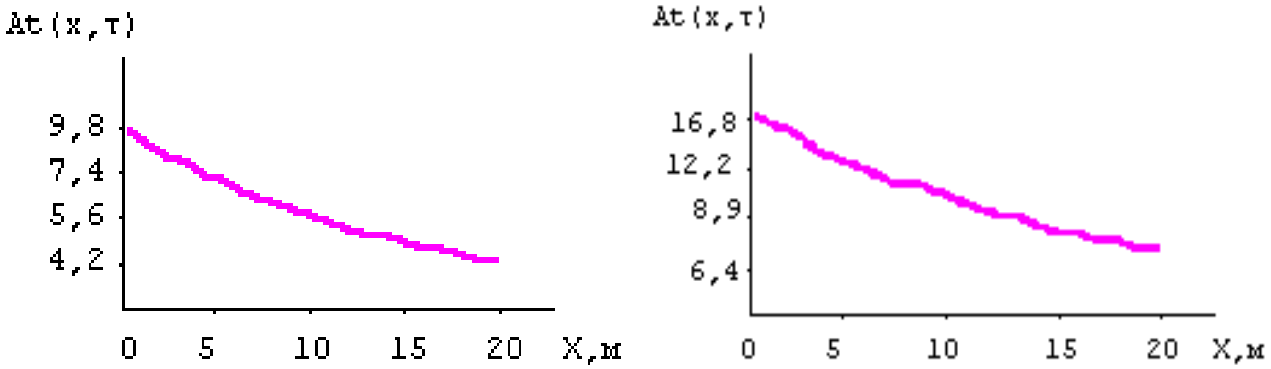
И так мы можем сказать, что для каждого климатического района существует характерное время теплового взаимодействия приточного воздуха, движущегося в одиночном подземном вентиляционном канале, и грунта, а результаты этого теплообмена при $t_{o,\tau} = A_t \cdot \cos \omega\tau$ выраженные в изменении температуры приточного воздуха, определяется уравнением (3).

На основе выше приведенных математических уравнений была разработана компьютерная программа и в результате были получены спектр графиков зависимостей с ограниченной научной точностью [4,7,8].



А) *Б*)

Зависимость $t(x, \tau)=f(A_{t(0,\tau)})$. *А*) -при нагреве; *Б*) -при охлаждении.



А) *Б*)

Зависимость $A_{t(x,\tau)} = f(e^{-nx})$. *А*) -при нагреве; *В*) -при охлаждении.

Выводы. Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Рассмотренный вариант решения изменения температуры приточного воздуха при движении в подземном канале при $t_{o,\tau} = A_t \cdot \cos \omega\tau$ как звена системы автоматического регулирования согласуется и приводится к решению, полученному в [3], а само решение приведено к виду (3,4), удобному для построения номограммы;

2. Построена номограмма для практических расчетов изменения температуры

приточного воздуха, движущегося в одиночном подземном канале при неограниченной величине относительного расстояния $\frac{x}{d}$ и периоде колебаний температуры наружного воздуха;

3. Учет данного изменения температуры приточного воздуха позволит более обоснованно подойти к выбору расчетных параметров наружного воздуха для СВ, снизить установочную мощность оборудования для холодоснабжения, уменьшить эксплуатационные расходы энергоресурсов, экономить моторесурсы холодильных машин.

4. Графики зависимостей $A_{t(x,\tau)} = f(e^{-nx})$, $t(x,\tau)=f(A_{t(0,\tau)})$ компьютерных моделей позволяет научно анализировать исследуемых физических процессов нагрева и охлаждения воздуха.

5. Оптимизировать значения расчетных температур грунтового массива и тем самым добиться снижение установочной мощности оборудования систем холодоснабжения.

Список использованных источников:

1. СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» М,1996 г.
2. К.Ван-Хеерден «Задача о нестационарном тепловом потоке в связи с воздушным охлаждением угольных пластов». Сборник «Вопросы теплообмена». Госэнергоиздат, 1959 г.
3. Стефанов Е.В. «Результаты исследования неизотермического течения несжимаемой жидкости в подземных каналах и трубах». Инженерно-физический журнал т.XI №4-1966 г.
4. Шойкулов А.А., Мансуров А.А., Пирова Р. Математическое моделирование нестационарного теплообмена в одиночных подземных вентиляционных каналах. Журнал проблемы информатики и энергетики РУз, №6, 2006.
5. Мансуров А.А., Садыков Ж.Д. Температура грунта при кондуктивном теплообмене. Вестник КарГУ, № 3, 2012.
6. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К. Научные основы аккумулирования естественного холода в подземных плодоовощехранилищах/ Монография. – Карши: “Интеллект” 2021. 124 с.
7. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К., Вардияшвили А.А. Математическое моделирование процессов теплообмена при аккумулирования естественного холода в грунтовом массиве// Научно-технический журнал ФерПИ. -Фергана, 2021.- Том 25.№ 5. С. 65-69.
8. Узаков Г.Н., Яхшибоев Ш.К. Математическая модель теплового баланса подземного плодоовощехранилища с грунтовым аккумулятором естественного холода. // Проблемы энерго-и ресурсобережения. -Ташкент, 2021.- № 3. С. 153-163.

Яхшибоев Шухрат Комилович, кандидат технических наук, доцент, Садыков Жамал Джаббарович, старший преподаватель, sadikovjd57@inbox.ru, Хужакулов Саъдулла Мирзаевич, кандидат технических наук, доцент, Камолов Бекзод Илхомович преподаватель, Шамуратова Сохиба Мустафакуловна преподаватель, Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

MATHEMATICAL MODELING OF NON-STATIONARY HEAT EXCHANGE PROCESS AND DETERMINATION OF AIR TEMPERATURE CHANGES IN UNDERGROUND VENTILATION TRACT

Yakhshiboev Shukhrat Komilovich , Sadykov Zhamal Jabbarovich, Xuzhakulov Sadulla Mirzaevich, Kamolov Bekzod Ilkhomovich, Shamuratova Sohiba Mustafakulovna
Karshi institute of engineering and economics, Karshi, Uzbekistan.

Abstract: The article discusses the issues of mathematical modeling of non-stationary heat exchange processes when air moves through an underground ventilation duct. To solve the process of unsteady heat transfer during air movement in a straight cylindrical underground channel, many scientists around the world conducted research and they obtained certain solutions to this problem. Analytical solutions for changes in supply air temperature in underground ventilation ducts were obtained by K. Van Heerden, E.V. Stefanov. The air temperature at the outlet of the channel without distortion reproduces changes in the air temperature at the inlet, but with some time lag and a change in the absolute value, therefore it is advisable to consider non-stationary heat exchange in single underground channels with a variable air temperature at the inlet, which makes it possible to identify the parameters of the supply underground ventilation ducts. The efficiency of air cooling and heating processes becomes effective at an air speed of 10 m/s, which corresponds to a slight change in air temperature. Changes in the temperature of the air moving in the channel in all cases will be determined by the magnitude of the temperature difference between the media exchanging heat, the time of thermal interaction of the supply air with the soil, and the size of the heat exchange surface. Based on the given mathematical equations, a computer program was developed and as a result a spectrum of graphs was obtained. These graphs of computer models allow scientific analysis of the studied physical processes of heating and cooling of air.

Key words: mathematical modeling, air temperatures, cooling, heat transfer, ventilation duct.

Yakhshiboev Shukhrat Komilovich , candidate of technical sciences, associate professor,
Sadykov Zhamal Jabbarovich, senior lecturer, sadikovjd57@inbox.ru,
Xuzhakulov Sadulla Mirzaevich, candidate of technical sciences, associate professor,
Kamolov Bekzod Ilkhomovich, lecturer,
Shamuratova Sohiba Mustafakulovna teacher,
Karshi institute of engineering and economics, Karshi, Uzbekistan.

УДК 621.311

АЛГОРИТМ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИН ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ

И.В. Павлов, В.И. Зацепина

ФГБОУ ВО "ЛГТУ"

Аннотация. *Цель данной работы является предложение системы, позволяющей обнаруживать, классифицировать и локализовать неисправности в распределительной энергосистеме с радиальной топологией с помощью одного измерительного узла. Предлагаемый метод основан на использовании Машин Опорных Векторов (МОВ). Алгоритм анализа неисправностей состоит из многоклассового классификатора на основе МОВ для классификации типа неисправности и второго этапа, также основанного на МОВ, для определения местоположения линии в энергосистеме, на которой происходит неисправность. Характерные параметры получены путем вычисления среднеквадратичного профиля и получения двухуровневого вейвлет-преобразования. Для обучения и разработки классификатора применяется процесс интеллектуального анализа данных с целью выбора характерных параметров, которые наилучшим образом описывают возмущения в осциллограммах напряжения и тока при возникновении повреждения в любой линии сети. Одно из главных преимуществ предложенного алгоритма заключается в том, что измерения проводятся на одном узле сети, что является важной характеристикой при расчете стоимости и времени развертывания системы поиска повреждений.*

Ключевые слова: *электроснабжение, технологические процессы животноводческих предприятий, надёжность электроснабжения, методики определения ущербов, сезонность, сезонное резервирование.*

Введение. В последние годы требования пользователей к качеству и бесперебойности электроснабжения значительно возросли. Это обязывает поставщиков иметь инструменты, позволяющие им как можно быстрее восстановить подачу электроэнергии. Чем быстрее будет нормализовано обслуживание, тем меньше будут экономические потери, с которыми придется столкнуться поставщикам. По этой причине мониторинг состояния электросетей приобрел решающее значение для улучшения показателей обслуживания, которые позволяют поставщикам сократить экономические потери, вызванные ростом требований потребителей в условиях некачественного обслуживания.

Сегодня системы мониторинга и защиты стали совершеннее благодаря технологическому прогрессу; измерительные устройства теперь доступны по сверхнизкой цене, с возможностью очень точной выборки напряжения и тока и высокой частотой дискретизации. Кроме того, новая парадигма "умных сетей" привела к внедрению передовых коммуникационных инфраструктур для поддержки требований к эксплуатации и мониторингу сетей будущего.

Эти коммуникационные инфраструктуры значительно облегчают задачу централизации информации о сетях для последующей обработки. В результате значительный объем информации о явлениях, происходящих в энергосистеме, теперь может быть

централизованно получен путем сбора сигналов напряжения и тока в стратегических узлах сети [1]. Система защиты от повреждений призвана обрабатывать сигналы напряжения и тока, чтобы определить момент возникновения повреждения, классифицировать его тип и оценить местоположение вызвавшего его инцидента [2].

Хотя точного определения объема или функциональных возможностей локатора повреждений не существует, в большинстве статей в качестве основных выделяются следующие.

1. Идентификация места повреждения: Эта функциональность соответствует точному определению, с определенной погрешностью, места возникновения неисправности. Этот тип функциональности очень важен для длинных линий или подземных линий, где идентификация повреждения является дорогостоящей задачей.

2. Идентификация типа повреждения: Существует широкая классификация неисправностей по их характеристикам. Внутри низкоомных повреждений можно найти подклассификацию в зависимости от количества задействованных фаз, например, одна фаза на землю, две фазы на землю, три фазы на землю, фаза на фазу [3, 4].

3. Определение линии или зоны, где произошло повреждение: Если длина линий невелика и они не расположены под землей, приемлемым подходом является идентификация линии или зоны, где происходит повреждение. Этот тип системы требует гораздо меньшего количества измерительных узлов по сравнению с методами, направленными на идентификацию места повреждения.

Точность определения места повреждения будет иметь большое значение при направлении операторов на объект для проведения ремонтных работ. Поэтому способность надежно и с высокой степенью точности определять место повреждения будет обязательным требованием при проектировании интеллектуальных сетей [5]. Большинство алгоритмов поиска неисправностей, разработанных научным сообществом, ориентированы на распределительные сети. Эти разработки не могут быть напрямую адаптированы к распределительной сети, поскольку последняя имеет радиальную топологию, ограниченное количество узлов учета, обычно не располагает информацией о состоянии выключателей и рубильников во всех ветвях распределительной сети, а результаты измерений в разное время суток могут меняться из-за переменного характера нагрузки и изменения количества генераторов, подключенных к системе.

По этим причинам алгоритмы поиска повреждений для распределительной системы отличаются от алгоритмов, разработанных для системы передачи. Согласно обзору Кезуновича (2011), алгоритмы поиска повреждений в распределительных энергосистемах можно разделить на:

- основанные на кажущемся сопротивлении [6, 7];
- прямой анализ трехфазных цепей [8] [9];
- наложенные компоненты [10];
- бегущие волны [11] [12] [13];
- мониторинг качества электроэнергии;
- искусственный интеллект, также известный как подход, основанный на использовании постоянно изменяющихся данных.

Для применения в распределительных системах алгоритмы, основанные на методах искусственного интеллекта, могут быть наилучшим вариантом [14]. В этом смысле в [15] предложен алгоритм, использующий классификатор на основе. С другой стороны, очень

немногие статьи реализуют метод выбора набора характерных параметров, которые наилучшим образом описывают события, подлежащие классификации.

Работа организована следующим образом: Во втором разделе в общем виде представлена последовательность процессов, разработанных с целью проектирования, обучения и тестирования классификатора на основе машин опорных векторов [16]. В третьем разделе представлена реализация алгоритма для случая 6-шинной радиальной энергосистемы [17]. В четвертом разделе представлены полученные результаты. В пятом разделе сформулированы наиболее важные выводы.

Алгоритм разработки и тестирования классификатора

Для определения типа повреждения и местоположения линии с нарушениями применяются два МОВ-классификатора. Эти алгоритмы, относящиеся к группе линейных методов обучения, должны быть разработаны и обучены, чтобы научиться относить образцы к различным заранее определенным классам.

Разработка классификатора МОВ включает в себя оптимальный выбор параметров, которые наилучшим образом описывают конкретный класс, и настройку параметров, определяющих поведение классификатора. Для проектирования и обучения классификатора был разработан алгоритм, представленный в виде технологической схемы на рис. 1.

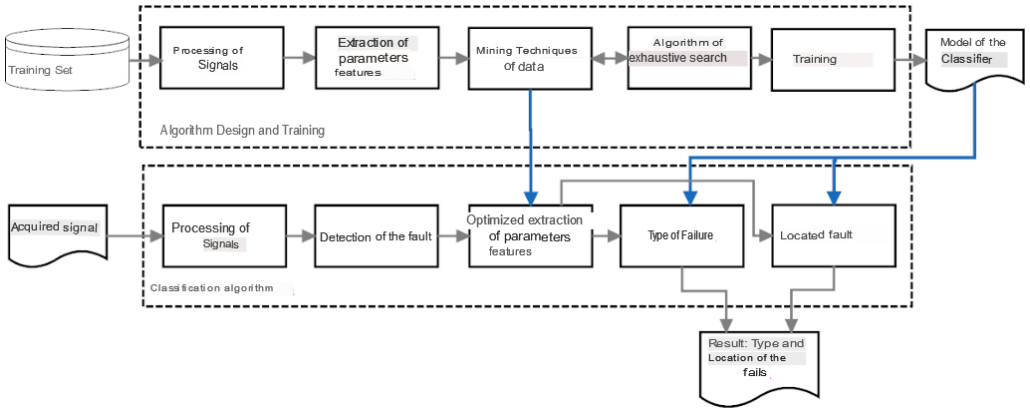


Рисунок 1. Алгоритм обучения системы поиска неисправностей

Алгоритм проектирования и обучения направлен на создание и обучение специальных классов, позволяющих связать измерения, проводимые в определенных узлах сети, с конкретными неисправностями и идентифицировать линии повреждений в энергосистеме. После создания эти классификаторы будут использоваться алгоритмами классификации.

Проектирование требует выполнения нескольких процедур, которые кратко описаны ниже.

Конфигурирование. Обработка сигнала направлена на уменьшение шума измерений, нормализацию амплитуды до единицы и обработку сигнала. Длительность сигнала ограничивается определенным числом циклов и измеряет форму сигнала в представлении, удобном для диагностики неисправностей и расчета характерных параметров.

Извлечение характерных параметров. Объем информации, получаемой при опросе каждого уровня электрической системы, очень велик, популярность и даже масштабность не влияют на распределение работ. Чтобы повысить эффективность классификации, данные следует сократить до меньшего количества параметров, чем те, которые характерны для ситуации, подлежащей наилучшей классификации. Процесс преобразования сигнала в

параметр признака называется извлечением параметра признака. На этом этапе, независимо от типа и местоположения неисправности, снятие ограничений выполняется в общем виде.

Анализ данных. В процессе проектирования изделия выбираются стратегии анализа признаков, которые не были извлечены на конкретном этапе извлечения параметров, наилучшим образом описывающие каждую конкретную ситуацию. Оптимизация параметров, управляющих поведением каждого распределения, также является методом, который должен быть выполнен в зависимости от типа и местоположения анализируемого дефекта.

Цель этой модели - выбрать конкретные методы, которые могут наилучшим образом описать каждую группу, присутствующую в образовательном процессе; для этого используются два типа методов: эвристическая фильтрация и точный поиск.

1. Эвристическая фильтрация: цель этого процесса - выбрать набор уникальных характеристик, которые лучше всего описывают категорию. Существует множество методов выбора уникальных признаков; наиболее важными из них являются метод карточек [18], метод F-помощи [19] и метод конфликтов [20].

2. Метод исчерпывающего поиска: цель этого метода - сократить количество данных, необходимых для представления группы. Если предположить, что количество признаков, не используемых для определения группы (полученных в процессе эвристической фильтрации), обозначается буквой j, то существует 2j комбинаций отрицательных признаков. Весь процесс исследования включает обучение и проверку для каждой комбинации. Затем эти наборы используются для обучения и проверки эффективности классификатора путем выбора наилучшей комбинации. Метод, в котором алгоритм классификации используется в качестве метода выбора признаков, известен как обертка [21].

Для того чтобы результаты были надежными и соответствовали оптимальной производительности системы классификации, для каждой комбинации параметров признаков запускается процесс оптимизации параметров классификатора, представленный в следующем разделе.

Оптимизация параметров классификатора. Эффективность классификатора на основе машин с опорными векторами зависит от качества описательных данных, используемых для его обучения, и оптимальной настройки параметров, определяющих его обучение.

Существует большое разнообразие параметров в зависимости от выбранной функции ядра, однако первым параметром, который следует выделить и который не зависит от выбранной функции ядра, является параметр штрафа C (penalty factor или box constraint).

В зависимости от используемой функции ядра настраиваемыми параметрами могут быть: параметр сигма (σ) для радиальной базисной функции (RBF) и функции Гаусса, параметр степени (d) для полиномиального ядра, параметр альфа (α) для гиперболического ядра и другие.

Эвристического решения для вычисления значений C и конкретного параметра функции ядра не существует, поэтому заранее узнать оптимальные значения для решения той или иной задачи невозможно.

Как следствие, для нахождения оптимальных значений при заданной задаче необходимо применять поисковые алгоритмы.

Обучение классификатора. Последний процесс алгоритма проектирования и обучения классификатора использует комбинацию параметров характеристик и параметров классификатора, полученных в процессе Data Mining, для обучения классификатора.

В результате этой процедуры получается комбинация параметров, управляющих этапом SVM, и комбинация параметров SVM и классификатора.

Как видно из рисунка 1, вторая конструкция алгоритма называется алгоритмом сортировки. Алгоритм захватывает тесты сигналов напряжения и тока с распределенных узлов сети и выполняет их с использованием модели, полученной в результате построения и обучения алгоритма. Таким образом, получается оценка типа повреждения и линии, на которой оно произошло. Для этого необходимо выполнить следующие шаги.

Обработка сигнала. Модули предварительной обработки сигналов используют ту же функциональность, что и модули, объединяющие разработку классификаторов и обучение алгоритмов: преобразование данных для распознавания.

Обнаружение ошибок. Тестирование по мере появления ошибок. Случайность представляет собой неравномерность напряжения или тока сигнала на каждом этапе узла.

Измеряются, чтобы найти аномалию, которая указывает на наличие неисправности в некоторых линиях экспортного товара.

Извлечение функциональных параметров. Подпроцесс извлечения функциональных параметров алгоритма классификации имеет то же название, что и алгоритм проектирования и обучения, показанный в части А. Однако между этими двумя процессами есть важное различие. На этапе классификации, когда классификатор находится на стадии производства, вычисляются только те параметры признака, которые были признаны оптимальными в результате расчетов, выполненных алгоритмом проектирования и обучения.

Это позволяет сэкономить вычислительные затраты за счет вычисления только тех параметров, которые представляют классифицируемое событие.

Классификация типов неисправностей. Как следует из названия, этот классификатор отвечает за определение типа повреждения: фаза на землю, фаза на фазу, две фазы на землю или три фазы на землю.

Этот подпроцесс имеет в качестве входных данных модель классификатора и набор характерных параметров, полученных в результате обработки сигналов напряжения и тока. Выход классификатора соответствует метке, указывающей на тип неисправности.

Локализация неисправностей. Модуль локализации неисправностей предназначен для определения линии и фазы энергосистемы, где наиболее вероятно обнаружение неисправности, в соответствии с набором полевых измерений.

При возникновении повреждения на линии энергосистемы измерения напряжения и тока на соседних линиях или сборных шинах показывают возмущения, как правило, типа провалов напряжения и/или колебательных переходных процессов [22].

Метод определения места повреждения, предложенный в данной работе, основан на том, что при возникновении повреждения измерения напряжения и тока, полученные в стратегических узлах сети, будут иметь определенные характеристики в зависимости от географического положения, в котором произошло повреждение. В этом смысле, если неисправность возникает вблизи точки измерения, полученные данные будут иметь определенные характеристики, которые будут заметно отличаться от тех, которые будут получены для сценария, когда неисправность возникает в узлах, расположенных дальше от точки измерения.

Методология и результаты

В разделе 3 подробно описывается процесс, использованный на каждом этапе разработки и обучения алгоритма, а также процесс классификации на рисунке 1, процесс

тестирования и полученные результаты. В подразделе А подробно представлена модель радиального бруса, использованная для обучения и тестирования предложенной системы. В подразделе В описывается схема обучения и тестирования. В подразделе С представлены результаты, полученные на этапе проектирования и обучения. После создания классификатора он используется для классификации различных событий. D.

Процесс проектирования был обучен и протестирован на радиальной машине, имитирующей небольшой станок, как показано на рисунке 2.

На этапе классификации на каждой линии были смоделированы неисправности классов A, B, C и D для обучения и тестирования (см. таблицу 4).

Аналоговые сигналы сэмплируются следующим образом: 10 из 10 раз [выборок в секунду]. Для обучения и тестирования алгоритма рассматривался временной интервал в 0,04 [секунды] (2 цикла сигнала частотой 50 [Гц]). Угол введения возмущения моделируется случайным образом.

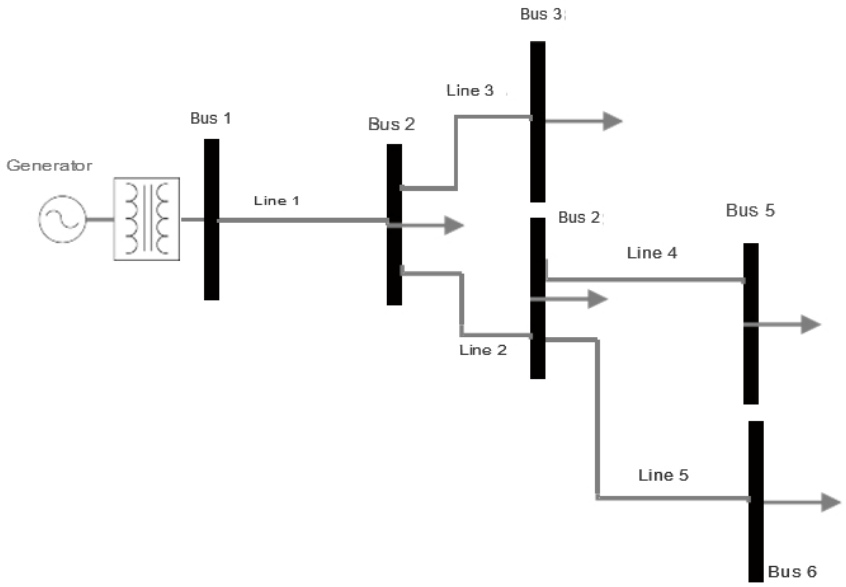


Рисунок 2. Радиальная система распределения

Наиболее важными параметрами системы являются:

- Нагрузки: Рассматривался только случай нагрузок с активной мощностью.
- Частота сети: Система настроена на частоту 50 сети Гц.
- Линии: Параметры линий приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры линий

Линия	**Протяженность (Км)**	**R0 (Ом/км)**	**R1 (Ом/км)**	**L0 (Ну/км)**	**L1 (Ну/км)**
Линия 1	2	0.2	0.36	0.0014	0.006
Линия 2	1	0.2	0.36	0.0014	0.006
Линия 3	5	0.2	0.36	0.0014	0.006
Линия 4	1	0.2	0.36	0.0014	0.006
Линия 5	3	0.2	0.36	0.0014	0.006

Таблица 2 - Протяженность линий и мощность нагрузок

	Протяженность линий (Км)					**Активная мощность (МВатт)**			
	Линия 1	**Линия 2**	**Линия 3**	**Линия 4**	**Линия 5**	**Заряд 1**	**Заряд 2**	**Заряд 3**	**Заряд 4**
Сценарий 1	2	1	5	1	3	0.1	1	2	2.5
Сценарий 2	2	1	5	1	3	1	1	1	1

Процесс обучения был разработан с помощью инструментария MATLAB Simulink на основе модели, определенной в части А.

Метод включает в себя моделирование нескольких неисправностей на различных линиях системы, а затем получение осциллограмм напряжения и тока, измеренных на каждой фазе шин. В результате для каждой неисправности будет получено 6 осциллограмм (напряжение и ток для каждой линии), подключенных к шине 1).

Для создания учебно-испытательной системы, представляющей несколько сценариев, рекомендуется провести моделирование, содержащее следующие сценарии:

Типы неисправностей: обучение и тестирование [2], моделирование Определены четыре типа неисправностей: тип А (одна фаза на землю), тип В (две фазы на землю), тип С (фаза на фазу) и тип D (третья фаза на землю). Это распределение основано на рекомендациях, приведенных в таблице 3.

- Место повреждения: В таблице 4 показано распределение неисправностей на рис. 2. Каждая ячейка представляет собой общее количество отказов моделируемого кода в определенный момент времени. В данном ряду присутствуют ошибки классов A, B, C и D. Например, для ряда 1 было смоделировано 50 ошибок на 20% длины ряда (структурировано в соответствии с таблицей 2). Эти 50 ошибок состоят из типов A, B, C и D.

- Начальное время отказа: моделирование начального времени отказа при случайном или так называемом комфортном угле.

- Сопротивление ошибкам: ограничьте количество символов, чтобы смоделировать небольшое сопротивление ошибкам, стремящееся к нулю.

Таблица 3. Типы отказов

Типы отказов	**Подробности**	**Кол-во**	**Общие**
Тип А	Фаза А на землю	100	300
	Фаза Б на землю	100	
	Фаза С на землю	100	
Тип В	Фазы А и В на землю	100	300
	Фазы А и С на землю	100	
	Фазы В и С на землю	100	
Тип С	Фаза А к фазе В	100	300
	Фаза А к фазе С	100	
	Фаза В - фаза С	100	
Тип D	Фазы А, В и С на землю	100	100
Общий			**1000**

Таблица 4. Типы отказов

Линия	1	2	3	4	5	Общие
Локализация						
20%	50	50	50	50	50	250
40%	50	50	50	50	50	250
60%	50	50	50	50	50	250
80%	50	50	50	50	50	250
Total	**200**	**200**	**200**	**200**	**200**	**1000**

Обучающая система, разработанная для тренировки и тестирования предложенной системы, была создана путем моделирования 1000 различных сценариев. Поскольку для представления каждого состояния используется 6 осциллограмм (напряжение и ток для каждой фазы), в результате обучения генерируется 6000 сигналов. C. Разработка и обучение классификатора:

- Конфигурация: Осциллограммы для требований сэмплируются с частотой 10 [киловыборок/секунду]. Поскольку длина временного окна составляет 0,04 [секунды], алгоритм должен уметь классифицировать и находить ошибку, даже если она не решена. Учитывая время выборки и длину окна, каждая форма волны представлена 400 сэмплами. Как упоминалось выше, измерение соответствует измерению напряжения и тока каждой фазы в отдельности (в данном случае шины 1). Таким образом, каждая неисправность будет идентифицирована с помощью 400 образцов 6 осциллограмм (напряжения фаз A, B, C и тока фаз A, B, C).

Методы обработки сигналов, используемые в данном исследовании, следующие: вычисление среднеквадратичного распределения (rms) и двухуровневое вейвлет-преобразование с использованием главного вейвлета db 4.

- Вычитание отрицательных признаков: выбор параметров. Как упоминалось выше, они представляют тип и местоположение повреждения в зависимости от цели. Рассчитанные характеристики приведены в таблице 5.

- Анализ данных: как показано на рис. 1, анализ отказа состоит из двух отдельных частей; одна состоит из двух отдельных частей; одна отвечает за классификацию типов грехов, другая - за классификацию типов грехов. Он отвечает за классификацию типов грехов. Во второй части будет показана линия неудач. В этом столбце представлены результаты двух отдельных групп.

1. Эвристическая фильтрация: результаты этого процесса перечислены в таблице 6, включая алгоритм, отвечающий за тип и область преступления.

2. Алгоритм исчерпывающего поиска: в таблицах 7 и 8 приведены результаты алгоритма исчерпывающего поиска.

3. Оптимизация параметров классификатора: В классификаторе, используемом в данной работе, применяется функция ядра с радиальным базисом (RBF). Классификатор SVM с ядром RBF управляется путем настройки C и сигма-преобразования. В таблице 9 приведены результаты работы алгоритма поиска по сетке для каждого уникального параметра, а также лучший процент.

D. Классификатор.

Алгоритмы классификации используют результаты разработки и обучения алгоритмов для выявления и классификации правонарушений. Поэтому идеи и методы, задействованные в этом процессе, схожи с теми, что были представлены в предыдущем разделе. Согласно результатам, приведенным в таблицах 7 и 9, классификация типов повреждений была обучена с использованием параметров maxRMSTension, maxRMSCurrent и maxCurrent для фаз A, B и C, с параметром C 30 и параметром sigma 0,5.

Для обучения классификатора для обнаружения неисправностей используется комбинация отрицательных признаков, чтобы уменьшить объем вычислений. Поэтому для обучения классификатора используются параметры minRMSTension, minRMSCurrent, Average Current и MaxCurrent (для фаз A, B и C), как показано в таблице, параметр C равен 25, a sigma - 0,5. 8 y 9.

Таблица 5 - Характеристика параметров

Технология обработки сигналов	**Параметры характерийстик**	**Перечень**	**Фаза**	**Ток или напряжение**
Характеристика формы волны	Среднее значение напряжения	mediaTension	A,B,C	Напряжение
	Среднее значение тока	mediaCorriente	A,B.C	Ток
	Максимальное значение тока	maxCorriente	A,B,C	Ток
Среднеквадратический профиль	Минимальное значение RMS-профиля.	minRMS	A,B,C	Оба
	Максимальное значение RMS-профиля.	maxRMS	A,B,C	Оба
	Натяжение по глубине	profundidadHueco	A,B,C	Напряжение
Вейвлет-преобразование	Максимальное значение коэффициента d1	Max mod d1	A,B,C	Оба
	Стандартное отклонение коэффициента d1.	DSt d1	A,B,C	Оба
	Нормированная энергия коэффициента d1.	Energía d1	A,B,C	Оба
	Максимальное значение коэффициента A	Max mod A	A,B.C	Оба
	Стандартное отклонение коэффициента A.	DSt 9	A,B,C	Оба
	Нормализованная величина коэффициента A.	Energía A	A,B,C	Оба

Таблица 6. Результаты эвристической фильтрации

Классификатор	**Выбранный параметр**	**Размеры матрицы**
Тип	(1) maxRMV, (2) minRMV, (3) DStV, (4) энергия и напряжение, (5) maxRMSCurrent, (6) maxCurrent, (7) Dst ток, (8) Энергия и ток - (Для каждой фазы)	1000 x 24
Местоположение	(1) maxRMV, (2) minRMV, (3) энергия и напряжение, (4) minRMSCurrent, (5) averageCurrent, (6) maxCurrent, (7) Dst ток(Для каждой фазы)	1000 x 21

Таблица 7. Результат работы алгоритма полного перебора для классификатора типов отказов

Комбинация	**Параметр выбранной характеристики**	**Размеры**	**Процент попадания**
1	***(1) maxRMVoltage, (5) maxRMSCurrent, (6) maxCurrent -- (Для каждой фазы)***	***1000x9***	***100%***

Таблица 8. Результат работы алгоритма полного поиска для классификатора местоположения неисправности

Комбинация	**Параметр выбранной характеристики**	**Размеры**	**Процент попадания**
1	***(2) minRMSVoltage, (4) minRMSCurrent, (5) averageCurrent, (6) maxCurrent - (Для каждой фазы)***	***1000x12***	***98.8%***
2	(2) minRMV, (3) Energy A Voltage, (4) minRMSCurrent, (5) averageCurrent, (6) maxCurrent - (Для каждой фазы)	1000x15	98.8%
3	(2) minRMVoltage, (3) Energy A Voltage, (4) minRMSCurrent, (5) averageCurrent, (6) maxCurrent, (7) Dst A Current - (Для каждой фазы)	1000x18	98.8%
4	(1) maxRMSTV, (2) minRMSTV, (4) minRMSCurrent, (5) averageCurrent, (6) maxCurrent - (Для каждой фазы)	1000x15	98.8%
5	(1) maxRMV, (2) minRMV, (3) Energy A Voltage, (4) minRMSCurrent, (5) averageCurrent, (6) maxCurrent - (Для каждой фазы)	1000x18	98.8%

Таблица 9. Результаты работы алгоритма сеточного поиска

Классификатор МОВ	**Комбинация.**	**σ**	**C**	**Точность проверки (%)**
Тип неисправности	**1**	**0.5**	**30**	**100**
Расположение	**1**	**0.5**	**25**	**98.8**
	2	0.1	500	98.8
	3	0.1	55	98.8
	4	0.5	75	98.8
	5	0.1	60	98.8

Результаты

При моделировании параметров системы учитывались следующие сценарии:

- Сценарий 1: разные нагрузки, разные линии.
- Сценарий 2: разные нагрузки, одна линия.

На рисунке 2 показана длина линии и энергоэффективность нагрузки для каждого требования. Для каждого сценария будет сгенерировано 1000 ошибок, поэтому тестовый набор будет содержать то же распределение, которое использовалось для обучающих ламп в таблицах 3 и 4.

Все тестовые случаи используются в качестве входных данных для процесса классификации, как показано на рисунке 1.

В обоих случаях определение места повреждения позволяет определить метку повреждения, а затем указать линию, на которой произошло повреждение, с процентом больше 100 %. Значение этих результатов заключается в том, что генераторы с различной нагрузкой и длиной линии являются наиболее распространенными ситуациями в реальных генераторах. Было установлено, что план обеспечивает хорошие результаты для данного типа установки.

Когда обе ноги имеют одинаковую длину и одинаковое время нагрузки, возникает очень сложная проблема, независимо от того, какой метод используется. Моделирование проводилось в этих условиях; это позволило нам убедиться, что метод смог определить тип неисправности в 100% упомянутых проблем, но только в 78,2% случаев, когда система была идентифицирована в следующих строках. происходит нарушение.

Можно легко пояснить, что в реальной системе не может быть проводов одинаковой длины и одинаковой нагрузки на всех стержнях.

Если такая ситуация возникает на практике, проблему можно решить, добавив устройства в ответвления этих двух линий, чтобы предоставить дополнительную информацию алгоритму обнаружения неисправностей.

Заключение

В данной работе представлен новый односторонний метод с использованием измерений во временной области для обнаружения, классификации и определения местоположения повреждений в распределительной энергосистеме с радиальной топологией. Обнаружение, классификация и локализация неисправностей в распределительной энергосистеме с радиальной топологией.

В предлагаемом методе для выделения характерных параметров используются вычисление среднеквадратичного профиля как методы обработки сигналов. Затем модуль, состоящий из двух мультиклассовых МОВ, отвечает за классификацию типов неисправностей и их локализацию.

Предложенный метод использует информацию, присущую возмущениям, возникающим на осциллограммах напряжения и тока на одном измерительном узле в электроэнергетической системе. Характерные параметры, извлеченные из этих осциллограмм, будут использоваться алгоритмами для идентификации типа повреждения и определения местоположения линии, на которой оно произошло.

Поскольку способность классификатора в значительной степени зависит от правильного выбора характерных параметров, описывающих полученные осциллограммы напряжения и тока, было предложено включить методы интеллектуального анализа данных

на этапе разработки классификаторов для выбора характерных параметров, которые наилучшим образом описывают тип и местоположение повреждений.

Такое включение представляет собой явное преимущество, поскольку в большинстве работ, использующих методы искусственного интеллекта для локализации неисправностей, выбор характерных параметров не рассматривается.

Для поиска комбинации параметров C и sigma, оптимизирующих работу обоих классификаторов, была применена техника поиска в виде сетки.

Алгоритм локализации был обучен и протестирован для двух различных сценариев: Первый предполагает, что длина линий и активная мощность нагрузок отличаются друг от друга. Второй, чуть более сложный сценарий предполагает, что все линии имеют одинаковую длину, а нагрузки различны.

Для обоих сценариев разработанный алгоритм смог определить тип повреждения и найти линию, на которой произошло повреждение, в 100 % тестовых случаев.

Для оценки ограничений предложенного метода был использован сценарий, маловероятный в реальной жизни. В этом сценарии длина линий и условия нагружения были заданы с идентичными параметрами. Для этого случая разработанный метод позволил классифицировать 100 % типов повреждений, но его производительность упала до 78,2 % при определении линии, на которой произошло повреждение. Эти результаты вполне ожидаемы, поскольку любой методике очень сложно идентифицировать две практически идентичные ситуации.

Полученные результаты становятся еще более ценными, если учесть, что сигналы, использованные для обучения и тестирования алгоритма, были получены путем измерения всего двух циклов сигналов напряжения и тока на одном узле предлагаемой системы. Это фундаментальная особенность алгоритма, поскольку на практике для быстрого получения результатов на любой линии системы, представленной в данном исследовании, необходимо установить всего одну измерительную систему.

Наконец, важный вывод был сделан на основе процесса интеллектуального анализа данных, включенного в процесс обучения классификаторов. Эти результаты показывают, что только вычисление трех характерных параметров для классификатора, позволяющих определить тип повреждения (максимальное значение профиля среднеквадратичного напряжения, максимальное значение профиля среднеквадратичного тока и максимальное значение измеренного тока), дает 100-процентный процент попадания. Аналогичный анализ приводит к выводу, что для определения места повреждения необходимо вычислить всего четыре характерных параметра (минимальное значение среднеквадратичного профиля напряжения, минимальное значение среднеквадратичного профиля тока, среднее значение сигнала тока и максимальное значение сигнала тока); классификатор для определения линии, на которой произошло повреждение, дает вышеуказанные показатели попадания для каждого из предложенных сценариев.

Недостаток предложенного алгоритма заключается в том, что при изменении топологии сети или значительном изменении значений нагрузок модуль локализации необходимо переобучить, чтобы учесть эти изменения в состоянии сети.

В будущих исследованиях необходимо оценить влияние различных условий устойчивости к повреждениям на систему.

Список использованных источников:

1. Дж. Ж. Мат Х. Ж. Боллен, Франциск Завода, Ян Мейер, Алекс МакИчерн,

Фелипе Корколес Лопес, "Аспекты качества электроэнергии в интеллектуальных сетях", Международная конференция по возобновляемым источникам энергии и качеству электроэнергии (ICREPQ'10), 2010.

2. М. Х. Боллен и И. Гу, Обработка сигналов о нарушениях качества электроэнергии: Wiley, 2006.

3. Х. Ливани и К. Ю. Эвреносоглу, "Метод классификации неисправностей в энергосистемах с использованием DWT и SVM-классификатора", конференция и выставка по передаче и распределению электроэнергии (T&D), 2012 IEEE PES, 2012, с. 1-5.

4. И. Баки, И. Замора, Х. Мазон и Г. Буйгес, "Методология обнаружения высокоомных повреждений с использованием вейвлет-преобразования и искусственных нейронных сетей", Исследование электроэнергетических систем, том 81, стр. 1325-1333, 7// 2011.

5. М. Кезунович, "Интеллектуальное обнаружение неисправностей для интеллектуальных сетей", Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 2, pp. 11-22, 2011.

6. К. Шринивасан и А. Сен-Жак, "Новый алгоритм поиска повреждений для радиальных линий электропередачи с нагрузкой", Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 4, pp. 1676-1682, 1989.

7. Х. Мора-Флорез, Ж. Мелендес и Г. Каррильо-Кайседо, "Сравнение методов определения места повреждения на основе импеданса для систем распределения электроэнергии", Исследование электроэнергетических систем, том 78, стр. 657-666, 4// 2008.

8. С. Мён-Сонг, Л. Сын-Дже, Л. Дак-Су и Дж. Бо-Гун, "Новый алгоритм поиска повреждений с использованием прямого анализа цепи для распределительных систем", Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 19, pp. 35- 41, 2004.

9. С. Мён Сон, Л. Сын Дже, Л. Сон Иль, Л. Дак Су и Й. Ся, "Прямой анализ трехфазных цепей на основе поиска неисправностей для межлинейных замыканий", Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 22, pp. 2541-2547, 2007.

10. Р. К. Аггарвал, Ю. Аслан и А. Т. Джонс, "Новая концепция поиска повреждений в воздушных распределительных системах с использованием наложенных компонентов", Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings-, vol. 144, pp. 309-316, 1997.

11. Ф. Х. Магнаго и А. Абур, "Новый метод поиска повреждений в радиальных распределительных системах на основе высокочастотных сигналов", Летняя встреча Общества инженеров-энергетиков, 1999. IEEE, 1999, pp. 426-431, vol.1.

12. М. Гилани, Д. К. Ибрагим и Э. С. Т. Элдин, "Схема локализации повреждений на основе бегущих волн для подземной кабельной системы с несколькими старыми участками", Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 22, pp. 82-89, 2007.

13. Х. Ливани и К. Ю. Эвреносоглу, "Метод машинного обучения и локализации повреждений на основе волновых сигналов для гибридных линий электропередачи", Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 5, pp. 51-59, 2014.

14. Я. А. Цзян, С. L. Чуань, В. Юнг-Чунг, Н. Чи-Хунг, W. Цзин-И, Л. Чиен-Хсинг и др., "Гибридная система для обнаружения, классификации и локализации неисправностей, часть I: концепция, структура и методология", в Power and Energy Society General Meeting (PES), 2013 IEEE, 2013, pp. 1-1.

15. Р. Агравал и Д. Тукарам, "Определение места повреждения в системе распределения электроэнергии с распределенной генерацией с помощью машин опорных

векторов", в Инновационные технологии интеллектуальных сетей (ISGT), 2013 IEEE PES, 2013, стр. 1-6.

16. Л. Ловисоло, Ж. А. Мур Нето, К. Фигейредо, Л. де Менезес Лапорте и Ж. К. дос Сантос Роча, "Определение местоположения неисправностей, вызывающих кратковременные колебания напряжения в регионах распределительных систем, по записям, снятым в одной точке и разложенным на затухающие синусоиды", Generation, Transmission & Distribution, IET, vol. 6, pp. 1225-1234, 2012.

17. Д. Тукарам, Х. П. Хинча и Х. П. Виджайнарасимха, "Искусственная нейронная сеть и метод опорных векторов для поиска повреждений в радиальных распределительных системах", Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 20, pp. 710-721, 2005.

18. Л. Хуан и Р. Сетионо, "Chi2: выбор признаков и дискретизация числовых атрибутов", в Инструментальные средства искусственного интеллекта, 1995. Труды седьмой международной конференции, 1995, с. 388- 391.

19. М. Робник-Шиконя и И. Кононенко, "Теоретический и эмпирический анализ ReliefF и RReliefF", Машинное обучение, т. 53, с. 23-69, 2003/10/01 2003.

20. М. А. Н. а. L. А. Смит, "Практический выбор подмножества признаков для машинного обучения", 1998.

21. М. А. Н. а. L. А. Смит, "Выбор признаков для машинного обучения: Сравнение подхода фильтра на основе корреляции с оберткой", факультет компьютерных наук Университета Вайкато в Гамильтоне, Новая Зеландия, 1999.

22. Д. Де Йонг, С. Бхоумик и Ф. Магнаго, "Система обнаружения событий, связанных с качеством электроэнергии, на основе макинтошей векторов сопорта", в Двухгодичном конгрессе Аргентины (ARGENCON), 2014 IEEE, 2014, стр. 108-113.

Bibliography

1. J. Z. Math H.J. Bollen, Francisc Zavoda,Jan Meyer,Alex McEachern,Felipe Córcoles López, "Power Quality aspects of Smart Grids," International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10), 2010.

2. M. H. Bollen and I. Gu, Signal Processing of Power Quality Disturbances: Wiley, 2006.

3. H. Livani and C. Y. Evrenosoglu, "A fault classification method in power systems using DWT and SVM classifier," in Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D), 2012 IEEE PES, 2012, pp. 1-5.

4. I. Baqui, I. Zamora, J. Mazón, and G. Buigues, "High impedance fault detection methodology using wavelet transform and artificial neural networks," Electric Power Systems Research, vol. 81, pp. 1325-1333, 7// 2011.

5. M. Kezunovic, "Smart Fault Location for Smart Grids," Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 2, pp. 11-22, 2011.

6. K. Srinivasan and A. St.-Jacques, "A new fault location algorithm for radial transmission lines with loads," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 4, pp. 1676-1682, 1989.

7. J. Mora-Flòrez, J. Meléndez, and G. Carrillo-Caicedo, "Comparison of impedance based fault location methods for power distribution systems," Electric Power Systems Research, vol. 78, pp. 657-666, 4// 2008.

8. C. Myeon-Song, L. Seung-Jae, L. Duck-Su, and J. Bo-Gun, "A new fault location algorithm using direct circuit analysis for distribution systems," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 19, pp. 35- 41, 2004.

9. C. Myeon-Song, L. Seung-Jae, L. Seong-Il, L. Duck-Su, and Y. Xia, "A Direct Three-Phase Circuit Analysis-Based Fault Location for Line-to-Line Fault," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 22, pp. 2541-2547, 2007.

10. R. K. Aggarwal, Y. Aslan, and A. T. Johns, "New concept in fault location for overhead distribution systems using superimposed components," Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings-, vol. 144, pp. 309-316, 1997.

11. F. H. Magnago and A. Abur, "A new fault location technique for radial distribution systems based on high frequency signals," in Power Engineering Society Summer Meeting, 1999. IEEE, 1999, pp. 426-431 vol.1.

12. M. Gilany, D. K. Ibrahim, and E. S. T. Eldin, "Traveling-Wave- Based Fault-Location Scheme for Multiend-Aged Underground Cable System," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 22, pp. 82-89, 2007.

13. H. Livani and C. Y. Evrenosoglu, "A Machine Learning and Wavelet-Based Fault Location Method for Hybrid Transmission Lines," Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 5, pp. 51-59, 2014.

14. J. A. Jiang, C. L. Chuang, W. Yung-Chung, H. Chih-Hung, W. Jiing-Yi, L. Chien-Hsing, et al., "A hybrid framework for fault detection, classification, and location Part I: Concept, structure and methodology," in Power and Energy Society General Meeting (PES), 2013 IEEE, 2013, pp. 1-1.

15. R. Agrawal and D. Thukaram, "Identification of fault location in power distribution system with distributed generation using support vector machines," in Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2013 IEEE PES, 2013, pp. 1-6.

16. L. Lovisolo, J. A. Moor Neto, K. Figueiredo, L. de Menezes Laporte, and J. C. dos Santos Rocha, "Location of faults generating short-duration voltage variations in distribution systems regions from records captured at one point and decomposed into damped sinusoids," Generation, Transmission & Distribution, IET, vol. 6, pp. 1225-1234, 2012.

17. D. Thukaram, H. P. Khincha, and H. P. Vijaynarasimha, "Artificial neural network and support vector Machine approach for locating faults in radial distribution systems," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol. 20, pp. 710-721, 2005.

18. L. Huan and R. Setiono, "Chi2: feature selection and discretization of numeric attributes," in Tools with Artificial Intelligence, 1995. Proceedings., Seventh International Conference on, 1995, pp. 388- 391.

19. M. Robnik-Šikonja and I. Kononenko, "Theoretical and Empirical Analysis of ReliefF and RReliefF," Machine Learning, vol. 53, pp. 23-69, 2003/10/01 2003.

20. M. A. H. a. L. A. Smith, "Practical Feature Subset Selection for Machine Learning," 1998.

21. M. A. H. a. L. A. Smith, "Feature Selection for Machine Learning: Comparing a Correlation-based Filter Approach to the Wrapper," Department of Computer Science University of Waikato Hamilton New Zealand, 1999.

22. D. De Yong, S. Bhowmik, and F. Magnago, "Sistema de deteccion de eventos de calidad de energía basado en Maquinas de Vectores de Soporte," in Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), 2014 IEEE, 2014, pp. 108-113

И.В. Павлов, аспирант кафедры «Электрооборудования» (ЭО) Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), тел. 8(904)6855471, e-mail: grecha1917@gmail.com

В.И. Зацепина, доктор технических наук, доцент кафедры «Электроборудования» (ЭО) Липецкого государственного технического университета (ЛГТУ), тел. 8(910)3530528, e-mail: vizatsepina@yandex.ru

ALGORITHM FOR FAULT FINDING IN ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS USING SUPPORT VECTOR MACHINES

I.V. Pavlov, V.I. Zatsepina,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Lipetsk State Technical University"

Annotation. The aim of this work is to propose a system that allows the detection, classification and localisation of faults in a distribution power system with radial topology using a single measurement node. The proposed method is based on the use of Support Vector Machines (SVMs). The fault analysis algorithm consists of a multiclass classifier based on PSB to classify the type of fault and a second stage, also based on PSB, to locate the line in the power system where the fault occurs. The characteristic parameters are obtained by computing the RMS profile and deriving a two-level wavelet transform. A data mining process is applied to train and develop the classifier in order to select the characteristic parameters that best describe the disturbances in voltage and current oscillograms when a fault occurs in any grid line. One of the main advantages of the proposed algorithm is that the measurements are performed on a single network node, which is an important characteristic when calculating the cost and deployment time of a fault location system.

Keywords: fault detection, power quality monitoring, smart grids, radial distribution system, support vector machine.

Pavlov I. V., postgraduate student of the Department of "Electrical Equipment" (EE) of Lipetsk State Technical University (LSTU), 398050, Lipetsk, st. Internatsionalnaya, 5a, e-mail: grecha1917@gmail.com

Zatsepina V.I., Ph.D., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Electrical Equipment" (EE), Lipetsk State Technical University (LSTU), vizatsepina@yandex.ru

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

УДК 631.53.027

КОМБИНИРОВАННАЯ ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН КАК СПОСОБ ИХ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ

Г. В. Степанчук, Н. А. Протасова

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде

Аннотация. *Одной из проблем, с которой сталкиваются производители овощной продукции, это борьба с болезнями растений в течение процесса их вегетации. Поиск экономичных и одновременно экологически чистых способов борьбы с заболеваниями растений является актуальной задачей. (Цель исследования) Установить рациональные параметры обеззараживания семян томатов комбинированным способом: монохроматическим излучением и переменным магнитным полем. (Материалы и методы) Проведены экспериментальные исследования по влиянию на обеззараживание семенного материала томата сорта «Мальва» комбинированным способом предпосевной обработки: видимым излучением диапазона от 460 до 625 нм и переменным магнитным полем частотой 0,5 Гц с индукцией от 6,5 до 65 мТл. Экспериментальные исследования проводились в несколько этапов: предпосевная обработка семян, выращивание рассады, получение конечной продукции: томатов. Заключительные экспериментальные исследования проводились в производственных условиях на базе тепличного хозяйства «Иванов А.П.». (Результаты и обсуждение) В результате проведенных экспериментальных исследований было выявлено, что наилучшие результаты комбинированной обработки по обеззараживанию семян и дальнейшей иммунизации растений достигаются при воздействии рациональным комбинированием параметров: дозой оптического излучения 28,6 Дж•с/см² и доза магнитного воздействия 3,86 мТл•с, при которых достигается 100% положительный эффект. (Выводы) Предпосевная обработка семян томата комбинированным способом: оптическое излучение и переменное магнитное поле является эффективным агротехнологическим приемом, который можно рекомендовать к использованию при выращивании овощеводческой продукции.*

Ключевые слова: *Предпосевная обработка семян, оптическое излучение, магнитное поле, обеззараживание, иммунизация, фитофтороз, томат.*

Введение. Предпосевная обработка семян – важнейшее мероприятие при выращивании сельскохозяйственных культур. Предпосевная обработка направлена на повышение энергии прорастания, всхожести, регулирование развития сельскохозяйственных растений, повышение урожайности конечной продукции. Особое внимание уделяется исследованиям электрофизических способов предпосевной обработки, достоинствами которых являются эффективность, минимальное энергопотребление, простота применения на производстве, экологичность и безопасность [3,5,8].

Актуальным является комбинирование различных способов предпосевной обработки.

Положительное влияние комбинированной предпосевной обработки магнитным полем и оптическим излучением отмечали ученные (М.Г. Барышев, С.И. Аксенов, Б.И. Панев, Д.А. Ашкинадзе, В.В. Козырский, и др.) [2,3,6].

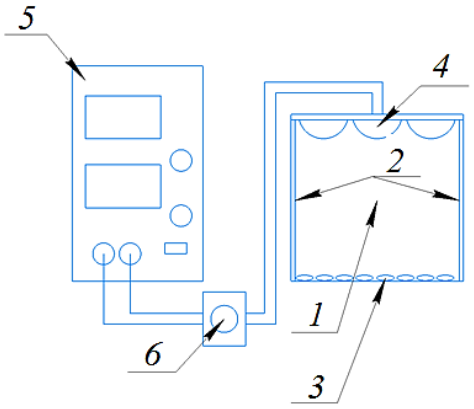
В.В. Козырский, В.В. Савченко, С.И. Аксенов и др. [1,6,7] в своих научных трудах отмечали положительное влияние электромагнитных полей на семена сельскохозяйственных культур в качестве обеззараживающего воздействия. М.Г. Барышев [2] отметил что у семян при предпосевной обработке магнитным полем или при комбинированном способе с ним, может полностью отсутствовать микрофлора на поверхности. Это предположение находит подтверждение в эксперименте с семенами пшеницы.

У семян сельскохозяйственных культур выявлена высокая чувствительность к магнитному воздействию. Отмечалось положительное влияние электромагнитных вол различной длины. При воздействии магнитного поля на семя изменяется его pH (ионы жидкости внутри семени) и высвобождаются белки, которые ускоряют выход семян из состояния покоя, в свою очередь белки занимаются восстановительным процессом барьерной функции мембраны семени, создавая защитную оболочку. Именно поэтому обработанные магнитными воздействия семена получают обеззараживающий эффект.

Цель исследования. Установить рациональные параметры обеззараживания семян томатов перед посевом комбинированным способом: монохроматическим излучением и переменным магнитным полем.

Материалы и методы.. В лаборатории кафедры «ЭЭО и ЭМ» АЧИИ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде в 2021-2023 гг. исследовалось влияние комбинированной предпосевной обработки, которая сочетает в себе облучение спектрами видимого излучения длиной волн 460 нм, 520 нм, 625 нм (таблица 2) и магнитной обработки (таблица 3) [10]. В процессе исследований [7,11] и дальнейшего проведения эксперимента в производственных условиях на базе тепличного хозяйства «Иванов А.П.» Егорлыкского района Ростовской области был отмечен эффект устойчивости растений томата к распространённой болезни грибкового вида – фитофторозу [9].

Этапы исследования описываются в научных трудах [6-8]. Для обработки семян оптическим излучением использовался исследовательский комплекс, приведенный на рисунке 1.



1 – рабочая камера, 2 – внутренняя отражающая поверхность, 3 – площадка для размещения обрабатываемых семян, 4 - сменные светодиодные матрицы, 5 – блок питания, 6 – таймер

Рисунок 1 – Исследовательский комплекс для предпосевной обработки семян монохроматическим излучением

Предпосевная обработка заключалась в следующем: семена в количестве 100 штук

располагались в один слой на облучающей поверхности (площадка 3), мощность светового потока светодиодной матрицы регулировалась с помощью блока питания 5 путем изменения питающего тока, с помощью таймера 6 задавалась требуемая экспозиция. Тем самым обеспечивалась требуемая доза энергетического воздействия.

Таблица 2 – Зависимость дозы воздействия оптического излучения от времени облучения (экспозиции)

Мощность светодиодной матрицы P, Вт	27				
Площадь светового пятна S, см^2	56,2				
Экспозиция t, сек	20	60	120	150	210
Удельная доза энергетического воздействия D, Вт·с/см²	9,55	28,66	57,66	71,65	93,55

После обработки семян монохроматическим излучением семена подвергались воздействию переменного магнитного поля. Облученные семена помещали внутрь соленоида. При проведении эксперимента по обработке магнитным полем требуемая величина экспозиции, задавалась при помощи таймера, а значение индукции рассчитывалось в зависимости от величины протекающего тока в катушке соленоида с частотой 0,5 Гц.

Таблица 3 – Зависимость индукции магнитного поля от задаваемого значения тока.

B, мТл	6,5	13	19,5	26	32,5	39	45,5	52	58,5	65
I, А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Обработанные семена высаживались сначала в рассадную теплицу, затем в производственную теплицу площадью 200 м². Экспериментальные блоки в количестве ста кустов занимали площадь по 17,6 м² каждый.

Обсуждение результатов. На этапе производственного эксперимента, был отмечен значительный обеззараживающий эффект комбинированного облучения по сравнению с контрольными образцами томатов, посаженных в рядах по разные стороны друг от друга.



Рисунок 2 – Развитие фитофтороза на этапе сбора урожая. Кусты томата, выращенные из варианта обработки дозой оптического излучения 57,66 Дж·с/см²

Положительный эффект показала электромагнитная волна видимого диапазона синего спектра 460 нм и временем обработки 60 секунд. А при комбинировании оптического излучения с переменным магнитным полем индукцией 6-8 мТл и временем обработки 30-40 секунд, эффект был максимальным.

Выраженное воздействие на семена показала обработка комбинированным магнитным полем и видимым излучением. В ряду не было ни одного куста подверженного фитофторозу, что в условиях дождливой погоды, которая часто бывает в весенне-летний период посадки, дает практически 100% защиту от грибка. Высокие параметры обработки снижают эффект обеззараживания. Однако стоит отметить, что полученные экспериментальные данные характерны для молодых семян, на старые семена эффект не значителен.

На рисунке 3 показана гистограмма отображающая количество здоровых кустов в зависимости от вариантов обработки. В число здоровых кустов входят кусты, на которых развитие фитофтороза не было замечено.

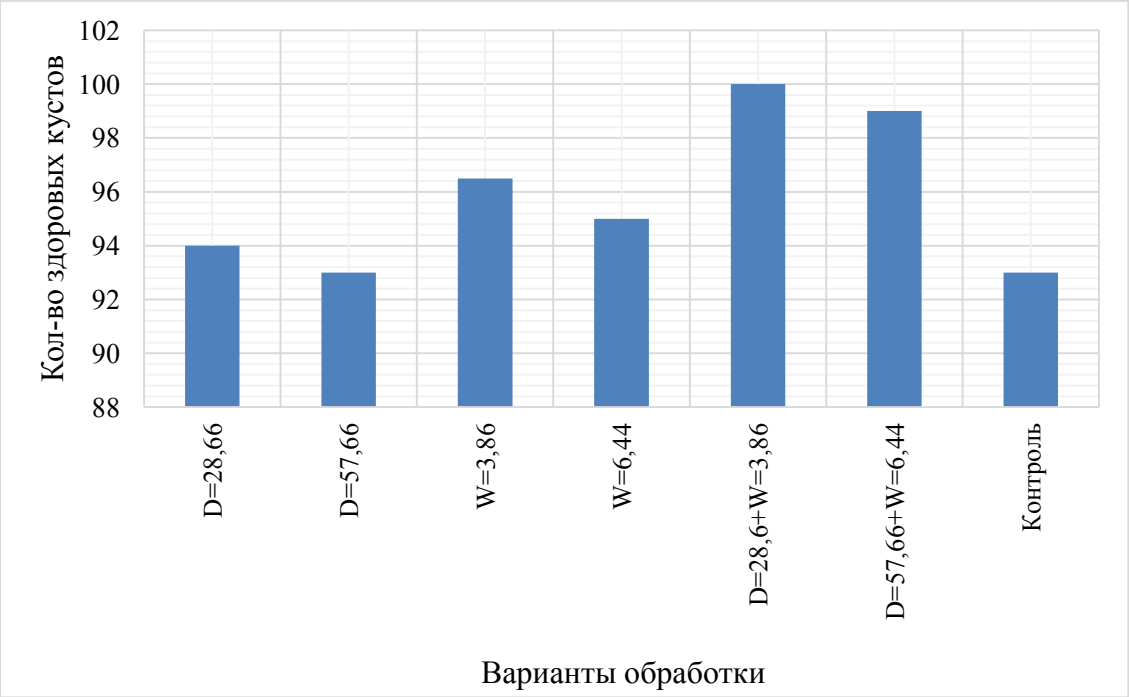


Рисунок 3 – Гистограмма отображающая количество здоровых кустов (на листах нет белой пятнистости и фитофтороза) в зависимости от вариантов предпосевной обработки семян

Фитофтороз или частичный фитофтороз тяжело поддается лечению, легче не допустить его развитие, чем вылечить растение. В результате воздействия фитофтороза уменьшается ассимиляционная поверхность листьев, инфицированные плоды быстро загнивают. Помимо фитофтороза в тепличном хозяйстве присутствует белая пятнистость, которая также отрицательно влияет на урожайность.

В результате эксперимента кусты томатов, выращенные из обработанных семян, были менее подвержены болезням, при комбинированной обработке их количество сократилось до нуля. Семена томата обеззараживаются, а само растение получает иммунитет к болезням.

Выводы. Иммунизация растений томата в результате предпосевной комбинированной обработки семян один из важных факторов в развитии растений. Фитофтороз лечится тяжелыми химическими препаратами, влияющими на плоды растения, обеззараживание

семени в результате обработки оптическим излучением и магнитным полем развивает более стойкий иммунитет у растения на дальнейших фазах развития. Наибольшего эффекта устойчивости растения к болезням можно достичь обрабатывая семена комбинированным излучением с дозой оптического излучения 28,6-57,66 Дж·с/см² и переменным магнитным полем с воздействием 3,86-6,44 мТл·с.

Список использованных источников:

1. Аксенов, С.И. О механизмах стимуляции и торможения при прорастании семян пшеницы в электромагнитном поле сверхнизкой частоты / С.И. Аксенов, Т.И. Грунина, С.Н. Горячев // Биофизика. – 2007. – Т. 52. – № 2. – С. 332-338.
2. Барышев, М.Г. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений / М.Г. Барышев, Г.И. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2002. – № 1 (266). – С. 21-23.
3. Васильев, С.И. Электрофизическая предпосевная обработка семян как способ интенсификации процессов в растениеводческой отрасли сельского хозяйства : монография / С. И. Васильев, И. В. Юдаев, С. В. Машков [и др.]. – Кинель : РИО ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, 2020. – 239 с.
4. Stepanchuk, G.V. Experimental studies to identify the influence of low power monochromatic optical radiation on the seeding qualities of cucumber seeds variety "feniks+" / G.V. Stepanchuk, I.V. Yudaev, P.V. Gulyaev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 27–28 августа 2020 года. Zernograd, Rostov Region, 2021. P. 012034. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012034
5. Казакова, А.С. Обоснование режимов предпосевной обработки семян ячменя в электротехнологиях на основе регистрации микрофенологических фаз их прорастания / А.С. Казакова, Т.К. Куриленко // Вестник аграрной науки Дона.2018. NS4. С.50-56
6. Козырский, В.В. Влияние магнитного поля на диффузию молекул через клеточную мембрану семян сельскохозяйственных культур / В.В. Козырский, В.В. Савченко, А.Ю. Синявский // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №2 (15). – С. 16–19.
7. Протасова, Н.А. Влияние оптического облучения на посевные качества семян томата сорта мальва в условиях защищенного грунта/ Н.А. Протасова, Г.В. Степанчук, П.В. Гуляев, Е.К. Кувшинова// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 12 (218). – С. 24-31.
8. Савченко В.В. Влияние энергетической дозы обработки в магнитном поле на посевные качества семян сельскохозяйственных культур/ В.В. Савченко, А.Ю. Синявский// Вестник ВИЭСХ. 2016. № 2 (23). С. 38-42.
9. Смирнов, А.Н. Фитофтороз томата / А.Н. Смирнов, С.А. Кузнецов // Защита и карантин растений. – 2006. – № 3. – С. 20-23.
10. Степанчук, Г.В. Результаты предварительного лабораторного исследования влияния видимого излучения на качества семян томата «Мальва»/ Г.В. Степанчук, Н.А. Протасова, В.А. Рудь // В сборнике: Современные научные исследования: проблемы и перспективы. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Киров, – 2022. – С. 325-334.
11. Таранов М.А., Протасова Н.А., Степанчук Г.В., Гуляев П.В., Воропай М.А. Предварительное исследование влияния оптического излучения на качества рассады томатов сорта «Мальва» [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал – 2023. – № 2. – Режим доступа:

http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st226.pdf .

Геннадий Владимирович Степанчук, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: g-stepanchuk@mail.rut
Надежда Александровна Протасова, аспирант
Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета в г. Зернограде, Ростовская область, г. Зерноград, Российская Федерация

COMBINED PRE-SOWING TREATMENT OF SEEDS AS A METHOD OF THEIR DISINFECTION

Gennadiy V. Stepanchuk, Nadezhda A. Protasova

Azov-Black Sea Engineering Institute – branch Don State Agrarian University in Zernograd

Abstract. One of the problems faced by vegetable producers is the control of plant diseases during the vegetation process. Finding economical and at the same time environmentally friendly ways to control plant diseases is an urgent task. (Purpose of the study) To establish rational parameters of tomato seeds disinfection by combined method: monochromatic radiation and alternating magnetic field. (Materials and Methods) Experimental studies on the effect on disinfection of tomato seeds of the variety "Malva" by a combined method of pre-sowing treatment: visible radiation of the range from 460 to 625 nm and an alternating magnetic field of frequency 0.5 Hz with induction from 6.5 to 65 mTl were carried out. Experimental studies were conducted in several stages: pre-sowing seed treatment, seedling cultivation, and obtaining the final products: tomatoes. Final experimental studies were conducted in production conditions on the basis of greenhouse farm "Ivanov A.P.". (Results and discussion) As a result of the experimental studies it was revealed that the best results of combined treatment for seed disinfection and further immunization of plants are achieved with the influence of a rational combination of parameters: the dose of optical radiation 28.6 J-s/cm² and the dose of magnetic influence 3.86 mTl-s, at which a 100% positive effect is achieved. (Conclusions) Pre-sowing treatment of tomato seeds by combined method: optical radiation and alternating magnetic field is an effective agro-technological method, which can be recommended for use in the cultivation of vegetable production.

Keywords. Pre-sowing seed treatment, optical radiation, magnetic field, disinfection, immunization, phytophthorosis, tomato.

Gennadiy V. Stepanchuk, Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: g-stepanchuk@mail.ru
Nadezhda A. Protasova, postgraduate student
Azov-Black Sea Engineering Institute – branch Don State Agrarian University in Zernograd, Rostov region, Russian Federation Zernograd, Russia

УДК 631.227:662.99-047.44:628.83

АНАЛИЗ РЕКУПЕРАТОРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Матвеева А. А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»

Аннотация. *Отрасль птицеводства является одной из наиболее энергоемких отраслей сельского хозяйства. Значительное количество энергии затрачивается на обеспечения комфортного микроклимата для сохранения здоровья птиц и получения максимальной продуктивности. Для снижения затрат энергии при обеспечении оптимального микроклимата, необходимо использовать энергосберегающее оборудование. Рассмотрено одно из возможных решений по экономии энергии - использование установок рекуперации тепла. В работе описан принцип работы рекуператоров и их основные виды. Определены компании, занимающиеся производством рекуператоров для систем вентиляции в птичниках. Проведен анализ рекуператоров по следующим техническим характеристикам: тип конструкции, схема движения теплоносителей, расположение рекуператора, наличие системы автоматической промывки, минимальная наружная температура работы, КПД рекуперации, материал рекуператора, объемный расход воздуха.*

Ключевые слова: *микроклимат, вентиляция, энергосбережение, рекуперация тепла, теплообменные аппараты, рекуператоры, теплоутилизаторы.*

Введение.

Одной из самых важных и первостепенных задач в птицеводстве, является создание и поддержание оптимальных условий микроклимата в производственных помещениях при содержании птиц. Система вентиляции играет ключевую роль в поддержании оптимальных условий микроклимата в птичнике. Особенно актуальным является создание оптимального микроклимата в холодный и переходный периоды года. В эти периоды большое количество воздуха требует значительных затрат тепла на его нагрев. Нахождение путей по снижению потребления энергии в сельском хозяйстве приводит к развитию новых энергосберегающих технологий. Использование в приточно-вытяжной системе вентиляции теплообменных аппаратов – одно из перспективных технических решений в энергосбережении [1, 2, 3].

Материалы и методы.

В холодное время года, когда в птичниках необходимо поддерживать оптимальную температуру, часто используется принудительная вентиляция для вывода теплого воздуха. [4]

Таблица 1 - Минимальное количество свежего воздуха, подаваемого в птичник на 1 кг живой массы

Вид и возрастная группа птицы	Количество свежего воздуха, подаваемого в птичники, $м^3$/ч на 1 кг живой массы	
	Периоды года	
	холодный	теплый
1	2	3
Взрослая птица		
Куры яичных пород (в клетках)	0,70	6,0
Куры мясо-яичных пород (на полу)	0,70	6,0
Куры мясных пород (на полу)	0,75	7,0
То же (в клетках)	0,75	8,0
Индейки	0,60	6,0
Утки	0,70	7,0
Цесарки	0,70	7,0
Гуси	0,60	7,0
Перепела	0,75	0,8

В настоящее время существует техническое решение, которое за счет использования биологического тепла, выделяемого птицами, может значительно сократить энергозатраты на подогрев поступающего свежего воздуха, при обеспечении оптимального микроклимата.[5] Этот процесс называется утилизацией вытяжного воздуха или рекуперацией тепла. Идея утилизации вытяжного воздуха основана на том, что теплый воздух, который обычно просто выбрасывается из птичников, может быть использован повторно для подогрева воздуха, поступающего в помещение. Для этого необходимо установить специальные системы рекуперации тепла, которые позволят эффективно перерабатывать вытяжной воздух и передавать его тепло приточному воздуху. Принцип работы таких систем основан на использовании теплообменников. Вытяжной воздух, содержащий биологическое тепло, проходит через теплообменник, где его тепло передается приточному воздуху. Таким образом, теплый вытяжной воздух охлаждается, а приточный воздух нагревается, что позволяет существенно сэкономить энергию, которая обычно была бы затрачена на подогрев воздуха извне.

В системах приточно-вытяжной вентиляции используются различные типы теплообменников. Один из типов теплообменников - поверхностные теплообменники, в таких системах среды, обменивающиеся теплом, разделены твердыми стенками. Второй тип теплообменников - смесительные, где теплообмен происходит путем прямого смешивания сред. Поверхностные теплообменники, в свою очередь, подразделяются на рекуперативные и регенеративные. Рекуперативные теплообменники, также известные как рекуператоры, осуществляют теплообмен через стенки, разделяющие каналы. В зависимости от направления течения теплоносителя они бывают прямоточными, противоточными и перекрестными, что позволяет максимально эффективно передавать тепло.

Результаты и обсуждение.

В птицеводческих помещениях используются рекуперативные теплообменники. Это связано с тем, что удаляемый из помещения воздух, как правило, сильно загрязнен, и

подобный контакт будет способствовать возврату в помещение нежелательной загазованной и загрязненной фракции.

Рынок рекуператоров представлен следующими компаниями: HDT Anlagenbau (Германия), HAKA VENTURING TECHNIK (Германия), REVENTA (Германия), АПИ АгроПроектИнвест (Россия), Tuffigo-rapidex (Франция), Vencomatic Group (Нидерланды), Big Dutchman (Германия).

Корпус теплообменника компании HDT Anlagenbau изготовлен из изоляционных композитных панелей с покрытием из стекловолокна, что сводит к минимуму потери тепла и создает жесткий и прочный корпус. Основная часть теплообменника, изготовлена из высокопрочного АБС-пластика методом глубокой вытяжки. В среднем теплообменники имеют энергоэффективность на уровне 65%. С двумя различными типоразмерами hdt WT-ITK 1110 и 2 x hdt WT-BTK 125 обеспечивается расход воздуха от 400 до 4000 м3/ ч.[6]

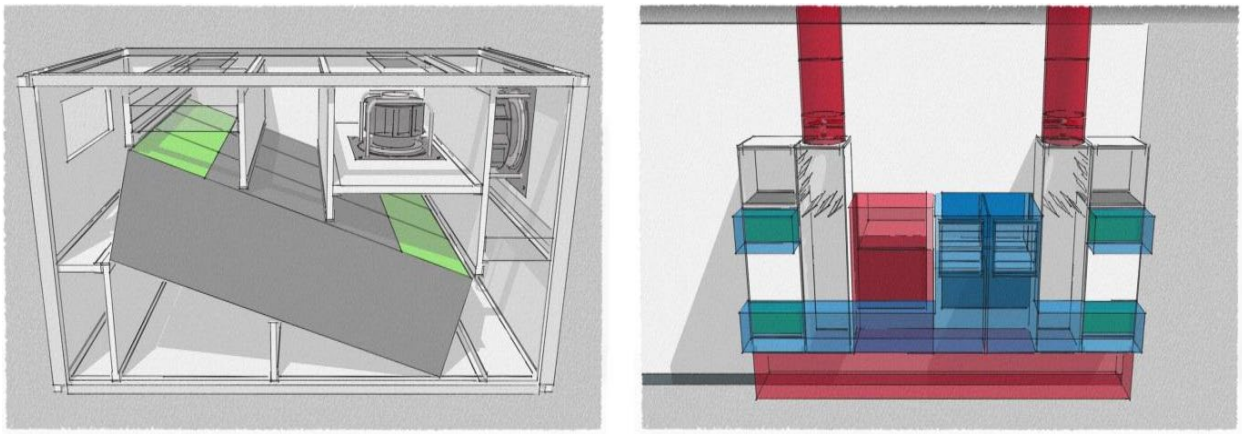


Рисунок 1 – Теплообменники фирмы HDT Anlagenbau

Особенность трубчатого теплообменника фирмы REVENTA в простой конструкции и эффективной работе. Основу теплообменника составляет связка ПВХ труб. Теплообменник может устанавливаться как на новых объектах, так и докомплектовываться в уже существующие. Таким образом уже существующие трубопроводы могут использоваться и дальше, т.е. нет необходимости в изменении системы вентиляции.[7]

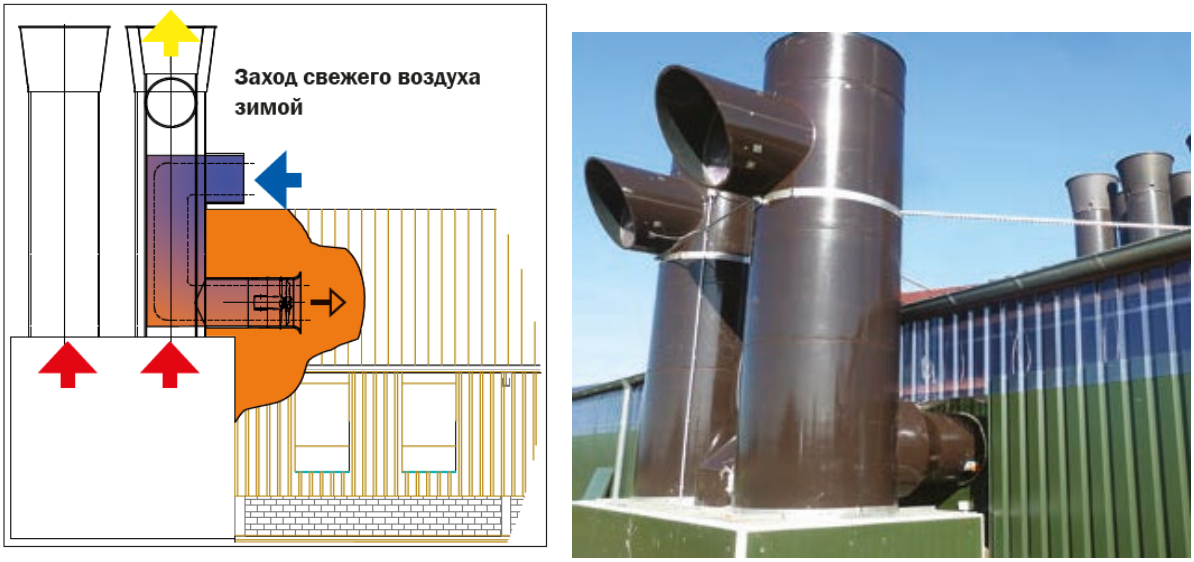


Рисунок 2 – Установка трубчатого теплообменника REVENTA на птицеферме

Ротационный теплообменник фирмы REVENTA, вращающийся аккумулирующий

тепло барабан из алюминия дополнительно покрыт пластмассой для предотвращения коррозии. Всасывание свежего воздуха происходит через большое отверстие с защитной решеткой и жалюзи с обтекаемыми ламелями, которые предотвращают проникновение дождя, листьев и птиц.[7]

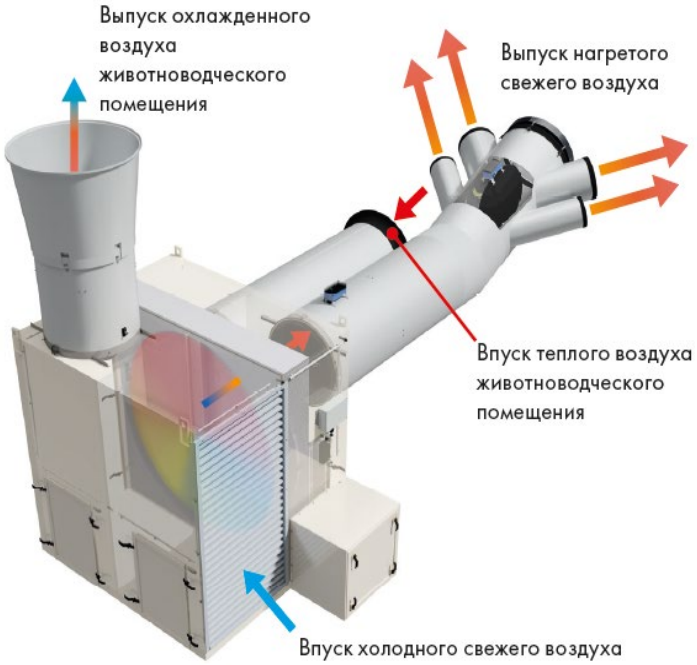


Рисунок 3 – Ротационный теплообменник фирмы REVENTA

Рекуператор фирмы АПИ имеет ряд конструктивных особенностей: постоянный КПД 50%, за счёт вертикального исполнения и промывки, автоматическая очистка и промывка поверхностей теплообмена; уверенная работа от +20 °С до –50 °С, за счёт системы предотвращения обмерзания.[8]



Рисунок 4 – Рекуператор компании АПИ

Теплообменник Big Dutchman Earny Type работает как рекуперативный теплообменник с перекрестым потоком. Установка снабжена фильтрующим элементом, что обеспечивает поступление в теплообменник только чистого воздуха, и системой автоматической очистки фильтрующих картриджей. Теплообменник изготовлен из

алюминия с покрытием и имеет ребристую структуру.[9]

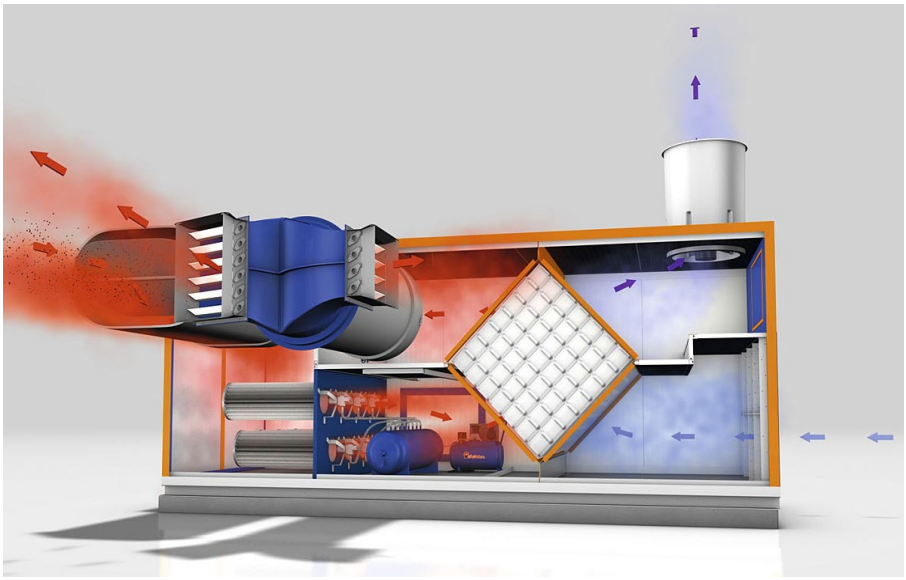


Рисунок 5 –Теплообменник Earny Type компании Big Dutchman

Технические характеристики рекуператоров для птицеводства представлены в таблице 2. Все рекуператоры имеют противоточную схему движения теплоносителей, для достижения большей эффективности. Практически все рекуператоры оборудованы системой автоматической промывки, что позволяет поддерживать оборудование в чистоте, удаляя накопившиеся загрязнения и предотвращая образование налёта

Таблица 2 - Технические характеристики рекуператоров

Компания	Тип конструкции	Схема движения тепло-носителей	Расположение рекуператора	Система автома-тической промывки	Минимальная наружная температура работы, °С	КПД рекупер а-ции	Материал рекупера-тора	Объемный расход воздуха, $м^3/ч$
HDT Anlagenbau	Пластинчатый	Противоточная	Вертикальное	Да	-	0,65	АБС -пластик	400-4000
HAKA VENTURING TECHNIK	Пластинчатый	Противоточная	Вертикальное	Да	-	-	Пластик	8000-20000
REVENTA	Ротационный	Противоточная	Вертикальное	Да	-	0,70	Алюминий покрытый пластмассой	10000-20000
REVENTA	Трубчатый	Противоточная	Вертикальное	Нет	-	0,57	ПВХ	7500-20360
АПИ АгроПроектИнвест	Пластинчатый	Противоточная	Вертикальное	Да	-50	0,50	Пластик	10000-20000
Tuffigo-rapidex	Трубчатый	Противоточная	Вертикальное	Нет	0	-	Пластик	5000
Vencomatic Group	Пластинчатый	Противоточная	Горизонтальное	Да	-	0,70	Пластик	До 30000
Big Dutchman	Пластинчатый	Перекрестный ток	Горизонтальное	Нет	-	0,57	Алюминий	До 20000

Заключение.

Создание оптимальных условий содержания птиц и обеспечение микроклимата в

помещениях для содержания птиц являются важными факторами для повышения эффективности производства. Одно из направлений экономии энергоресурсов в птицеводстве – утилизация тепла, содержащегося в воздухе птицеводческих помещений.

Анализируя данные технических характеристик существующих рекуператоров, в птицеводстве наиболее часто используют пластинчатые и трубчатые конструкции, с противоточной схемой движения теплоносителей и вертикальным расположением. Рекуператоры рассчитаны на большой воздухообмен от 400 до 30000 $м^3$/ч. КПД рекуператоров варьируется от 50 до 70%, наибольшим обладает пластинчатый рекуператор Vencomatic Group и ротационный рекуператор REVENTA.

Список использованных источников:

1 Вербицкий А. П., Филонов Р. А., Омельчук В. И., Мещеряков Я. О. Энергосбережение способом рекуперации тепла в свинарнике-маточнике индивидуального хозяйства // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2017. № 12 (175). С. 79–86.

2 Морозов В. Ю., Колесников Р. О., Калиткина К. А., Черников А. Н. Обзор проблем применения рекуператоров тепловой энергии для выращивания сельскохозяйственной птицы // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2022. № 2 (54). С. 47–52.

3 Васильков, А. А. Исследование температуры наружного воздуха для определения оптимальных расчетных значений рекуперативного теплообменного аппарата / А. А. Васильков, А. А. Матвеева // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 4(143). – С. 29-38. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-4-29-38. – EDN WVWUHU.

4 РД-АПК 1.10.05.04-13. Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Методические рекомендации по технологическому проектированию. Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий (утв. и введены в действие Минсельхозом России 30.09.2013)

5 Васильков, А. А. Использование теплообменных аппаратов для снижения энергозатрат при обеспечении оптимального микроклимата в объектах АПК / А. А. Васильков, А. А. Смирнова // Аграрный вестник Нечерноземья. – 2022. – № 1(5). – С. 30-35. – DOI 10.52025/2712-8679_2022_01_30. – EDN JNYUGB.

6 Wärmerückgewinnung und Kunststoffwärmetauscher - hät Technik. Продукция [Электронный ресурс]. – Режим доступа :https://www.hdt-technik.de/waermerueckgewinnung.html (дата обращения 16.11.2023).

7. »Heat-X« Rotate REVENTA [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.reventa.de/ru/produkty/vesassortimentprodukcii/otoplenie/teploobmenniki-tipa-vozdukh-vozdukh/heat-x-rotate/ (дата обращения 16.11.2023).

8 АгроПроектИнвест [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.agroproj.msk.ru/levels/ptlc.html (дата обращения 16.11.2023).

9 BigDutchman. Каталог оборудования: [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.bigdutchman.ru/ru/otkorm-pticy/aktualnoe/detail/teploobmennik-earny-2/. (дата обращения 16.11.2023).

10 Патент № 2726448 C2 Российская Федерация, МПК F28D 7/00. Кожухотрубный теплообменный аппарат с дополнительным сектором : № 2018146284 : заявл. 24.12.2018 : опубл. 14.07.2020 / А. А. Васильков, А. А. Смирнова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия".

11 Смирнова, А. А. Создание и испытание кожухотрубного теплообменника с дополнительным сектором для системы вентиляции / А. А. Смирнова, А. А. Васильков // Актуальные вопросы развития науки и технологий : сборник статей международной научной конференции молодых учёных, Караваево, 04 апреля 2019 года. – Караваево: Костромская ГСХА, 2019. – С. 317-322.

Bibliography:

1 Verbitsky A. P., Filonov R. A., Omelchuk V. I., Meshcheryakov Ya. O. Energy saving by heat recovery in a pigsty-a motherhouse of an individual farm // Proceedings of the agricultural science of Taurida. 2017. No. 12 (175). pp. 79-86.

2 Morozov V. Yu., Kolesnikov R. O., Kalitkina K. A., Chernikov A. N. Review of the problems of using heat energy recuperators for growing poultry // Topical issues of veterinary biology. 2022. No. 2 (54). pp. 47-52.

3 Vasilkov, A. A. Investigation of outdoor air temperature to determine the optimal design values of a regenerative heat exchanger / A. A. Vasilkov, A. A. Matveeva // Bulletin of the NGIEI. – 2023. – № 4(143). – Pp. 29-38. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-4-29-38. – EDN WVWUHU.

4 RD-APK 1.10.05.04-13. The system of recommendation documents of the agro-industrial complex of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Methodological recommendations for technological design. Methodological recommendations on the technological design of poultry enterprises (approved and put into effect by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 30.09.2013)

5 Vasilkov, A. A. The use of heat exchangers to reduce energy consumption while ensuring an optimal microclimate in agricultural facilities / A. A. Vasilkov, A. A. Smirnova // Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region. – 2022. – № 1(5). – Pp. 30-35. – DOI 10.52025/2712-8679_2022_01_30. – EDN JNYUGB.

6 Wärmerückgewinnung und Kunststoffwärmetauscher - hät Technik. Products [Electronic resource]. – Access mode :https://www.hdt-technik.de/waermerueckgewinnung.html (accessed 11/16/2023).

7. »Heat-X« Rotate REVENTA [Electronic resource]. – Access mode https://www.reventa.de/ru/produkty/vesassortimentprodukcii/otoplenie/teploobmenniki-tipa-vozdukh-vozdukh/heat-x-rotate / (accessed 11/16/2023).

8 Agroprojectinvest [Electronic resource]. – Access mode http://www.agroproj.msk.ru/levels/ptlc.html (accessed 11/16/2023).

9 BigDutchman. Equipment catalog: [Electronic resource]. – Access mode https://www.bigdutchman.ru/ru/otkorm-pticy/aktualnoe/detail/teploobmennik-earny-2 /. (accessed 11/16/2023).

10 Patent No. 2726448 C2 Russian Federation, IPC F28D 7/00. Shell-and-tube heat exchanger with an additional sector : No. 2018146284 : application. 12/24/2018 : publ. 07/14/2020 / A. A. Vasilkov, A. A. Smirnova ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kostroma State Agricultural Academy".

11 Smirnova, A. A. Creation and testing of a shell-and-tube heat exchanger with an additional sector for a ventilation system / A. A. Smirnova, A. A. Vasilkov // Topical issues of science and technology development : collection of articles of the international scientific conference of young scientists, Karavaevo, April 04, 2019. – Karavaevo: Kostroma State Agricultural Academy, 2019. – pp. 317-322.

Матвеева Арина Александровна, аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», redzon@inbox.ru

ANALYSIS OF RECUPERATORS FOR VENTILATION SYSTEMS IN POULTRY FARMING

Matveeva A. A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy»

Annotation. The poultry industry is one of the most energy-intensive branches of agriculture. A significant amount of energy is spent on providing a comfortable microclimate to preserve the health of birds and maximize productivity. To reduce energy costs while ensuring an optimal microclimate, it is necessary to use energy-saving equipment. One of the possible solutions to save energy is considered - the use of heat recovery units. The paper describes the principle of operation of recuperators and their main types. Companies engaged in the production of recuperators for ventilation systems in poultry houses have been identified. The recuperators were analyzed according to the following technical characteristics: design type, flow diagram of heat carriers, location of the recuperator, availability of an automatic flushing system, minimum outdoor operating temperature, recovery efficiency, material of the recuperator, volumetric air flow.

Keywords: microclimate, ventilation, energy saving, heat recovery, heat exchangers, recuperators, heat exchangers.

Matveeva Arina Aleksandrovna, postgraduate student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», redzon@inbox.ru

УДК: 631.312.54

К ВОПРОСУ УНИВЕРСАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНИСТАНА

Ч. Н. Таганов[1], А. Данатаров[2]

[1] Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
[2] Военный институт имени Сапармурада Туркменбаши Великого Министерства обороны Туркменистана

Аннотация. *В работе освещены вопросы обеспечение энерго-, влаго-, почво- и ресурсосбережения в условиях земледелия Туркменистана, путем создания универсальных агромелиоративных машинных агрегатов нового поколения для внутрипочвенного внесения жидких удобрений и совершенствования их механико-технологических особенностей, а также научных и агротехнических основ повышения плодородия почвы с учетом снижения трудовых, энергетических и материально-денежных затрат, направленных на получение устойчивых и гарантированных урожаев хлопчатника (нарезчик аэрационного дренажа НАД-2-60М и культиватор растениепитатель КР-5-40).*

Разработана технология глубокого объемного рыхления почв, включающая комплекс механизмов, состоящий из двухстоечного рыхлителя, оборудованного системой пассивной и принудительной подачи жидких компонентов в разрыхляемый слой (НАД-2-60М). Устройство для внесения жидких минеральных удобрений в прикорневую зону посевов предназначено для разрушения плужной подошвы, введению питательных веществ в корневую систему, углубления пахотного горизонта почвы и безотвального рыхления почвы на глубину от 30 до 40 см с целью сохранения влаги (КР-5-40).

Ключевые слова: *ресурсосбережения, энергетическая эффективность глубокого рыхления, формы и параметров стоек, плодородия орошаемых почв.*

По мнению А.Г. Бабаева “Увеличение площади орошаемых земель вызывает пропорциональный рост засоления и дренажа. Чем выше аридность территорий, тем этот процесс интенсивнее” [1]. А также отмечает, что “экологическая проблематика в той или иной степени и форме затрагивает все важнейшие стороны современной деятельности, поэтому для интегрированной разработки ее требуется активное сотрудничество представителей науки и практики” [1].

Староорошаемые земли аридной зоны Туркменистана находятся в условиях близкого залегания грунтовых вод и относятся к тяжелым почвам, которые имеют большую потенциальную опасность вторичного засоления. Рассоление таких почв обычными промывными поливами не дают положительного эффекта, т.к. подпахотная подошва грунта, образовавщаяся в результате многократной вспашки на губине 30-35 см препятсятвует вымыву вредних солей в нижние грунты. Трудные в мелиоративном отношении грунтовые условия, характеризующиеся низкой естественной дренированностью и аэрацией, не позволяют получать стабильные урожаи сельскохозяйственной продукции. При этом до 50% поливной воды отводится дренажной сетью безвозвратно, что приводит к истощению водных ресурсов и повышению эксплуатационных затрат орошаемого гектара [2].

К.Б. Сапаров, Т.Г. Савельева установили, что в сложивщихся условиях скорейший переход к интегрированному методу защиту растений, основанному на совершенствовании агротехнических приемой, биометоде и выведении устойчивых сортов, а также, по возможности, полностью отказаться от химических средств [3]. Для оздровления сельхозпроизводства необходимо переходить к востановлению биологического плодородия почв, совершенствованию управления агроэкосистемами и развитию экологически обоснованных форм ведения сельского хозяйства.

Разработки агромелиоративных машинных агрегатов, направленной на снижение трудовых, энергетических и материально денежных затрат и повышения плодородия почвы. Повышение эффективности использования жидких органо-минеральных удобрений (ЖОМУ) и жидких минеральных удобрений (ЖМУ) путем совершенствования агрегата для подпочвенного внесения в условиях аридной зоны. При глубокой механической и биологической обработке почвы практически мгновенно происходит разрушение уплотненных иллювиальных прослоек и увеличение объема почвы, используемого корневой системой хлопчатника, представлена на рисунке 1.

Создание машин и орудий нового поколения, ресурсосберегающих, высокоэкономичных, высокопроизводительных, менее энергоемких и металлоемких-глобальная задача современной науки. В Туркменистане разуплотнение и углубление пахотного горизонта необходимо проводить на 1,3-1,5 млн. га сельхозугодий, а годовая потребность в орудиях для рыхления почвы составляет, соответсвенно глубокорыхлители для внесения органических удобрений 6,5-8,2 тыс. шт. (185 усл.эт.га), культиваторы-растениепитатели 4,0-5,0 тыс. шт. (695 усл.эт.га). Следовательно, для этого разрабатываем блок-схема факторов создания и обоснование рабочих органов агромелиоративных машин для аридных зон (рис. 2).

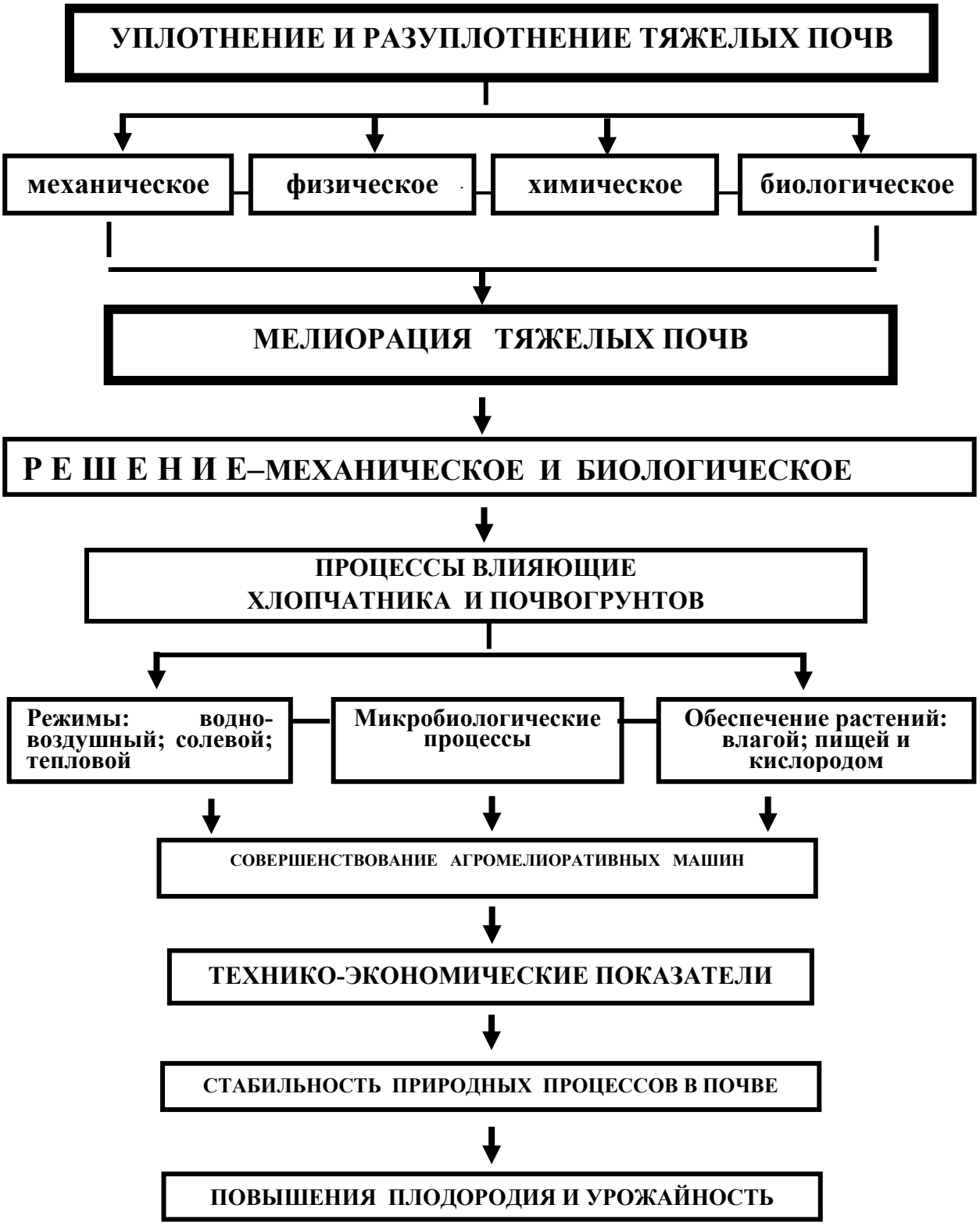


Рисунок 1 - Блок-схема факторов влияющих на процессы уплотнения почв, пути их решений



Рисунок 2 - Блок-схема факторов создания рабочего органа для аридных зон

Борьба с переуплотнением почвы стала одним из главных направлений минимализации её обработки. Механическое рыхление - послойное отделение породы от массива и разделение ее на куски при помощи механических рыхлителей. Поэтому почвозащитные меры должны учитываться при использовании любых технологий обработки почвы, в том числе и при глубоком рыхлении и кротовании (аэрационный дренаж-АД). К настоящему времени накоплен значительный опыт применения глубокого рыхления и кротования во многих странах мира [4].

Целью работы является разработка универсальный агромелиоративный машин и технологии его проведения, определение его оптимальных параметров, создание современных эффективных технических средств его осуществления в системе хлопководства аридной зоны, обеспечивающих необходимое качество регулирования питательного, водно-воздушного, теплового и солевого режимов с последующим получением гарантированных урожаев хлопка.

Метод и методология исследования базируется на системном подходе к объекту, детальном анализе приоритетных направлений в области обработки почвы. Следовательно, разработана технология и рабочее оборудование глубокого рыхлителя ГР-2-50 и нарезки аэрационного дренажа, которые воплощены в новой конструкции НАД-2-60 и НАД-2-60М, универсальной агромелиоративных машин для внесения органоминеральных удобрения,

позволяющие улучшить мелиоративное состояние тяжелых почв орошаемых земель аридной зоны. ГР-2-50 предназначен для разрушения под плужной подошвы за счет глубокого (до 70 см) рыхления почвы, что позволяет воде проникать в почву, улучшая ее дренаж. В почву легче проникает воздух, и она равномерно прогревается. Скорость роста хлопчатника увеличивается, а также заметно улучшается стабильность верхнего слоя почвы [5].

Раскрытие функции основано на выявлении связи между параметрами аэрационного дренажа и повышением урожайности хлопка. Выбор рационального критерия оптимизации получен на основе сопоставления изменения прироста урожайности при различных параметрах аэрационного дренажа и затрат на его нарезку. Поэтому критерием оптимизации принят максимальный эффект, приходящийся на единицу затрат при нарезке аэрационного дренажа. По результатам опытов нарезки аэрационного дренажа на глубине 0,6 м кротователем НАД-2-60 дает прибавку урожая хлопка на 7,4 ц/га при расстоянии между дренами 0,9 м. Дальнейшее увеличение глубины и уменьшение расстояния между дренами практически не влияет на урожайность хлопка. Экономическая эффективность АД может быть определена по трем основным составляющим: экономическая эффективность от применения новой конструкции и технологии его нарезки; экономическая эффективность от прибавки урожая сельскохозяйственных культур; экономия промывной и поливной воды. При этом значительно улучшается экологическая обстановка, сокращается поливная 20-30% и промывная норма до 50-75%, предотвращаются повышения уровня грунтовых вод и процесс засоления [6].

Для поддержания достигнутого уровня плодородия почв на орошаемых землях в 2-3-польном севообороте глубокое рыхление с внутрипочвенным внесением ЖОМУ с содержанием 3-5% органики проводится один раз за ротацию. Машины должны обеспечивать внесение органических удобрений и их смесей в пределах 6-11 т/га. НАД-2-60М, позволяющие улучшить мелиоративное состояние тяжелых почв в течение четырех лет без вывода земель из оборота. НАД-2-60М в качестве почвозащитной и энергоемкой технологии, экономит органические удобрения в 4-5 раза (при норме 30-45 т/га), снижают потери минеральных удобрений: фосфора 40-50%; азота 33%; калия 12% укрепляет почву и корни хлопчатника, повышает урожай на 10-15 ц/га. Новизна технических решений, использованных в работе, подтверждена авторским свидетельством №1751263 и тремя патентами (№11/101144, №11/101145, №13/J 01219) [7]. Результаты исследований использованы при разработке принципиально новых конструкций, в котором глубокое рыхление грунта сочетается с одновременным внутрипочвенным внесением ЖОМУ нужного состава, оборудования НАД-2-60М и культиватор растениепитатель внутрипочвенным внесением ЖМУ, оборудования КР-5-40 (рис.3, 4).





Рисунок 4 - Общий вид КР-5-40

Культиватор растениепитатель КР-5-40 устройство для внесения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) в прикорневую зону посевов предназначено для разрушения плужной подошвы, введению питательных веществ в корневую систему хлопчатника, углубления пахотного горизонта почвы и глубокого безотвального рыхления почвы на глубину от 30 до 40 см, с целью сохранения влаги в осенне-зимний период. Новизна технологических и технических решений, подтверждена патентам (№14/I 01286) Туркменистана на изобретения. При использовании жидких удобрения из него корневая система хлопчатника быстрее развивается, глубже проникает в почву.

На основании приказа 215 Министра сельского хозяйства Туркменистана от 11 декабря 2013 года составленная Экспертная комиссия провела научно-исследовательские испытания и в соответствии с протоколом испытаний составила акт испытаний, одобренный и подтвержденный в Отделе механизации сельского хозяйства Научно-техническим советом при министерстве 15 января 2014 года, универсальной глубокорыхлителя кротовательного типа НАД-2-60 и НАД-2-60М, а также культиватор растениепитатель КР-5-40 предложили для широкого внедрения в производство сельского хозяйства страны [8].

Список использованных источников:

1. Бабаев А.Г. Влияние орошения на природные условия аридных земель Центральной Азии. //Проблемы освоения пустынь, №6. // А., 1999.

2. Данатаров А. Об экологической напряженности в аридной зоне. /Экологические проблем при орошении и осушении. // Киев., 1993.

3. Сапаров К.Б., Савельева Т.Г., Данатаров А. Влияние пестицидов на экологию и альтернативные методы защиты растений. //Проблемы освоения пустынь. №3.// А., 1999.

4. Данатаров А., Сапаров К.Б. Устройство аэрационного дренажа в аридной зоне. //Мелиорация и водное хозяйство. // М., 1994.

5. Данатаров А. Аэрационный дренаж в условиях аридной зоны. //Проблемы освоения пустынь, №6 // А., 1998.

6. Данатаров А. Рыхлительные агрегаты нового поколения в условиях аридной зоны. //Технические науки: проблемы и перспективы. –// А., 2011.

7. Данатаров А. Комплексная мелиорация уплотнённых почв на орошаемых землях в условиях Туркменистана. //Технические науки в России и за рубежом-// А., 2014.

8. Данатаров А., Аширов С., Шаммедов М.Н. Внедрение ресурсосберегающих технологий в земледелии - путь к повышению рентабельности производства в условиях Туркменистана. //Исследования молодых ученых. // Казань, 2021.

Ч. Н. Таганов[1], А. Данатаров[2],

[1]к.т.н., старший преподаватель Туркменского государственного архитектурно-строительного института,

[2]к.т.н., старший преподаватель Военного института имени Сапармурада Туркменбаши Великого Министерства обороны Туркменистана

ON THE ISSUE OF UNIVERSALIZATION OF INNOVATIVE AGRICULTURAL MECHANISM MACHINES IN THE CONDITIONS OF TURKMENISTAN

Ch. N. Taganov[1], A. Danatarov[2]

[1] Turkmen State Institute of Architecture and Construction
[2] Military Institute named after Saparmurad Turkmenbashi of the Great Ministry of Defense of Turkmenistan

Annotation. The work highlights the issues of ensuring energy, moisture, soil and resource conservation in the agricultural conditions of Turkmenistan, by creating universal agro-reclamation machine units of a new generation for intrasoil application of liquid fertilizers and improving their mechanical and technological features, as well as the scientific and agrotechnical principles of increasing soil fertility taking into account the reduction of labor, energy and material and monetary costs aimed at obtaining sustainable and guaranteed cotton yields (aeration drainage cutter NAD-2-60M and plant feeder cultivator KR-5-40).

A technology for deep volumetric loosening of soils has been developed, including a set of mechanisms consisting of a two-column ripper equipped with a system of passive and forced supply of liquid components into the loosened layer (NAD-2-60M). A device for applying liquid mineral fertilizers to the root zone of crops is designed to destroy the plow base, introduce nutrients into the root system, deepen the arable soil horizon and moldless loosening of the soil to a depth of 30 to 40 cm in order to preserve moisture (KP-5-40).

Key words: resource saving, energy efficiency of deep loosening, shape and parameters of racks, fertility of irrigated soils.

Ch. N. Taganov1, A. Danatarov2,
1st candidate of technical sciences, senior lecturer at the Turkmen State Institute of Architecture and Construction,
2nd candidate of technical sciences, senior lecturer at the Military Institute named after Saparmurad Turkmenbashi of the Great Ministry of Defense of Turkmenistan

УДК 631.17:004.9

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Савченко О.Ф., Альт В.В., Исакова С.П., Солошенко А.А., Корякин Р.А., Елкин О.В.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук

Аннотация. *Показана актуальность применения информационных цифровых технологий для поддержки принятия агротехнологических решений путем обработки и анализа больших объемов разнообразной информации, сопровождающей процесс производства зерновых культур для выработки набора альтернативных научно-обоснованных агротехнологических решений. При этом существенно повышается эффективность производства за счет своевременного принятия результативных управленческих решений. Цель исследований – на основе рассмотрения особенностей хозяйственных управляющих действий сельхозтоваропроизводителя при производстве зерновых культур сформировать схему организации информационного пространства для цифровой системы поддержки принятия агротехнологических решений. На основе целенаправленного рассмотрения информации данной предметной области, предложена схема модели организации основных информационных потоков, их взаимодействия и преобразования, а также алгоритм функционирования программных средств реализации модели на основе интеграции цифровых методов сбора, анализа и представления информации. Обосновано включение в состав модели блоков сбора и преобразования исходной информации, формирования баз данных и знаний, оперативного мониторинга текущей информации, анализа и принятия альтернативных решений, функционально связанных с ядром единой информационно-технологической платформы предприятия. Применение модели позволит повысить эффективность разработки, как комплексного программного продукта по применению агротехнологий в целом, так и отдельных программ для поддержки принятия решения по конкретным задачам, что повысит эффективность и конкурентоспособность растениеводческого сельхозпредприятия.*

Ключевые слова: *агротехнологии, информационные потоки, мониторинг, уровень интенсификации, базы данных и базы знаний, модели, машинно-тракторный парк, программный комплекс*

Введение *Постановка проблемы.* Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроэкоценозах при обеспечении экологической безопасности и требуемой экономической эффективности. Очевидно, что компетентное, основанное на многосторонней и достоверной информации в данной предметной области планирование комплекса агротехнологий, надлежащее выполнение технологических операций на каждом этапе производства и оперативное управление на основе оценки складывающейся производственной ситуации – определяющие факторы эффективности

сельхозпредприятия. При этом степень использования в хозяйствах передовых научных достижений, реализованных в конкретных технологических разработках, формирует практическую основу эффективного *информационного обеспечения* сельскохозяйственного производства при проектировании систем земледелия и принятии агротехнологических решений [10].

Специфические особенности этой предметной области обуславливают основные принципы формирования агротехнологий: альтернативность и возможность выбора; адаптированность к природным условиям на основе агроэкологической и агрофизической оценки земель; динамический подход к созданию и управлению агроэкоценозами. Формирование блоков агротехнологий проводится с учетом системных связей, выявляемых в многофакторных агрофизических и агроэкологических полевых экспериментах. Агротехнология для конкретного поля строится, как правило, на массиве данных и знаний, которые содержат различные источники: паспорт и история поля, метеоданные, описания сортов, регистры базовых агротехнологий, различные методички, другая специальная литература, а также опыт самого агронома. Процесс принятия агротехнологических решений происходит путем выбора технологических операций предпочтительно на альтернативной основе, эффективное выполнение которых в значительной мере определяется степенью полномасштабного достоверного формирования *информационного пространства* данной предметной области и обеспечения его функционирования [20, 21].

Анализ решения проблемы. Для решения этих задач традиционно привлекаются информационные технологии, обеспечивающие формирование и совершенствование информационных ресурсов, как завершающего звена научных исследований и технологических разработок, объединяющего профессиональные знания и опыт для распространения их широкому кругу пользователей в виде наукоемких удобных в применении программных и технических средств. Наличие и совершенствование этих ресурсов имеет приоритетное значение при создании высокоэффективных конкурентоспособных сельскохозяйственных технологий.

Исследования, проводимые ранее авторами в этом направлении, позволили сформировать концептуальные положения и методологические подходы к созданию сельскохозяйственных информационных систем, принципам и этапам их построения, разработке моделей представления данных и знаний. Обоснованы структуры и состав компьютерных баз данных и экспертных систем по ресурсосберегающим технологиям в растениеводстве и использованию машинно-тракторного парка, сформированы компьютерные системы, получившие практическое использование в сельскохозяйственной науке, образовании и производстве, что в значительной мере расширило наличие информационных ресурсов в этой предметной области [1, 3, 13, 14] .

В настоящее время, наряду с совершенствованием систем земледелия, особенно развитием технологий точного земледелия, происходит интенсивное развитие возможностей компьютерных информационных технологий. Очевидно, что современные цифровые информационные технологии, цифровая техника становятся эффективным инструментом решения задач для поддержки принятия практических агротехнологических решений на новом качественном уровне. Развиваются методы компьютерного анализа, информационного онтологического моделирования больших объемов данных и знаний, составляющих информационное поле данной предметной области, применяются автоматизированные технологии управления, совершенствуются научно-теоретические положения формирования интеллектуальных систем в сельском хозяйстве, подтверждая тем самым необходимость

цифровой трансформации сельхозпредприятий [5,7, 9].

Наряду с переводом продукции и услуг, технологических процессов в цифровую форму, получением соответствующих цифровых интерфейсов и внедрением новых информационных технологий, в современном сельхозпредприятии (цифровой агрокомпании) изменяется стратегия, бизнес-модель и культура, что расширяет границы этой компании и позволяет ей сформировать свою ресурсосберегающую высокоэффективную экосистему. Это означает создание на предприятии *единой информационно-технологической платформы,* обеспечивающей поддержку всех разновидностей совместной работы, всех этапов производственного технологического процесса на основе глубокого анализа информационного поля, определения информационных блоков, их взаимодействия, организации информационного пространства. Выполняется цифровая интеграция получаемых данных с различными приложениями, в том числе и интеллектуальными, производящими их обработку для поддержки принятия агротехнологических решений, как при планировании сезонных полевых работ, так и в режиме реального времени. Обеспечивается оперативный всесторонний контроль состояния почвы, климата, растений, техники для своевременного принятия научно-обоснованных корректирующих мероприятий путем всестороннего анализа всего массива поступающих данных на основе всей совокупности знаний, имеющихся в информационно-технологической платформе сельхозпредприятия [8, 12, 15].

Очевидно, что информационное пространство практической деятельности конкретного хозяйства должно целенаправленно формироваться на основе имеющихся информационных ресурсов всех уровней и обеспечивать взаимосвязанное решение основных технологических и управленческих задач. Среди них: выбор структуры и объёмов производства растениеводческой продукции; определение схемы севооборотов и подбора соответствующих культур и сортов с оптимальным размещением их по полям хозяйства; проектирование пакета технологий, адаптированных к природным и хозяйственным условиям сельхозпредприятия. Кроме того, важна подготовка мероприятий по оценке возможной их дифференциации по уровням интенсификации производства в зависимости от ресурсного потенциала.

Существующие многочисленные разработки в области цифровых технологий и наличие широкого спектра специализированных программных продуктов показывают возможность решения широкого круга задач сельхозпредприятий в области сопровождения технологий возделывания зерновых культур в зависимости от производственной специализации хозяйства, природно-климатических условий ведения сельскохозяйственной деятельности, выбора возделываемых культур и уровня интенсификации агротехнологий. В разработках применяются различные методы информационного поиска, формирования концептуальных и информационных моделей, интеллектуального анализа данных, создания экспертных систем, применения сетевых технологий. Формируются нормативно-справочные базы данных на основе региональной интерпретации производства, разрабатываются расчетные алгоритмы с применением ряда критериев и создается программное обеспечение для автоматизированного подбора агротехнологий с целью получения планируемого объема и вида растениеводческой продукции [18, 23, 11, 17] .

Непосредственное применение в конкретном сельхозпредприятии разработок, имеющихся по этому направлению, затруднено из-за большого количества региональных особенностей сельхозпроизводства и разнообразной номенклатуры МТП, требует серьезной адаптации программных продуктов, зачастую существенной переработки вплоть до разработки нового продукта, что в большинстве случаев нецелесообразно. Это аргументирует

необходимость изучения и тщательного учета всего многообразия факторов и условий производства, степени их значимости для принятия решения в сложившейся ситуации с учетом возможности распространения результатов на широкий круг сельхозтоваропроизводителей. Требуются научные исследования по определению, взаимодействию и применению информационных потоков, что определяющим образом влияет на эффективность и конкурентоспособность хозяйства за счет принятия научно-обоснованных агротехнологических решений, основанных на глубоком анализе достоверной информации с требуемым уровнем детализации.

Цель исследований – на основе рассмотрения особенностей хозяйственных управляющих действий сельхозтоваропроизводителя при производстве зерновых культур сформировать схему организации информационного пространства для цифровой системы поддержки принятия агротехнологических решений.

Материалы и методы. Исследования выполнены с помощью информационных и аналитических методов, системного подхода, логического и математического анализа материалов. Отмечая большой объем разнообразной информации, имеющийся в этой предметной области, обосновано применение метода информационного моделирования как наиболее адаптивного инструмента анализа для целостного и формализованного описания процесса автоматизированного выбора агротехнологий и технических средств. Информационная модель, сформированная в результате исследований, понимается как информация, описывающая существенные свойства объекта и его связи, формализована с точки зрения цели исследования и зафиксирована на информационном носителе [24].

Методический подход к формированию модели организации информационного пространства основан на реализации практической схемы действий сельхозтоваропроизводителя (СТП) при принятии агротехнологических решений при производстве зерновых культур. Очевидно, что СТП при производстве зерна является основным звеном процесса принятия решений – он находится в режиме постоянного поиска и необходимости принятия различного уровня решений для достижения поставленных целей. Упрощенная схема процесса принятия решений, в основном отражающая смысл методики, представлена на рисунке 1. Решения он принимает с учетом условно-постоянных (характеристика почвы, севооборот и пр.) и условно-переменных (природно-климатические условия, наличие семян, и пр.) факторов. Используя имеющиеся ресурсы (кадры, парк техники и т.п.), он, путем решения множества промежуточных целей (сохранение влаги, борьба с сорняками), применяя те или иные технологии (агроприемы), стремится к достижению конечной цели – получению высокой урожайности и максимальной экономической эффективности (прибыли) возделываемой культуры с учетом щадящего отношения к почве и поддержания (улучшения) ее плодородия. При принятии решений СТП привлекает всю имеющуюся в его распоряжении информацию (книги, учебники, собственные знания и опыт, консультации со специалистами и др.).

Для цифровизации процесса принятия решений необходимо учитывать некоторые специфические особенности агрознаний с точки зрения их компьютерного представления. Среди них – большой объем разнородных, трудноформализируемых исходных данных, сложность в определении структуры информации для представления пользователю, неполнота сравнительных данных. Необходимо одновременное привлечение большого объема информации, а также требуется многократный перебор данных с различной степенью детализации и др.

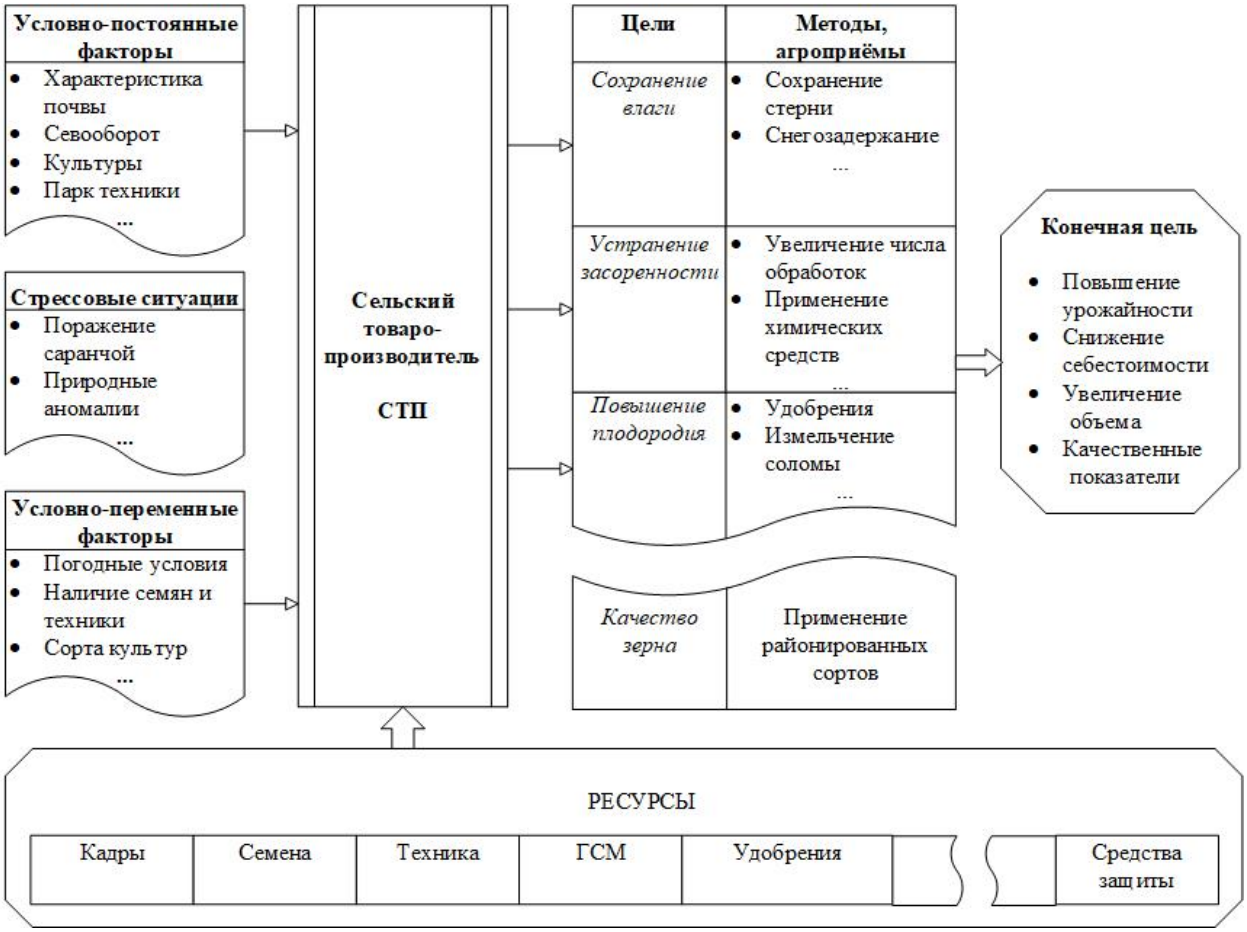


Рисунок 1 – Схема действий сельхозтоваропроизводителя при принятии агротехнологических решений при производстве зерновых культур

Результаты исследований. Разработана модель организации информационного пространства для поддержки принятия агротехнологических решений, приведенная на рисунке 2.

Модель включает значимые информационные составляющие рассматриваемого процесса и их взаимодействие; она состоит из блоков сбора и преобразования исходной информации, формирования баз данных и баз знаний, оперативного мониторинга текущей информации, анализа данных и формирования альтернативных решений, функционально связанных с ядром единой информационно-технологической платформы предприятия. Создание баз знаний осуществляется с применением моделей представления знаний. Для принятия решений привлекается соответствующий набор математических и семантических моделей и алгоритмов.

Работа осуществляется с помощью интерфейса пользователя взаимодействующего с ядром единой информационно-технологической платформы предприятия, позволяющего оперативно ставить задачу (условия), обеспечить подготовку необходимой информации (базы данных, базы знаний и т.п.), привлечь необходимые вычислительные средства (модели, алгоритмы, системы и т.п.) для получения набора альтернативных решений.

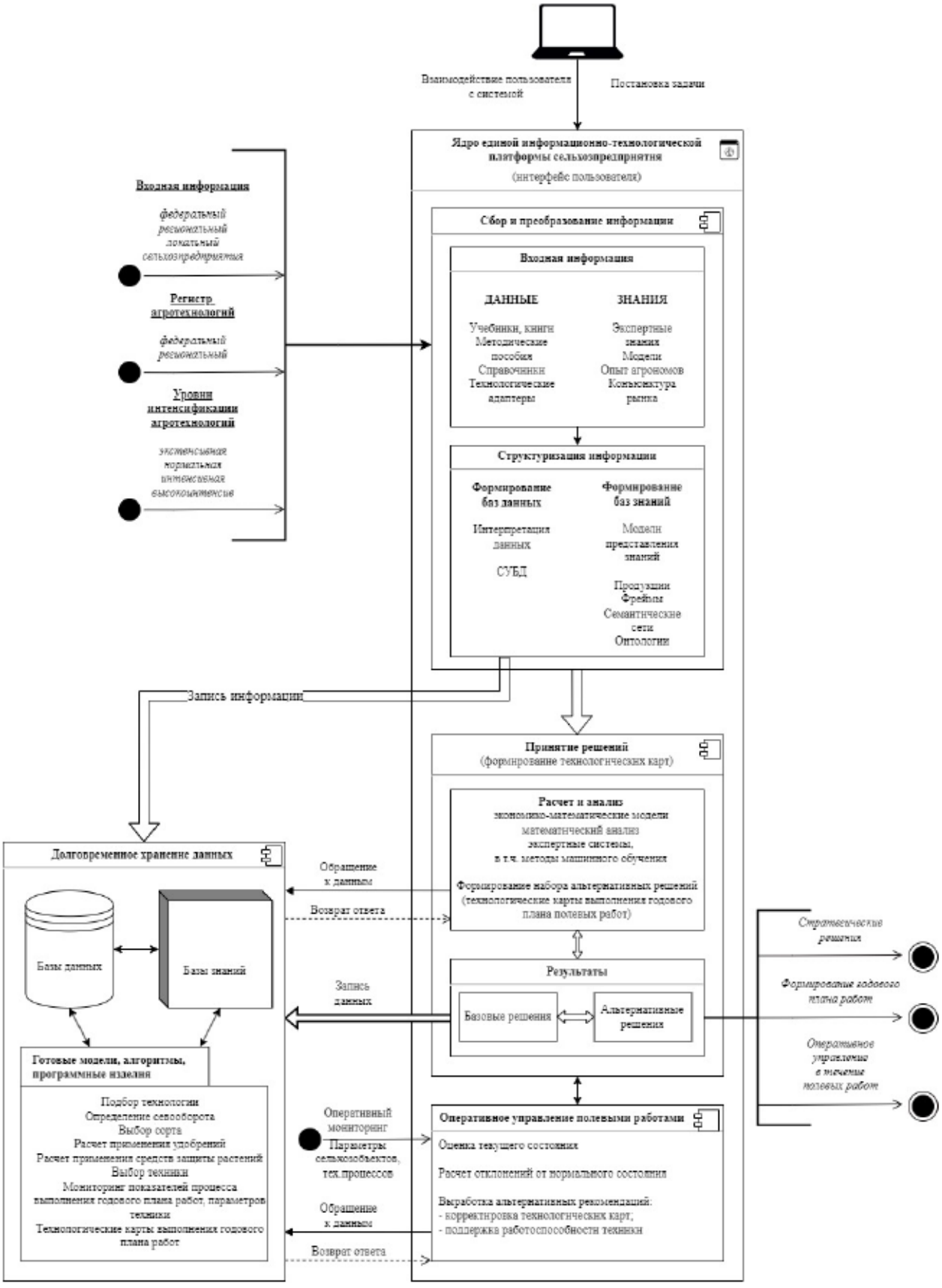


Рисунок 2 – Схема модели организации информационного пространства системы поддержки принятия агротехнологических решений

Результаты принятия стратегических решений, формирования годовых планов

выполнения технологических операций, а также рекомендации по оперативному управлению технологическим процессов в течении полевых работ предоставляются пользователю, как правило на альтернативной основе, на естественном языке данной предметной области.

Рассмотрим более подробно организацию *блока входной информации.* Ввод исходной информации осуществляется с учетом уровней поступления информации, уровней интенсивности агротехнологий, регистров агротехнологий, показателей и параметров технологического процесса и техники.

Оценивая значительное разнообразие объективно существующих в нашей стране природно-географических условий и территориально-пространственных неоднородностей сельскохозяйственных земель, предусмотрена дифференциация информационного обеспечения по уровням поступления информации – *федеральный, региональный и локальный,* на каждом из которых решаются свои специфические задачи. Информационное пространство практической деятельности *конкретного хозяйства* должно целенаправленно формироваться на основе имеющихся информационных ресурсов всех уровней и обеспечивать ежегодное взаимосвязанное решение основных технологических и управленческих задач [22].

Большая информационная емкость принадлежит наличию *федеральных и региональных регистров* технологий производства сельскохозяйственной продукции и машин. Процедура формирования регистров агротехнологий включает составление списка всех известных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур в районе и последующее их структурирование в технологические адаптеры применительно к агроэкологическим группам земель и уровням интенсификации производства [19].

Значительный объём научно-технологических растениеводческих знаний составляют исследования по вопросам развития адаптивно-ландшафтной системы земледелия, дифференцирования по агроэкологическим и социально-экономическим показателям, применению агрохимических агротехнологий в различных регионах страны, а также классификации агротехнологий на основе структурно-модульного подхода с выделением нескольких уровней интенсификации: *экстенсивная, нормальная, интенсивная, а также высокоинтенсивная* или точная [16].

Одной из *основных составляющих информационного пространства* при формировании и выполнении агротехнологий являются данные и знания по формированию и обеспечению функционирования машинно-тракторного парка (МТП). Необходимо определить оптимальный состав машинно-тракторного парка, установить наиболее целесообразное соотношение между отдельными типами и марками тракторов и сельскохозяйственных машин и их количеством в условиях конкретного хозяйства. Снижение же энергозатрат при производстве продукции растениеводства возможно за счет использования оптимальных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов, для чего целесообразно применение мониторинга параметров работоспособности техники, оценки эксплуатационных энергетических параметров для принятия соответствующих технологических решений [6].

На основе предложенной модели разработана общая схема (алгоритм) функционирования программных средств, представленная на рисунке 3; определены этапы их реализации, назначение и применяемые методы.

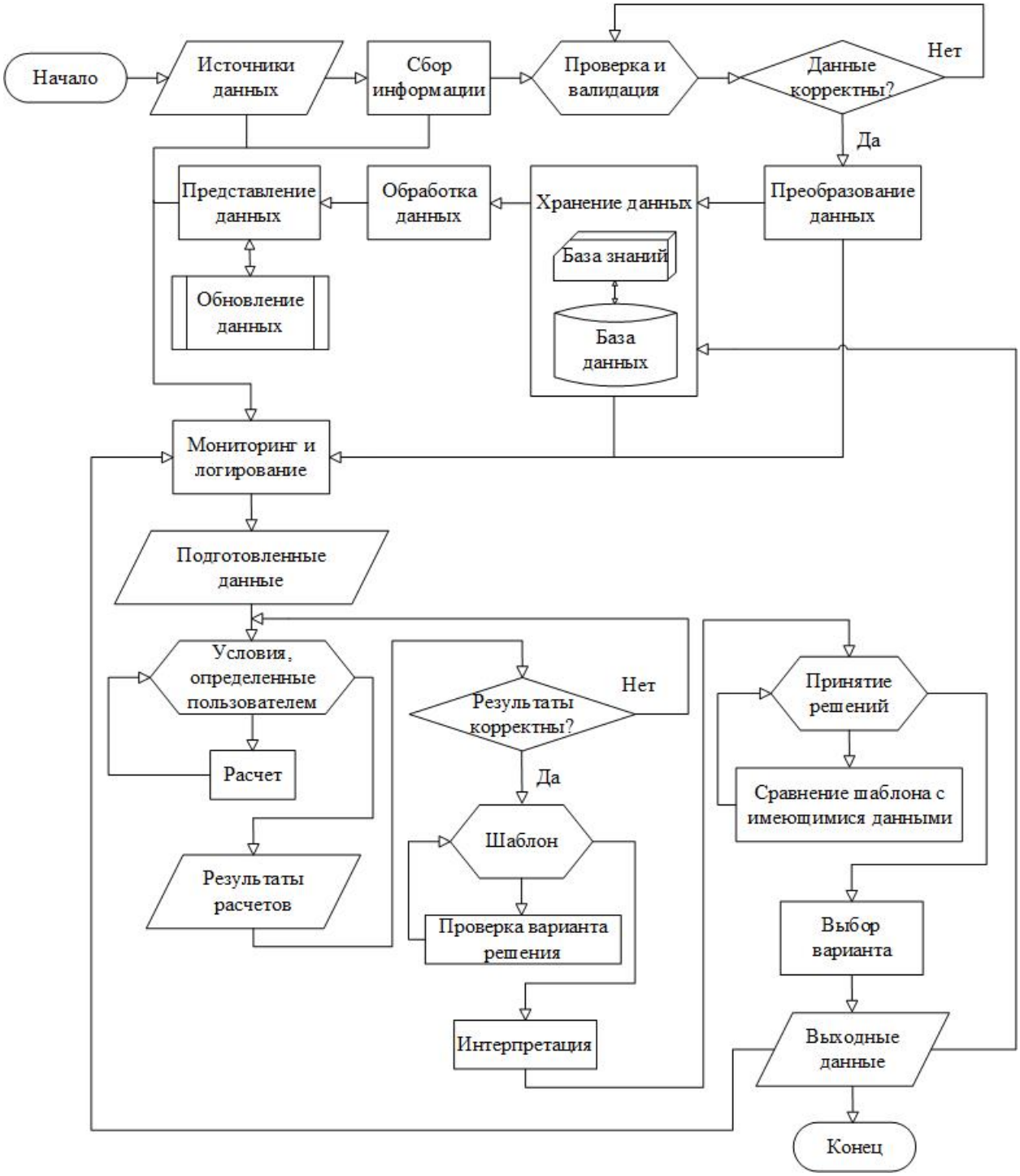


Рисунок 3 – Схема алгоритма функционирования программных средств

Работа алгоритм начинается со сбора и преобразования информации. Последовательно осуществляется идентификация источников данных, запускается процедура сбора информации и стартует цикл проверки и валидации. Если данные корректны, то происходит их дальнейшее преобразование и отправка в хранилище. Если данные некорректны, то цикл валидации и проверки повторяется до тех пор, пока условия не будут соблюдены. Далее данные из хранилища обрабатываются для корректного представления пользователю. Одновременно с представлением осуществляется параллельный процесс обновления данных. Этапы идентификации источников, сбора информации, преобразования данных, их хранения, обработки и представления

подвергаются постоянному мониторингу в режиме реального времени.

Для расчета, анализа и принятия решений поступают подготовленные данные; запускается цикл расчетов с учетом условий, которые определил пользователь. Расчеты осуществляются до тех пор, пока условия не будут выполнены. Затем результаты расчетов отправляются на проверку. Если результаты корректны, запускается цикл выработки альтернативных решений (вариантов) для выполнения поставленной задачи. После чего запускается процедура интерпретации альтернативного решения, которое приводит к последнему циклу, где осуществляется сравнение выработанного решения с имеющимися данными и происходит выбор варианта.

На завершающем этапе работы алгоритма происходит формирование отчета (выходные данные), которые получает пользователь. Одновременно происходит оперативный мониторинг выходных данных и их внесение в долговременное хранилище для дальнейшего анализа и использования.

Предусмотрена возможность совершенствования алгоритма путем оценки его эффективности с применением шагов мониторинга и обучение алгоритма. Приведенная схема является цикличной и итеративной. При работе эти этапы могут перекрываться, и некоторые шаги могут выполняться параллельно или в разной последовательности в зависимости от конкретной задачи и условий. Также может быть необходима постоянная обратная связь между этапами для корректировки и оптимизации процессов.

Этапы (шаги) работы алгоритма при *сборе и преобразовании информации*, их описание и методы реализации представлены в таблице 1, а при расчете, анализе и принятии решений – в таблице 2.

Таблица 1. Сбор и преобразования информации

Шаг	Название	Описание	Методы
1	Идентификация источников информации	Определение и классификация источников, откуда будет собираться информация	Веб-сервисы, базы данных, файлы, IoT - устройства, внешние API, пользовательский ввод, бумажные архивы
2	Сбор информации	Извлечение данных из источников	Запросы к базе данных, вызовы API, чтение файлов, получение данных от IoT-устройств или пользовательский ввод, распознавание изображений
3	Проверка и валидация данных	Проверка полученных данных на корректность и целостность, проверка данных на полноту и соответствие ожидаемому формату	Валидация форматов (дата/время, числовые значения), проверка на необходимые поля, проверка на допустимые значения
4	Преобразование данных	Преобразование данных в нужный формат или структуру для дальнейшей обработки	Парсинг и десериализация данных, преобразование данных в объекты, преобразование форматов данных, нормализация данных
5	Хранение данных	Сохранение преобразованных данных для дальнейшего использования	Запись данных в базу данных, файловую систему, облачное хранилище или кэш
6	Обработка данных	Проведение необходимых операций над данными в	Фильтрация, сортировка, агрегация, вычисления или другая обработка

		соответствии с бизнес – логикой	данных, необходимая для достижения требуемых результатов
7	Представление данных	Отображение обработанных данных пользователю или другим системам	Отображение данных на веб-странице, формирование отчетов, отправка данных по электронной почте, API для внешних систем
8	Обновление данных	Обновление данных в случае изменений или новых событий	Изменение данных пользователем, автоматическое обновление через API, синхронизация с внешними системами
9	Мониторинг и логирование	Отслеживание процесса сбора и преобразования информации	Контроль операций и ошибок, мониторинг производительности системы, аудит доступа и изменений

Таблица 2. Расчет, анализ и принятия решений

Шаг	Название	Описание	Методы
1	Получение и подготовка данных	Сбор необходимых данных из различных источников, предварительная обработка и нормализация данных, разделение данных на обучающие и тестовые наборы	API запросы, SQL запросы к базам данных, чтение файлов, получение данных от IoT-устройств, обработка изображений бумажных архивов
2	Расчет	Применение математических методов, моделей и алгоритмов для вычислений, итеративная оптимизация результатов	Выбор математических функций и процедур для решения поставленной задачи
3	Анализ результатов	Оценка точности и валидности полученных расчетов, проведение глубокого анализа данных, визуализация данных	Кросс-валидация, регрессионный анализ, кластеризация, анализ время-состояний
4	Проверка вариантов решений	Формирование и проверка альтернативных решений, интерпретация результатов	Статистические тесты, экспертная оценка
5	Принятие решений	Оценка вариантов , рассмотрение рисков и вероятностей исходов, выбор оптимального решения и планирование действия	Попарное сравнение вариантов, семантическое дерево решений, тестирование
6	Исполнение решения	Реализация действий, мониторинг и корректировка процесса	Выполнение алгоритмов, оперативный мониторинг процессов
7	Оценка эффективности решения	Анализ результатов по данным обратной связи, корректировка стратегий и подходов	Оценка показателей и тенденций, анализ перспективности решения
8	Мониторинг и обучение	Непрерывный мониторинг, улучшение процесса расчета и анализа	Контроль показателей, обучение алгоритмов

Результаты принятия стратегических решений, формирования годовых планов выполнения технологических операций, оперативного управления технологическим

процессов в течении полевых работ предоставляются пользователю, как правило на альтернативной основе, на естественном языке данной предметной области.

Они накапливаются в специальных базах данных (базовые решения) и могут быть в дальнейшем многократно использованы для решения аналогичных задач путем адаптации решения на основе анализа сложившейся в данное время производственной ситуации (адаптивные решения).

На основе элементов предложенной модели разработана структура и алгоритм WEB-приложения для автоматизированного выбора агротехнологий и тракторного парка сельхозпредприятия, включающие алгоритмы подбора агротехнологий и техники, мониторинга энергообеспеченности полевых работ, подтвердившие свои возможности использования по назначению при тестовых испытаниях в сельхозпредприятиях Новосибирской области [2, 4].

Выводы. Показана актуальность применения информационных цифровых технологий для поддержки принятия агротехнологических решений путем обработки и анализа больших объемов разнообразной информации, сопровождающей процесс производства зерновых культур и выработки вариантов альтернативных научно-обоснованных агротехнологических решений.

На основе целенаправленного рассмотрения информации данной предметной области, предложена схема модели организации основных информационных потоков, их взаимодействия и преобразования, а также алгоритм функционирования программных средств реализации модели на основе интеграции цифровых методов сбора, анализа и представления информации.

Обосновано включение в состав модели блоков сбора и преобразования исходной информации, формирования баз данных и знаний, оперативного мониторинга текущей информации, анализа и принятия альтернативных решений, функционально связанных с ядром единой информационно-технологической платформы предприятия.

Применение модели позволит повысить эффективность разработки, как комплексного программного продукта по применению агротехнологий в целом, так и отдельных программ для поддержки принятия решения по конкретным задачам, что повысит эффективность и конкурентоспособность растениеводческого сельхозпредприятия.

Список использованных источников:

1. Альт В.В., Боброва Т.Н., Гурова Т.А., Денисюк С.Г., Колпакова Л.А., Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф. Компьютерные информационные системы в агропромышленном комплексе: монография. Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. СибФТИ. Новосибирск, 2008. 220 с.

2. Альт В.В., Елкин О.В., Исакова С.П., Савченко О.Ф. Автоматизированный выбор агротехнологий и тракторного парка сельхозпредприятия: структура и алгоритмы web-приложения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. т. 52. № 4. С. 107–119.

3. Альт В.В., Савченко О.Ф. Информационные ресурсы – технологическая основа инновационного развития сельского хозяйства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 10. С. 102–111.

4. Альт В. В., Савченко О. Ф., Елкин О. В. Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. т. 13. № 4. С. 25–31.

5. Башилов А.М., Королев В.А. Цифровая трансформация агропредприятий // Вестник

аграрной науки Дона. 2021. № 3 . С. 24–32.

6. Бершицкий Ю.И., Сайфетдинов А.Р. Методические особенности и механизмы экономического обоснования оптимального состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных товаропроизводителей //Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 94. С. 55–62.

7. Боргест, Н.М., Будаев Д.В., Травин В.В. Онтология проектирования точного земледелия: состояние вопроса, пути решения // Онтология проектирования. 2017. Т.7. № 4 (26). С. 423–442.

8. Годин В.В., Белоусова М. Н., Белоусов В. А., Терехова А. Е. Сельское хозяйство в цифровую эпоху: вызовы и решения // E-Management. 2020. № 1. С. 4–15.

9. Каличкин В.К., Корякин Р.А., Куценогий П.К. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве (теоретический анализ возможного применения): монография/ СФНЦА РАН). 2020. 296 с.

10. Кирюшин В. И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2019. т. 33. № 3. С. 5–10.

11. Коковихин С.В., Биднина И.А., Шарий В.А., Червань А.Н., Дробитько А.В. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий // Почвоведение и агрохимия. 2020. № 2 (65). С. 63–71.

12. Кондратьева О.В., Мишуров Н.П., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Федоренко В.Ф. Лучшие практики использования информационных технологий в АПК: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 84 с.

13. Савченко О.Ф. Концепция развития информационных систем для сельскохозяйственного производства // Современные проблемы земледелия и экологии: Сб. докл. межд. научн. - практ. конф. Курск, ВНИИЗ и ЗПЭ. 2002. С. 303–308.

14. Савченко О.Ф. Информационная поддержка принятия решений при использовании ресурсосберегающих технологий производства зерна // Достижения науки и техники АПК. № 5. 2004. С. 46 – 48.

15. Ситухо А.Н., Салтовец И.А. Интеграция сквозных технологий в агропромышленный комплекс России // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. научн. докл. XXII Международной научн.-практ. конф. ВНИИТиН. Тамбов, 2023. С. 75–80.

16. Сорокина Н.Н. Основные показатели классификации современных систем земледелия и уровня интенсификации агротехнологий // Материалы международной научной конференции «Проблемы современной аграрной науки». Красноярск, 2022. С. 39–41.

17. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М. Экономическая оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур с помощью веб-приложения // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (33). С. 24–29.

18. Ткаченко В. В. Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123 (09). С. 1–19.

19. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. М.: Информагротех. 1999. 522 с.

20. Чесноков Ю.В. Агрофизические технологии в системе адаптивного земледелия // Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к

технологиям будущего: мат. III междунар. научн. конф. 2021. СПб.: ФГБНУ АФИ. С. 3–15.

21. Якушев В.В. Структуризация агротехнологических знаний для построения онтологий в растениеводстве // Земледелие. 2022. № 7. С. 3–7.

22. Якушев В.П., Якушев В.В., Блохина С.Ю., Блохин Ю.И., Матвеенко Д.А. Информационное обеспечение современных систем земледелия в России // Вестник Российской академии наук. 2021. Т. 91. № 8. С. 755–768.

23. Gostev A.V., Pykhtin A.I., Liudmila S. Program for the rational choice of highly cost-effective adaptive technology of grain cultivation for various conditions of the European part of the Russian Federation // Journal of Applied Engineering Science. 2020. Vol. 18(2020)2. No. 679. P. 216–221..

24. Yadrovskaya M.V. Revisiting computer modeling. Advanced Engineering Research. 2020. № 20(3). P. 332–345.

REFERENS

1. Alt V.V., Bobrova T.N., Gurova T.A., Denisyuk S.G., Kolpakova L.A., Olshevsky S.N., Savchenko O.F. Computer information systems in the agro-industrial complex: Monograph. Russian Academy of Agricultural Sciences. Siberian Branch. SibFTI. Novosibirsk, 2008. 220 p.

2. Alt V.V., Elkin O.V., Isakova S.P., Savchenko O.F. Automated selection of agricultural technologies and tractor fleet of an agricultural enterprise: web-application structure and algorithms // Siberian Herald of Agricultural Science. 2022. Vol. 52. No. Pp. 107–119.

3. Alt V.V., Savchenko O.F. Information resources - technological basis for the innovative development of agriculture // Siberian Herald of Agricultural Science. 2009. No. 10. Pp. 102–111.

4. Alt V.V., Savchenko O.F., Elkin O.V. Digital technology of assesment the power capacity of tractor fleet of an agricultural enterprise //Agricultural Machinery and Technologies. 2019;13(4):25-31.

5. Bashilov A.M., Korolev V.A. Digital transformation of agricultural enterprises // Vestnik agrarnoy nauki Dona = Don agrarian science bulletin. 2021; 3 (55): 24–32.

6. Bershitsky Y.I., Saifetdinov A.R. Methodological features and mechanisms of economic justification of the optimal composition of the machine and tractor fleet for agricultural producers // Proceedings of Kuban State Agrarian University. 2022. No. 94. Pp. 55–62.

7. Borgest, N.M., Budaev D.V., Travin V.V. Ontology of precision farming design: state of the issue, solutions // Ontology of Design. 2017. Vol.7, No.4 (26). Pp. 423–442.

8. Godin V.V., Belousova M.N., Belousov V.A., Terekhova A.E. Agriculture in the digital age: challenges and solutions // E-Management. 2020. No. 1. Pp. 4–15.

9. Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Kutsenogiy P.K. Intelligent systems in agriculture (theoretical analysis of potential applications): Monograph / SFSCA RAS. 2020. 296 p.

10. Kiryushin V.I. Scientific and innovative support of priorities of agricultural development // Achievments of science and technology in agro-industrial complex. 2019. Vol. 33. № 3. Pp. 5–10.

11. Kokovikhin S.V., Bidnina I.A., Shariy V.A., Chervan A.N., Drobittko A.V. Optimization of the agrotechnological process of cultivating agricultural crops on irrigated lands using information technologies // Soil Science and Agrochemistry. 2020. No. 2 (65). Pp. 63–71.

12. Kondratieva, O.V., Mishurov, N.P., Fedorov, A.D., Slinko, O.V., Voytyuk, V.A., Fedorenko, V.F.. Best practices in the use of information technology in the agro-industrial complex: Analytical review (Moscow: Rosinformagrotech). 2023. 84 p.

13. Savchenko O.F. The concept of development of information systems for agricultural production // Modern Problems of Agriculture and Ecology: Proceedings of the International

Scientific-Practical Conference. 2002/ Kursk, VNIIZ & ZPE. 2002. Pp. 303–308.

14. Savchenko O.F. Information support for decision-making in the use of resource-saving grain production technologies // Advances in Science and Technology of the Agro-Industrial Complex. No. 5, 2004. Pp. 46– 48.

15. Situkho A.N., Saltovets I.A. Integration of end-to-end technologies into the agro-industrial complex of Russia // Improving the Efficiency of Resource Use in Agricultural Production - New Technologies and Next-Generation Equipment for Crop and Livestock Production: Coll. of Sci. Papers of the XXII International Scientific-Practical Conf. VNIITIN. Tambov. 2023. Pp. 75-80.

16. Sorokina N.N. Main indicators for the classification of modern farming systems and the level of intensification of agrotechnologies // Proceedings of the International Scientific Conference "Problems of Modern Agricultural Science". Krasnoyarsk, 2022. Pp. 39-41.

17. Stepnykh N.V., Nesterova E.V., Zargaryan A.M. Economic evaluation of growing technologies of agricultural crops using the web application // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020; 1 (33): 24 –29.

18. Tkachenko V. V., Tkachenko N. A., Safianova V. V. Methods of multicriterial comprehensive assessment and selection of the technology for growing crops// Scientific journal of KubGAU. 2016;123 (09); 1–19.

19. Federal register of crop production technologies. System of technologies. Moscow: Informagrotech, 1999. 522 p.

20. Chesnokov Yu.V. Agrophysical technologies in the system of adaptive farming // Trends in agrophysics: from urgent tasks in the field of agriculture and crop production to advanced technologies: Materials of the III International Scientific Conference. 2021. СПб.: Federal State Scientific Institution Agrophysical Research Institute (AFI). Pp. 3–15.

21. Yakushev V.V. [Structurization of agrotechnological knowledge for building ontologies in crop production] Zemledelie. 2022; (7): 3–7.

22. Yakushev V.P., Yakushev V.V., Blokhina S.Yu., Blokhin Yu.I., Matveenko D.A. Information support of modern farming systems in Russia // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2021. Vol. 91. No. 8. Pp. 755–768.

23.Gostev A.V., Pykhtin A.I., Liudmila S. Program for the rational choice of highly cost-effective adaptive technology of grain cultivation for various conditions of the European part of the Russian Federation // Journal of Applied Engineering Science. 2020. Vol. 18(2020)2. No. 679. P. 216–221..

24. Yadrovskaya M.V. Revisiting computer modeling. Advanced Engineering Research. 2020. № 20(3). P. 332–345.

Олег Федорович Савченко, кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник,
sof-oleg46@yandex.ru;
Виктор Валентинович Альт, доктор техн. наук, поофессор, академик РАН;
Светлана Павловна Исакова, старший научный сотрудник;
Алексей Алексеевич Солошенко, лаборант-исследователь;
Роман Александрович Карякин, кандидат физ-.мат. наук, вед. программист;
Олег Владимирович Елкин, кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Сибирский физико-технический институт аграрных проблем
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,

630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН

DIGITALIZATION OF THE DECISION SUPPORT PROCESS FOR AGROTECHNOLOGICAL SOLUTIONS. METHODOLOGICAL FEATURES OF ORGANIZING THE INFORMATION SPACE

Savchenko O.F., Alt V.V., Isakova S.P., Soloshenko A.A., Koryakin R.A., Yelkin O.V.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences

Abstract. On the basis of a focused review of diverse information accompanying crop production, a scheme for organizing the main information flows, their interactions, and transformations, as well as the digitalization of the process of supporting the adoption of agrotechnological solutions through the application of information technologies for processing and analyzing such volumes of information significantly enhances production efficiency by adopting effective management decisions. Taking into account the diversity of information levels, levels of agrotechnological intensification, indicators of technological processes, equipment parameters, and types of information, the main structural elements of the information space and their interaction have been defined. The inclusion of blocks for collecting and transforming initial information, real-time monitoring of current information, analysis, and adoption of alternative solutions, functionally linked to the core of a unified information-technological platform of the enterprise, is justified. Using the model will increase the efficiency of development for a comprehensive software product for the application of agrotechnologies as a whole, as well as for individual programs for decision support in specific tasks. This will enhance the efficiency and competitiveness of the crop farming enterprise.

Keywords: Agrotechnologies, Information Flows, Monitoring, Level of Intensification, Databases and Knowledge Bases, Models, Machine and Tractor Fleet, Programming Complex

Oleg Fedorovich Savchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Scientist, sof-oleg46@yandex.ru;
Viktor Valentinovich Alt, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the RAS;
Svetlana Pavlovna Isakova, Senior Research Scientist;
Aleksey Alekseevich Soloshenko, Research Laboratory Assistant;
Roman Alexandrovich Koryakin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lead Programmer;
Oleg Vladimirovich Yelkin, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Scientist,
Siberian Institute of Physics and Technology for Agrarian Problems
Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,
630501, Novosibirsk region, Krasnoobsk, SFSCA RAS

УДК 621.865.8:004.94

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мирзаев М. А. [1], Сафонов Д. И.[1], Меньших А. М.[2], Федосов А. Ю.[2]

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

Аннотация. *Качественное использование средств защиты растений в большей степени зависит от правильной технологической настройки опрыскивающего оборудования. Неправильная настройка приводит к избыточному расходу рабочей жидкости, а соответственно повышению затрат и загрязнению окружающей среды [1, 2, 3].*

В данной исследовании проведен анализ режимов работы роботизированного устройства дифференцированного внесения средств защиты растений. Для выбора оптимальных режимов проводилось сравнение со сплошной технологией. Для выполнения задачи была разработана компьютерная модель, позволяющая смоделировать широкий спектр различных параметров опрыскивания, а также учесть большинство внешних факторов.

В режиме отдельной обработки растений наблюдается более низкий коэффициент вариации (25-28%), чем при сплошной технологии (46%). Результаты также показывают, что режим обработки рядов приводит к снижению коэффициента вариации (33-40% против 46%). Кроме того, данные свидетельствуют о том, что на всех уровнях варьирования факторов при отдельной обработке растений коэффициент вариации ниже, чем при обработке рядов. Важно отметить, что в данном эксперименте значение функции отклика основано на учете всех капель, попадающих на разные части растения, что позволяет получить более полные данные о равномерности распределения капель относительно экспериментальных методов.

Ключевые слова: *средства защиты растений, точное земледелие, компьютерное моделирование, дифференцированное внесение, коэффициент вариации, трехфакторный планированный эксперимент.*

Цель теоретического исследования – оценка равномерности обработки растений методом дифференцированного опрыскивания на различных режимах работы при помощи компьютерного моделирования.

Материалы и методы - Для достижения оптимального результата работы в компьютерной модели было предусмотрено задание следующих параметров: угол распыла, размеры капель, скорость капель, расход рабочей жидкости, высота форсунок, угол наклона факела распыла, форма и характеристики распыла, скорость ветра, равномерность распыла, свойства растения и другие.

Для моделирования сплошного способа обработки растений был выбран штанговый опрыскиватель. Для анализа дифференцированного способа опрыскивания была взята модель роботизированного устройства с установленной системой дифференцированного опрыскивания.

Для моделирования процесса распыления изначально строилась модель растения при помощи программы Autodesk Netfabb, пространственная сетка на модели строилась в редакторе MeshLab [4, 5]. Полученный результат представлен на рисунке 1.

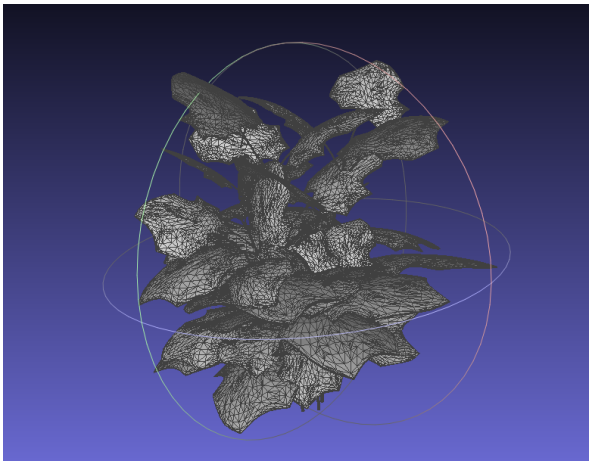


Рисунок 1 – Трехмерная модель, имитирующая растение в компьютерной модели дифференцированного опрыскивания

Далее для компьютерной модели процесса опрыскивания использовалась платформа Unity. Для упрощения анализа опрыскивания, а также с учетом того факта, что растения имеют отличающуюся форму и структуру, было решено использовать выпуклый объем, охватывающий растение целиком (рисунок 2).

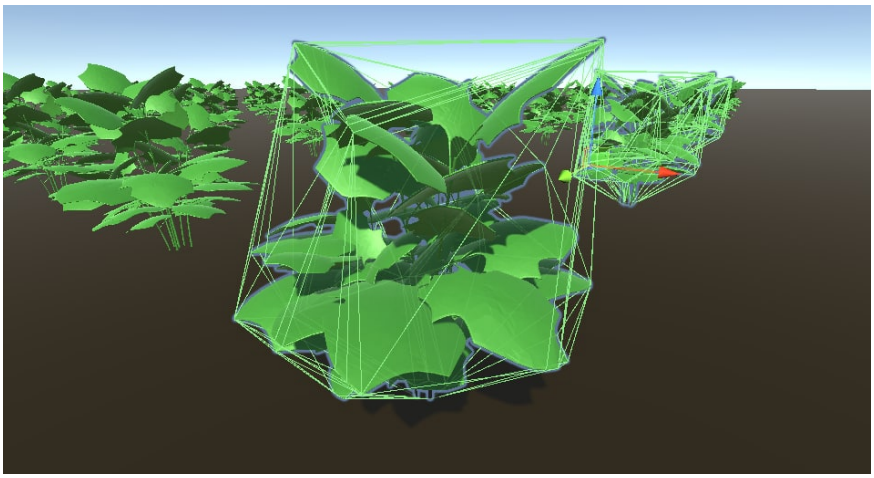


Рисунок 2 – Область учета попавших на растение капель при опрыскивании

На рисунке 3 представлена визуализация анализа процесса опрыскивания в компьютерной модели.

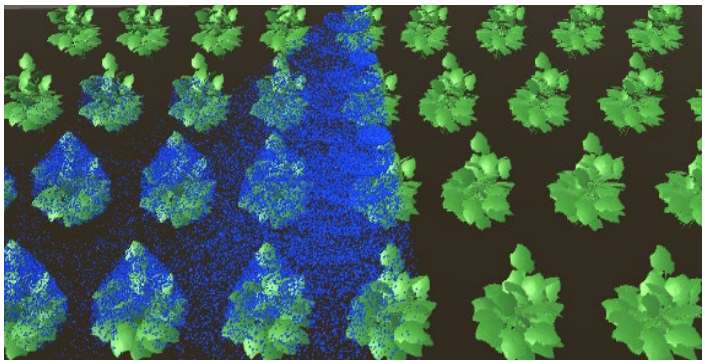


Рисунок 3– Визуализация анализа процесса опрыскивания в компьютерной модели

Для моделирования были выбраны характеристики щелевого плоскофакельного распылителя компании TeeJet [6, 7]. Полный перечень параметров, используемых для моделирования процесса распыления, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры опрыскивания для компьютерной модели опрыскивания

Параметр/Parameter	Значения/Values
Используемый распылитель/Sprayer Used	Щелевой плоскофакельный/Slit Flat Fan Nozzle
Угол распыла, °C/Spray Angle, °C95	95
Размер капель, мкм/Droplet Size, μm	350-450
Высота штанги, см/Boom Height, cm	70
Расстояние между распылителями, см/Distance Between Nozzles, cm	50
Рабочее давление, бар/Operating Pressure, bar	2,5
Производительность насадки, л/с/Nozzle Flow Rate, l/s	0,024

Для задания компьютерной модели расхода нужно выразить количество капель в 1 секунду. Для этого были получены выражения следующих вычислений (формулы 1 – 6).

Согласно входным данным, расход препарата в секунду:

$$Q_c = 0{,}024\ \frac{л}{c}; \quad (1)$$

Для расчета количества капель, которое производит форсунка, расход удобно представить в следующем виде:

$$Q_c = 2{,}4 \cdot 10^{-5}\ \frac{м^3}{c}; \quad (2)$$

Объем капли:

$$V_к = \frac{4}{3}\pi R_к^3; \quad (3)$$

где $R_к$ = 400 мкм, следовательно:

$$V_к = 2{,}68 \cdot 10^8 (10^{-6}) м^3 = 2{,}68 \cdot 10^{-10} м^3; \quad (4)$$

Число капель, проходящее через 1 форсунку за 1 секунду:

$$N_c = \frac{Q_c}{V_к}; \quad (5)$$

$$N_c = 8{,}95 \cdot \frac{10^{-5}}{10^{-10}} \cdot 10^{-1}\ \frac{1}{c} = 8{,}95 \cdot 10^4\ c^{-1}; \quad , \quad (6)$$

Для оценки распределения капель в зоне распыла форсунки проводился предварительный эксперимент [8]. В нем использовались учетные карточки и емкости для анализа размера капель и распределения их по зонам (рисунок 4 -5).

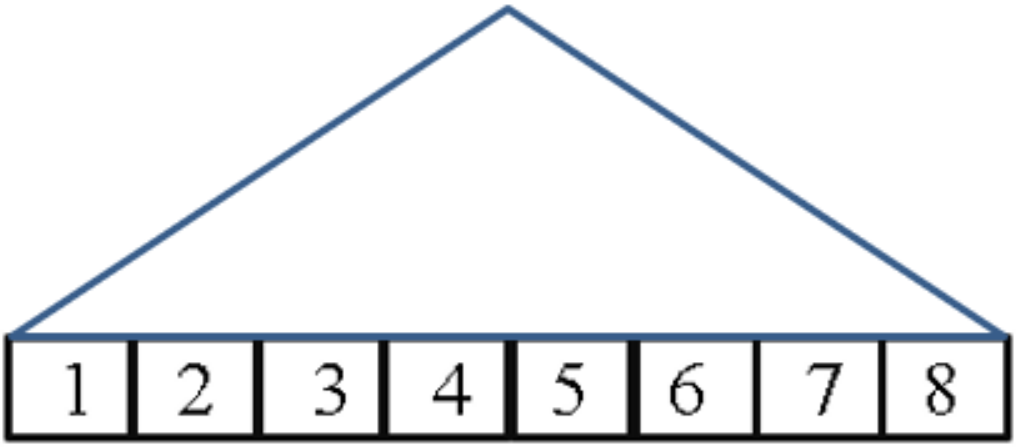


Рисунок 4– Схема расположения учетных каточек и емкостей по зонам



а) б)

а - до запуска опрыскивающего устройства, б – после запуска опрыскивающего устройства

Рисунок 5 – Учетные карточки и емкости для замера распределения капель по зонам

a - Before starting the spraying device, б – After starting the spraying device

Результаты и обсуждение.

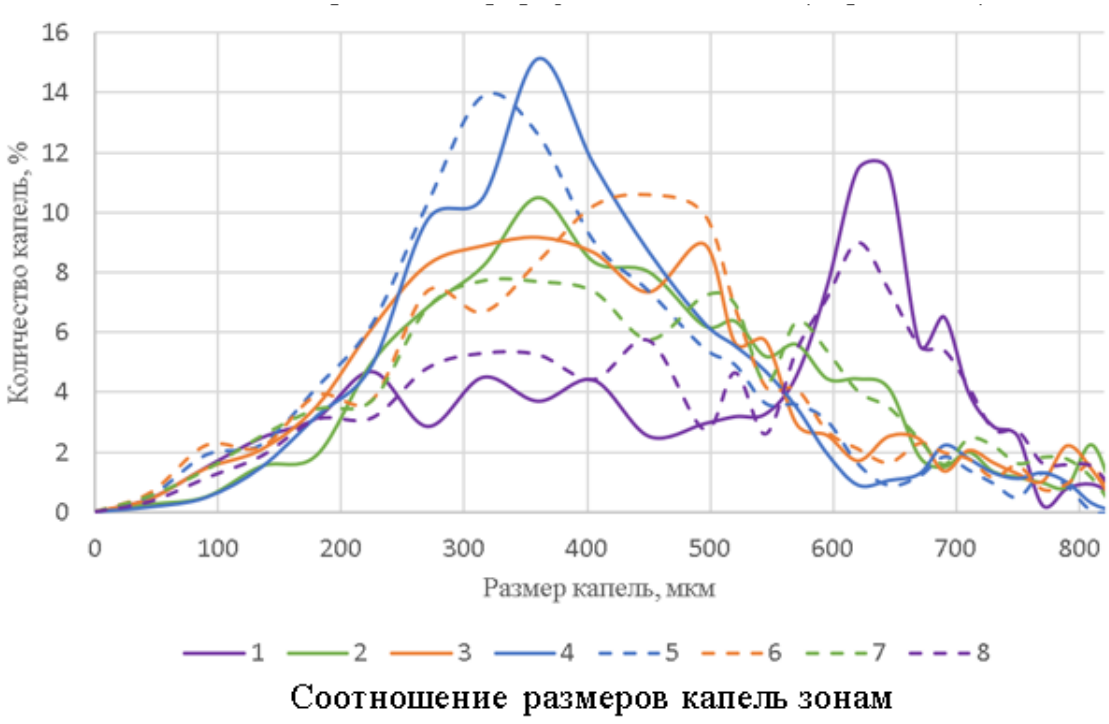


Рисунок 6 – Анализ распыла форсунки для задания в компьютерной модели

Первоначально для сравнения равномерности внесения проводился анализ сплошного внесения. В качестве растения использовалась трехмерная модель условной обрабатываемой культуры (рисунок 7).

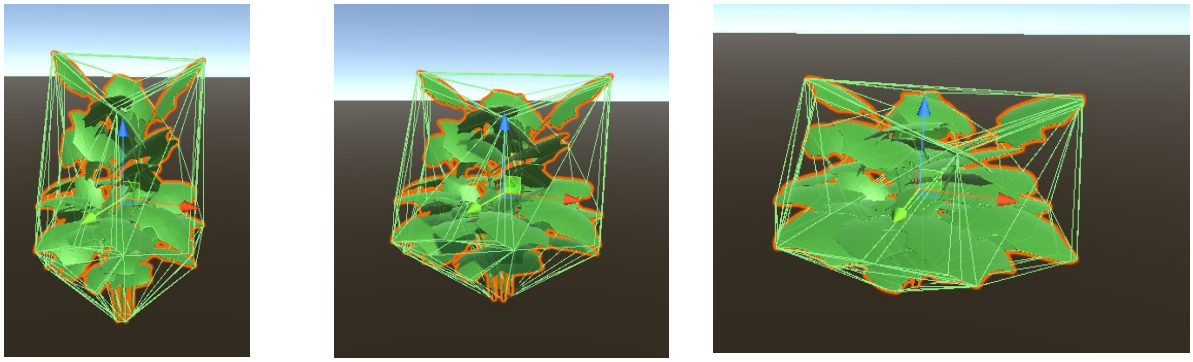
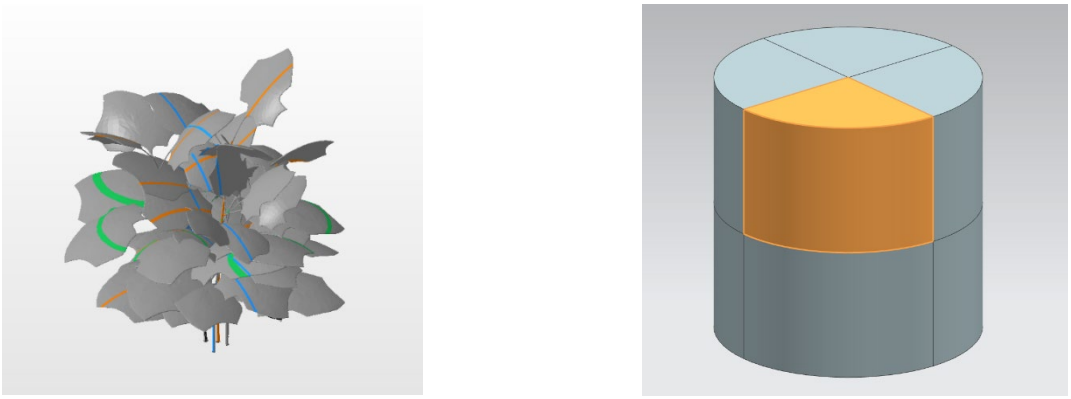


Рисунок 7 – Регулировка параметров модели обрабатываемого растения

Для получения данных, необходимых для сравнения сплошного и дифференцированного методов опрыскивания, растение разбивается на 8 областей (рисунок 8), и для каждой части ведется отдельный учет капель, провзаимодействовавших с целевым объектом (растением).



а) б)

а) разбивка растения; б) схематичное отображение разбивки

Рисунок 8 – Схема разделения растения на целевые области

По результатам запуска компьютерной модели с параметрами для сплошного метода было рассчитано значение коэффициента вариации.

Коэффициент вариации — является мерой относительной вариабельности. Он представляет собой отношение среднеквадратического отклонения к среднему арифметическому (в процентах) [9, 10, 11, 12]. Коэффициент вариации показывает степень изменчивости некоторой выборки данных по отношению к среднему их значению. Для расчета используется следующее выражение (формула 7):

$$V = \frac{\sigma}{m} * 100\%, \quad (7)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение,

m – среднее значение.

Чтобы оценить качество работы новых методов на первом этапе был проведен анализ равномерности распределения капель в сплошном методе. На диаграмме столбцы 1 - 4 – соответствуют нижней части растения, столбцы 5 - 8 – верхней. Итого для сплошного метода

по результатам работы компьютерной модели коэффициент вариации равен 46 % (рисунок 9).

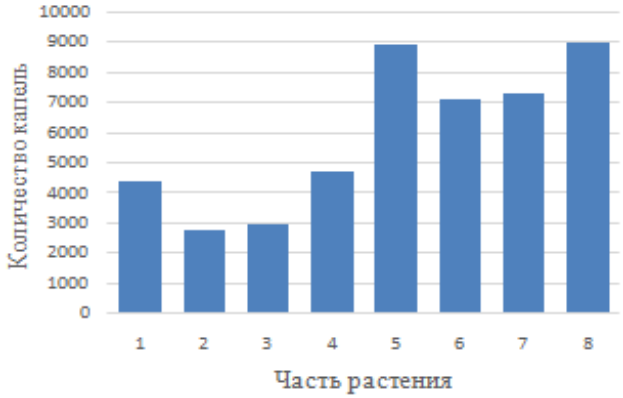


Рисунок 9 – Распределение капель по целевым областям растения

Система опрыскивания роботизированного устройства имеет 2 режима работы. Для каждого случая предложен возможный режим работы рабочих органов роботизированного устройства дифференцированного внесения средств защиты растений – режим обработки отдельных растений, режим обработки рядов. Рабочий режим опрыскиванием растений отдельно характеризуется тем, что рабочий орган зависает над растением, при этом само устройство движется равномерно, что способствует равномерному распределению рабочей жидкости на растение, а также большей экономии средств защиты растений. Режим работы обработки рядов, характеризуется большей скоростью роботизированного устройства, а соответственно большей экономической эффективностью. Оценка работы данных режимов, а также расчет коэффициента вариации проводились с применением компьютерной модели и методики постановки трехфакторного эксперимента ПФЭ 2^3, план и результаты которого представлены в таблицах 2 и 3 [13]. Факторы x_1 – режим работы исполнительных устройств; x_2 – скорость роботизированного устройства; x_3 – расстояние от форсунки до растения центра при обработке (рисунок 10).

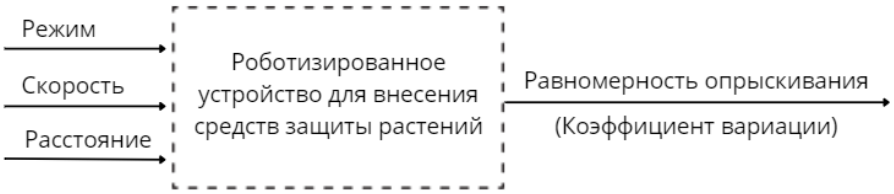


Рисунок 10 – Схема компьютерного моделирования процесса опрыскивания

Таблица 2 – Уровни варьирование факторов

Нижний уровень (-1)/Lower level (-1)	Основной уровень (0)/Baseline level (0)	Верхний уровень (+1)/Upper Level (+1)	Интервал варьирования/ Variation Interval	Название факторов/Factor Names
-1,00	0,00	1,00	1,00	Режим (x_1)/Mode(x_1)
0,75	1,00	1,25	0,25	Скорость, м/с (x_2)/Speed, m/s(x_2)
28,00	34,00	40,00	6,000	Расстояние, см (x_3)/Distance, sm(x_3)

Таблица 3 - Матрица планирования и результаты

№Опыта/ Experiment Number	Кодированная матрица/ Coded Matrix			Вещественная матрица/ Real Matrix			Коэффициент вариации (среднее за 3 повторения), %/Coefficient of Variation (mean of 3 replicates), %
	x_1	x_2	x_3	Режим/ Mode	Скорость, м/с/Speed, m/s	Расстояние, м/ Distance, m	
1	-1	1	1	2	1,25	0,28	35,82
2	1	1	1	1	0,75	0,28	25,58
3	1	1	1	2	0,75	0,40	32,27
4	1	1	1	1	1,25	0,40	23,77
5	-1	1	1	2	0,75	0,28	32,82
6	1	1	1	1	1,25	0,28	24,35
7	1	1	1	2	1,25	0,40	40,36
8	1	1	1	1	0,75	0,40	23,64

В таблице 4. приведены результаты статистической оценки выполненного расчета в компьютерной модели.

Таблица 4 – Статистическая обработка результатов

Дисперсия адекватности $S_{ад}^2$/ The adequacy variance $S_{ад}^2$	3,138124
Дисперсия воспроизводимости $S_в^2$/ Reproducibility Variance $S_в^2$	4,97125
Расчетный критерий Фишера $F_р$/ Calculated Fisher's Criterion $F_р$	0,6312545
Табличный критерий Фишера $F_т$/ Tabulated Fisher's Criterion	не определено т. К. $S_{ад}^2 < S_в^2$/ Undefined $S_{ад}^2 < S_в^2$
Адекватность мат.модели/ Adequacy of the Mathematical Model	модель адекватна ($F_р < 1$)/ The model is adequate.

Выводы

По результатам трехфакторного эксперимента ПФЭ2^3 составлен график зависимости коэффициента вариации от скорости и расстояния опрыскивания при разных режимах работы (рисунок 11).

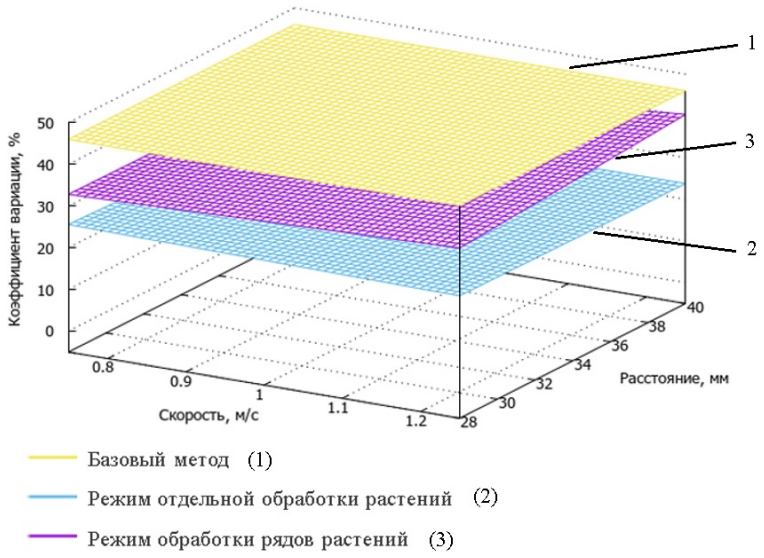


Рисунок 11 – Графики зависимости коэффициента вариации от режима, скорости и расстояния опрыскивания

При режиме отдельной обработки растений коэффициент вариации ниже, чем при сплошной технологии (25-28% против 46%). Аналогичные результаты показал режим обработки рядов, но с меньшей разницей (33–40% против 46%). Также полученные данные свидетельствуют о том, что на всех исследуемых уровнях варьирования факторов при режиме обработки отдельных растений коэффициент вариации ниже, чем для режима обработки рядов. Важно отметить, что значение функции отклика в данном эксперименте основано на учете всех капель, попадающих на разные части растения, благодаря чему расчет в компьютерной модели позволяет получить более полные данные о равномерности распределения капель относительно экспериментальных методов.

Список использованных источников:

1. Санжаровская М.И. Настройка и использование штанговых опрыскивателей / М.И. Санжаровская // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2009. – № 1. – С. 244.
2. Башкирев А.П. Условия применения опрыскивателей в сельскохозяйственном производстве / А.П. Башкирев, А.А. Шварц, А.Ю. Шкабенко // Молодежь и XXI век - 2019: материалы IX Международной молодежной научной конференции, Курск, 21–22 февраля 2019 года. Том 5. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – С. 261-264.
3. Горюнов Н.Н. Способы настройки нормы расхода рабочей жидкости сельскохозяйственных опрыскивателей / Н.Н. Горюнов // Инновационные тенденции развития российской науки: Материалы XV Международной научно-практической конференции молодых ученых, Красноярск, 23–25 марта 2022 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 195-197.
4. Полякова Д. А. Особенности использования программных алгоритмов для оптимизации изделийв среде Autodesk Netfabb / Д.А. Полякова, Ф.А. Перепелица // Программная инженерия и компьютерная техника (Майоровские чтения): сборник трудов X международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 20–23 декабря 2018 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО", 2019. – С. 45-49.
5. Обрывков В. А. Создание 3D модели нижней челюсти овцы с помощью 3D сканера и программ Horus, Meshlab, Sculptris alpha 6 / В.А. Обрывков, С.А. Теряева // Актуальные вопросы ветеринарной медицины и технологии животноводства: Материалы научной и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства, Воронеж, 19–20 марта 2018 года. Том Выпуск 7. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 110-114.
6. Mirzaev M.A. The use of Computer modelling to assess spraying quality / M.A. Mirzaev, V.E. Slavkina // Наука в современном информационном обществе : Материалы XXXI международной научно-практической конференции , Bengaluru, India, 03–04 апреля 2023 года. – Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2023. – P. 101-108.
7. Сельскохозяйственные распылители TeeJet // teejet.com URL: https://www.teejet.com/en-gb/spray-applications/spray-tips (дата обращения: 22.09.2023).
8. ГОСТ 34630-2019 Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. - Введ. 2021-15-03. - М.: ФГУП

"Стандартинформ", 2020. - 38 с.

9. Прокофьев В. А. Вопросы оценки и нормирования коэффициента вариации / В.А. Прокофьев, М.Н. Толмачев, М.В. Головко // Вопросы экономики и права. – 2017. – № 112. – С. 34-37.

10. Киреев И.М. Способ и средство для совершенствования технологий опрыскивания растений / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Агрохимия. – 2017. – № 4. – С. 87-96.

11. Киреев И. М. Способ и пневматическое устройство для снижения коагуляции капель в факелах распыла жидкости при защите растений / И.М. Киреев, З.М. Коваль // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 9. – С. 3-6.

12. Лысов А.К. Совершенствование технологий защиты растений от насекомых-фитофагов в современных системах земледелия / А.К. Лысов, Н.И. Наумова // Труды Русского энтомологического общества / Под ред. С.А. Белокобыльского; Российская академия наук. Том 93. – Санкт-Петербург: Русское энтомологическое общество, 2022. – С. 120-131. – DOI 10.47640/1605-7678_2022_93_120.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б.А. Доспехов; Б.А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва: Альянс, 2011. – ISBN 978-5-903034-96-3.

Reference

1. Sanzharovskaya, M.I. "Adjustment and use of boom sprayers." Engineering and Technical Support of Agriculture. Abstract Journal. 2009. No. 1. P. 244.

2. Bashkirev, A.P. "Conditions for the use of sprayers in agricultural production." A.P. Bashkirev, A.A. Shvarts, A.Yu. Shkabenko. Youth and the 21st Century - 2019: Proceedings of the IX International Youth Scientific Conference, Kursk, February 21-22, 2019. Volume 5. Kursk: Closed Joint Stock Company "University Book," 2019. P. 261-264.

3. Goryunov, N.N. "Methods of adjusting the rate of working fluid consumption of agricultural sprayers." N.N. Goryunov. Innovative Trends in the Development of Russian Science: Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Krasnoyarsk, March 23-25, 2022. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2022. P. 195-197.

4. Polyakova, D.A. "Features of using software algorithms for optimizing products in Autodesk Netfabb environment." D.A. Polyakova, F.A. Perepelitsa. Software Engineering and Computer Technology (Mayorskie Chteniya): Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, December 20-23, 2018. St. Petersburg: National Research University ITMO, 2019. P. 45-49.

5. Obryvkov, V.A. "Creation of a 3D model of the lower jaw of a sheep using 3D scanner and software Horus, Meshlab, Sculptris alpha 6." V.A. Obryvkov, S.A. Teryaeva. Current Issues in Veterinary Medicine and Livestock Technology: Proceedings of the Scientific and Educational Conference of the Faculty of Veterinary Medicine and Livestock Technology, Voronezh, March 19-20, 2018. Volume 7. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2018. P. 110-114.

6. Mirzaev, M.A. "The use of computer modeling to assess spraying quality." M.A. Mirzaev, V.E. Slavkina. Science in Modern Information Society: Proceedings of the XXXI International Scientific and Practical Conference, Bengaluru, India, April 3-4, 2023. Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2023. P. 101-108.

7. TeeJet Agricultural Sprayers. URL: https://www.teejet.com/en-gb/spray-applications/spray-tips (accessed: May 22, 2023).

8. GOST 34630-2019 "Agricultural Machinery. Plant Protection Machines. Sprayers. Test Methods." Introduced on March 15, 2021. Moscow: Federal State Unitary Enterprise "Standartinform," 2020. 38 p.

9. Prokofiev, V.A. "Issues of evaluation and normalization of the coefficient of variation." V.A. Prokofiev, M.N. Tolmachev, M.V. Golovko. Issues of Economics and Law. 2017. No. 112. P. 34-37.

10. Kireev, I.M. "Method and means for improving plant spraying technologies." I.M. Kireev, Z.M. Koval. Agrochemistry. 2017. No. 4. P. 87-96.

11. Kireev, I.M. "Method and pneumatic device for reducing droplet coagulation in liquid spray torches for plant protection." I.M. Kireev, Z.M. Koval. Tractors and Agricultural Machinery. 2016. No. 9. P. 3-6.

12. Lysov, A.K. "Improvement of technologies for protecting plants from phytophagous insects in modern farming systems." A.K. Lysov, N.I. Naumova. Proceedings of the Russian Entomological Society. Edited by S.A. Belokobylsky; Russian Academy of Sciences. Volume 93. St. Petersburg: Russian Entomological Society, 2022. P. 120-131. DOI 10.47640/1605-7678_2022_93_120.

13. Dospekhov, B.A. "Field experiment methodology: (with basics of statistical data processing): textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties." B.A. Dospekhov; B.A. Dospekhov. 6th edition, revised, reprinted from the 5th edition. 1985. Moscow: Alliance, 2011. ISBN 978-5-903034-96-3.

Максим Арифович Мирзаев[1], младший научный сотрудник, e-mail: mirza.pochta@gmail.com;
Сафонов Даниил Игоревич[1], магистр, инженер, e-mail: safonov.vim@gmail.com;
Меньших Александр Михайлович[2], кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий и инноваций, e-mail: soulsunnet@gmail.com
Федосов Александр Юрьевич[2], младший научный сотрудник отдела технологий и инноваций, e-mail: ffed@rambler.ru
[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

ANALYSIS OF OPERATION MODES OF A ROBOTIC DEVICE THROUGH COMPUTER MODELING

Mirzaev M.A. [1], Safonov D. I. [1], Menshikh[2] A. M., Fedosov A. Yu. [2]

[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
[2]All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing (VNIIO – Branch of the FSBSI FNCVG)

Abstract. The effective use of plant protection agents is largely contingent upon the proper technological adjustment of spraying equipment. Incorrect adjustments can result in excessive consumption of working fluid, leading to increased costs and environmental pollution. [1, 2, 3].

This study analyzes the operation modes of a robotic device for differentially applying plant protection products. To select optimal modes, a comparison with continuous technology was conducted. A computer model was developed to simulate a wide range of spraying parameters and consider most external factors.

In the mode of individual plant treatment, a lower coefficient of variation (25-28%) is observed compared to continuous technology (46%). The results also indicate that the row treatment mode leads to a reduction in the coefficient of variation (33-40% versus 46%). Additionally, the data suggest that at all levels of factor variation, during individual plant treatment, the coefficient of variation is lower than during row treatment. It is important to note that in this experiment, the response function value is based on considering all droplets reaching different parts of the plant, providing more comprehensive data on the uniformity of droplet distribution compared to experimental methods.

Keywords: plant protection products, precision agriculture, computer modeling, differential application, coefficient of variation, three-factor planned experiment.

Maxim Arifovich Mirzaev[1], Junior Researcher, e-mail: mirza.pochta@gmail.com;
Daniil Igorevich Safonov[1], Master's Degree, Engineer, e-mail: safonov.vim@gmail.com;
Alexander Mikhailovich Menshikh[2], Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Department of Technologies and Innovations, e-mail: soulsunnet@gmail.com
Alexander Yurievich Fedosov[2], Junior Researcher at the Department of Technologies and Innovations, e-mail: ffed@rambler.ru
[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
[2]All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing (VNIIO – Branch of the FSBSI FNCVG)

УДК 631.3

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛЕТНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ НА БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.А. Куприн, С.И. Кривко, А.М. Фокин

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. *Беспилотные авиационные системы (БАС) выполняют различные задачи такие как мониторинг, фотограмметрия, съемка местности, доставка посылок, спасательных операций и т.д. Одним из важных компонентов БАС является система управления полетом или полетный контроллер. Существует множество производителей полётных контроллеров, и выбор подходящего под конфигурацию конструкторской базы является сложной задачей. Выбор полетного контроллера -это не тривиальная задача из-за отсутствия стандартизированной информационной базы между производителями. Это может привести к неправильному выбору полетного контроллера с последующим экономическим ущербом. В данной работе рассмотрены различные компоненты полётного контроллера для гармонизации доступной информации.*

Ключевые слова. *БАС, БВС, квадрокоптер, дрон, системы управления, полетный контроллер.*

Введение. Современные беспилотные авиационные системы (БАС) широко применяют электроприводы и микроэлектронику. В большинстве случаев полеты полностью автоматизированы, при этом ключевую роль выполняет полетный контроллер [1]. Это устройство, представляющее собой вычислительную систему, использует сложные алгоритмы для управления полетом дрона. Выбор подходящего полетного контроллера имеет критическое значение для конфигурации и безопасности дрона, а также для минимизации возможных экономических рисков.

Согласно определению Воздушного Кодекса Российской Федерации (ВК РФ), беспилотная авиационная система (БАС) - комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов (БВС), средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного или нескольких БВС и контроля за полетом одного или нескольких БВС [2]. Это включает в себя как крупные аппараты, наподобие опрыскивающего агродрона DJI Agras T30, так и маленькие, такие как дистанционно управляемые воздушные аппараты [3]. БВС варьируются от радиоуправляемых модельных самолетов, вертолетов до мультироторов, что позволяет классифицировать их по нескольким критериям.

Дроны классифицируются по параметрам производительности, таким как вес, размах крыльев, нагрузка, дальность полета, высота полета, скорость, время полета и стоимость производства [4]. Кроме того, дроны подразделяются на модели самолетного типа с фиксированным крылом и мультироторы с лопастными пропеллерами в зависимости от того, как обеспечивается поддерживающая сила [5]. Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация) классифицирует беспилотные авиационные системы в зависимости от весовых категорий в соответствие с постановлением Правительства РФ от 19.03.2022 N 415, от 12.08.2022 N 1407 определившим порядок государственного учета беспилотных

гражданских воздушных судов и их граничные значения 0-0,15 кг и 0,15 – 30 кг максимальной взлетной массы (что идентично 25 кг массы конструкции) [6-7]. Европейское агентство по безопасности воздушной авиации (EASA) классифицирует беспилотные воздушные суда в зависимости от весовых категорий, соответствующих кодам дронов, предложенное в начале 2020 года [8].

Дроны, собранные самостоятельно и весом до 150 г, могут использоваться без регистрации, если дрон представляет собой игрушку или не оснащен камерой [9-10]. В соответствие с постановлением правительства РФ от 12.08.2022 N 1407 об государственном учете беспилотных воздушных судов осуществляемым Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация) [11-13]. Остальные дроны должны быть зарегистрированы, и пилот должен успешно сдать экзамены [14].

В данной исследовательской работе рассматриваются дроны с четырьмя вращающимися лопастями или пропеллерами, для которых подходит весовая категоризация.

Цель исследования – обзор основных параметров управления полетом БАС. Методология выбора наиболее популярных решений (для выбранных размеров БАС).

Материалы и методы исследования

В работе применялись методы литературного обзора, проведение экспертного интервью, эмпирические тесты, обработка данных с использование статистического метода и сравнительный анализ характеристик и результатов тестирования различных полётных контроллеров. Материалами исследования являлись определение и описание различных типов беспилотных летательных аппаратов, на которых используются полетные контроллеры, обзор доступных полетных контроллеров, их технические характеристики и функциональные возможности и анализ технических документов, инструкций и спецификаций по каждому типу полетных контроллеров.

Результаты и обсуждение.

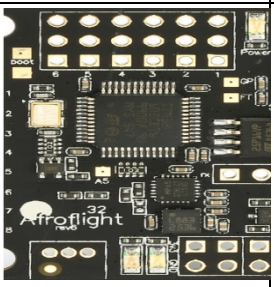
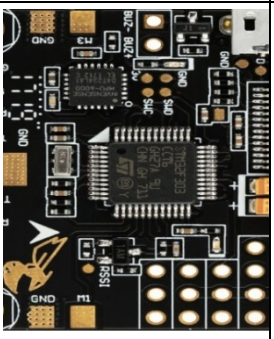
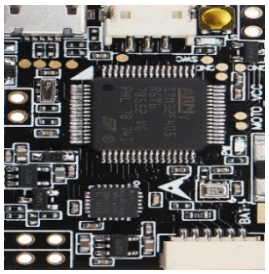
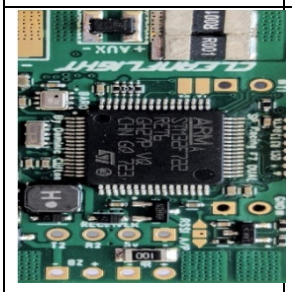
Полетные контроллеры и датчики. Одной из основных задач полетного контроллера заключается в выполнении расчетов с использованием пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора и выдаче управляющего сигнала. Эффективность вычислений ПИД зависит от рабочей частоты процессора полетного контроллера, причем стабильность дрона также зависит от производительности процессора [15].

В полетных контроллерах применяются микроконтроллеры с различными архитектурами, такими как 8015, AVR, PIC или ARM. Arduino, основанный на микроконтроллере AVR. AVR является наиболее популярным в настоящее время и ориентирован на использование программного обеспечения MultiWii. Микроконтроллеры PIC производятся компанией Microchip, в то время как архитектура ARM широко распространена в продуктах таких компаний, как Apple Inc., Broadcom, Intel, Microsoft, Qualcomm, Texas Instruments и др. Эта популярность обусловлена использованием 16/32-битных микроконтроллеров, в то время как PIC и AVR являются 8/16-битными. Микроконтроллеры STM32 от компании STMicroelectronics с архитектурой ARM широко используются в БАС.

Наиболее популярными сериями являются F1, F3, F4, F7 и H7. Основные характеристики этих микроконтроллеров, такие как тип и объем памяти, предназначенный для хранения прошивки, представлены в таблице 1. Важно отметить, что этот объем памяти предназначен исключительно для прошивки и не используется для сохранения журнала полетов [16]. Производители полетных контроллеров стремятся увеличить функциональность устройства для достижения конкурентного преимущества, что становится

невозможным с применением устаревших микроконтроллеров.

Таблица 1 – Список и сравнение микроконтроллеров

Серия микроконтроллера	№	Краткое описание серии	Тактовая частота, МГц	Количество входы /выходы	ОЗУ, Кб
	F1	Серия F1 MCU была выпущена в 2007 году. Именно с этих MCU началась эра полетных контроллеров. NAZE32 был первым полетным контроллером, основанным на STMF103 и прошивке Baseflight. В настоящее время этот микроконтроллер устарел, так как в 2017 году поддержка Betaflight для микроконтроллеров F1 была прекращена.	72	2	128
	F3	Серия микроконтроллеров F3 была выпущена в 2012 году. F3 практически pin-to-pin совместимы с STM32 серии F1. Более высокая тактовая частота позволяет выполнять циклы в 2 раза чаще, чем микроконтроллеры предыдущего поколения F1. В настоящее время этот микроконтроллер является устаревшим, так как поддержка F3 микроконтроллеров компанией Betaflight была прекращена в 2017 году.	72	3	256
	F4	Серия F4 MCU была выпущена в 2011 году. Таким образом, микроконтроллеры F4 фактически были выпущены раньше F3. Они имеют несколько более высокую тактовую частоту, что позволяет выполнять циклы с частотой до 32 КГц.	100-168	2-5	512-1024
	F7	Серия микроконтроллеров F7 была выпущена в 2014 году. F7 совместимы по выводам с STM32 серии F4. Наиболее популярный микроконтроллер STM32F722RET6 имеет 512 Кб флэш-памяти, 128 Кб оперативной памяти и 5 аппаратных UARTS.	216	5-6	512-2048
	H7	H7 - новейший микроконтроллер, выпущенный в 2017 году. Он был разработан как более быстрая и экономичная альтернатива серии F7. Серия H7 дешевле серии F7 за счет уменьшения объема внутренней флэш-памяти (вместо нее используется дешевая внешняя память).	480	5-7	128

Интеграция программируемого блока задержки (PDB) и электронного регулятора

скорости (ESC) может осуществляться на уровне платы полетного контроллера. Существует два метода интеграции: установка компонентов на одну плату с полетным контроллером или размещение компонентов один над другим. В обоих случаях название контроллера может содержать символ AIO (all-in-one), указывающий на наличие PDB и/или ESC. PDB служит для эффективного распределения энергии с нужным уровнем напряжения по различным подсистемам дрона [17]. В случае наличия видеооборудования у дронов, наиболее подверженного воздействию других электронных устройств, для дронов малого размера PDB интегрирован в полетный контроллер. Однако, для крупных дронов рекомендуется рассмотреть отдельную плату распределения тока, способную обеспечивать потребление до 100А при полной мощности. В отличие от PDB, ESC обычно представляет собой отдельный компонент, и использование интегрированного ESC не рекомендуется. Тип и производительность ESC зависят от электродвигателей, размера винта и аккумулятора. Существует два типа ESC - одномоторные и многомоторные, поэтому помимо необходимой способности контроля тока также следует учесть общую конструкцию дрона.

В БАС используют датчики гироскопа, такие как MPU6000 и ICM20602, для измерения угловых скоростей. Частота обновления MPU6000 составляет 8 кГц, в то время как ICM20602 может достигать 32 кГц. Высокая частота позволяет более точное управление, однако ICM20602 более чувствителен к помехам. Система глобального позиционирования (GPS) применяется для программного управления маршрутом и поиска дрона. Компас интегрируется с GPS для повышения точности позиционирования. Барометр, встроенный по стандарту в контроллеры F7, обеспечивает достаточную точность для поддержания высоты [18]. Управляющий сигнал для электродвигателей вырабатывается в виде сигнала модуляции ширины импульса (PWM) и поступает на регулятор скорости (ESC). Функция черного ящика позволяет записывать параметры полета на SD-карту или во внутреннюю память дрона. Эти данные используются для анализа полета и улучшения алгоритмов ПИД. Звуковой сигнал и светодиоды используются для определения местоположения упавшего дрона. Акустический сигнал повышает вероятность обнаружения, а светодиоды служат в качестве индикатора работы.

Выбор полетного контроллера. Основной функцией полетного контроллера является управление регулятором оборотов двигателей. ПИД-регулятор обеспечивает заданное направление движения и устойчивость полета. Сегодня большинство полетных контроллеров могут выполнять алгоритм ПИД-регулирования с достаточным быстродействием.

Вес — критически важный параметр для всех БАС. Основными факторами, определяющими вес, являются размер рамы, электронные модули и винты. Вес полетного контроллера начинается от четырех граммов и достигает отметки в сотню граммов с дополнительными радиаторами и другими охлаждающими приспособлениями. Полетных контроллер (ПК) может быть установлен в отдельном корпусе (например, Pixhawk 2.1), но такое решение обычно является декоративным и только увеличивает общий вес, не улучшая устойчивость к погодным условиям системы [19]. Размеры ПК также могут определять размер рамы дрона. Важным измерением в этом случае является расстояние между отверстиями для установки. Исходя из литературного исследования и анализа рынка, наиболее распространенные расстояния между отверстиями для установки (в мм) — 30,5×30,5, 20×20 и 16×16 для горизонтальной установки, а также 25,5×25,5 для установки на раме с поворотом относительно горизонтальной оси на 45 градусов. В зависимости от производителя, допустимым отклонением от расстояния между отверстиями может быть полмиллиметра.

Программное обеспечение играет ключевую роль, так как стабильность, функциональность и отказоустойчивость дрона зависят от возможностей программного обеспечения. Существует множество различных программных решений для ПК. Однако разработки в этой области изменчивы, и несколько программ больше не разрабатываются или развиваются медленно. Кроме того, программное обеспечение имеет различные типы лицензий, которые могут накладывать ограничения на пользователей. Таблица 2 содержит список наиболее распространенного бесплатного программного обеспечения и поддерживаемого им функционала.

Таблица 2 – Наиболее распространенное программное обеспечение

Программное обеспечение	Автопилот	Коммуникация	Отказоустойчивость	Дополнительные функции
CleanFlight	sph, swp	sb, ib, sd, sh, pm, pw, cf, jeb, ds, xbu, fs, sp, ht, lt, ml, sl, msp	c2k, bvw	g, bm, dl, rth, hf, ts, at
BetaFlight	sph, swp	sb, ib, sd, sh, pm, pw, cf, jeb, ds, xbu, fs, sp, ht, lt, ml, sl, msp	c2l, c2k, bvw	g, bm, dl, rth, hf, ts, at
INAV	fm, swp, sph	sb, ib, sd, sh, pm, pw, cf, jeb, ds, xbu, fs, sp, ht, lt, ml, msp	c2l, c2k, bvw, c2rl	g, at, bm, dl, rth, at
ArduPilot	svnf, sph, swp	sb, pm, ds, fs, ml	ar, sw, apr, sc, c2rl, c2l, c2k, bll, gf	g, rlg, loa, bm, rth
PX4	sph, swp, fm	sb, sd, ds, fs, sp, ht, ml, ir	gf, c2k, c2l, c2rl, sc, apr	g, rth, bm, dl, rlg, loa

Рассмотрим подробнее каждую из функций:

Автопилот: sph (удержание позиции относительно спутника) эта функция позволяет дрону удерживать свою позицию, используя данные о положении от спутников. Swp (навигация по точкам) позволяет дрону следовать заданному маршруту, проходя точки в определенном порядке. Fm (слежение) предоставляет функциональность для слежения за объектом, следуя за ним. Svnf (навигация по стереозрению) использует стереозрение для навигации, что позволяет дрону лучше ориентироваться в пространстве.

Коммуникация: sb (SBus), ib (iBus), sd (SumD), включая - SumH, pm (PPM), pw (PWM), cf (CRSF), или - JetiExBus, ds (DSM), xbu (XBUS), fs (FrSky), sp (SmartPort), ht (HoTT), lt (LTM), ml (MavLink), sl (SRXL), msp (Multiwii sequence protocol), и - Iridium SBD: Представляет различные протоколы связи и стандарты, которые могут использоваться для управления дроном и передачи данных.

Отказоустойчивость: Ar (поддержка ADS–B) поддержка автоматического вещания зависимого наблюдения, что повышает безопасность воздушного движения. C2l (посадка при потере связи), c2rl (возвращение домой при потере связи с пультом управления), c2k (отключение питания двигателя при потере связи с пультом) функции, обеспечивающие безопасные процедуры при потере связи между дроном и пультом управления. Bvw (предупреждение о низком заряде батареи), apr (автоматический парашют), sw (переключатель опасности для напряжения на двигателе), bll (посадка или возвращение домой при низком напряжении батареи), gf (геотара), sc (начало проверки датчика).

Дополнительные функции: g (стабилизатор камеры - гимбал), rth (возврат домой), bm (мониторинг батареи), dl (функция черного ящика), hf (полет по фиксированному маршруту), ts (поддержка транспондера), at (автоматическая установка PID), rlg (поддержка ретракторного шасси), permission (разрешение). Дополнительные функции, такие как стабилизация камеры, возврат к точке взлета, мониторинг заряда батареи, запись данных о полете, автоматическая настройка PID, поддержка ретракторного шасси и другие [20].

Эти функции предоставляют различные возможности для настройки и управления беспилотным летательным аппаратом в зависимости от его целей и задач. Программное обеспечение BetaFlight является наиболее широко используемым для FPV (First Person View) дронов [21]. Cleanflight вырос из BetaFlight и имеет преимущество в упрощенном коде. Однако скорость разработки программного обеспечения CleanFlight замедлилась, и в долгосрочной перспективе следует использовать программное обеспечение BetaFlight. ArduPilot является самым простым и надежным программным обеспечением для автопилота в мире хобби [22-23]. Возможен переход с программного обеспечения BetaFlight на CleanFlight или INav, но для этого требуется дополнительная поддержка программного обеспечения для ПК.

Таблицы сравнения для полетных контроллеров в БАС. Исходя из классов БАС, полетные контроллеры могут использовать дополнительные функции. Таблицы в данной главе основаны на предположении, что более крупногабаритным дронам (до 30 кг) требуются больше функций и датчиков, чем малогабаритных (до 150 гр.). Поэтому невозможно предложить систему оценки для выбора контроллера полета, так как цели конструкторов дронов различны [24-25].

Механические параметры контроллеров для дронов приведены в таблице 4. Контроллеры, представленные в таблицах 3 и 4, являются выбором наиболее популярных моделей для дронов данного размера. Таблицы не рекомендуют конкретный контроллер, но обеспечивают быстрый выбор полетного контроллера.

Столбец распределения тока в таблице 3 описывает способность полетного контроллера управлять током БАС. Например, если указано ESC 13A, это означает, что контроллер способен управлять током до 13A. Если указано 5V2A, это указывает на регулятор тока с выходом 5В2А.

Таблица 3 – Сравнение микроконтроллеров, распределение тока, программного обеспечения и дополнительные функции в полетных контроллерах

Название	Микроконтроллер	Распределение тока	Программное обеспечение	Дополнительные функции
С микроконтроллерами серии F4				
HGLRC FD413 stack	STM32F411	ESC 13A; 5V2A	BF	g, osd, SBUS, PPM, DSMX, IBUS
BetaFPV Toothpick F405	STM32F405	ESC 20A	BF	g, osd, SBUS,DSMX, Frsky XM/XM Futaba/Flysky; TBS Crossfire /DSMX.
Happymodel Crazybee F4	STM32F411	ESC 5A; 5V1A	BF	g, osd, VTX, Frsky/Flysky, us.

BETAFPV F4 1S AIO	STM32F411	ESC 5A	BF	g, osd, VTX, Frsky/Futaba.
JHEMCU GHF411 Pro 35A	STM32F411	ESC 35A;9V2A; 5V2.5A	BF, INAV	g, osd, SBUS, IBUS, DSM2, DSMX, TBS, BB 8Mb, cs
С микроконтроллерами серии F7				
CL Racing F7 V2.1 Dual	STM32F722	5V3A;3.3V0.25A	BF	2 x g, osd, 6 x UART, bb 32Mb, BFB
Holybro Kakute F7 HDV AIO	STM32F745	5V1.5A;8V2A	BF	g, b, 6 x UART, SBUS, iBus, Spektrum, Crossfire, bb TF card, PDB, SCL/SDA GPS
Diatone Mamba F722 APP 60A	STM32F722	ESC60A;9V3A;5V3A; 3.3V0.5A	BF; INAV	g, 6 x UART, SBUS, TBS, IBUS, DSM, BFB
HolyBro Kakute F7 HDV	STM32F745	5V1.5A;8V2A	BF;CF	g, b, 6 x UART, SBUS, iBus, Spektrum, Crossfire, bb TF card, PDB, SCL/SDA for GPS
Matek F722-SE AIO	STM32F722	5V2A;3.3V0.2A	BF; INAV	2 x g, b, 5 x UART, bb SD card, I2C, CC, SBUS, IBUS, DSM, CS, osd
С полетными контроллерами закрытого типа шифрования для серийного производства				
Название	Микроконтроллер	Программное обеспечение	Входы/ выходы	Дополнительные функции
Hex Pixhawk 2.1 – The Cube Orange Standard Set + ADS-B	STM32H753VIT 6; STM32F100	PX4, Ardupilot	1 x I2C, 14xPW M, PPM, SBUS, DSM	3 x g, c, 2 xb, autopiloot, ADS-B vastuvxtja, IMU soojendus, txrkekindel MCU, toetab 2x GPS
Holybro Pixhawk 4 Autopilo t	STM32F765; STM32F100	PX4, Ardupilot	3 x I2C, 16xPW M, 7xUART	2 x g, c, b, autopiloot, BB SDcard
Raspberry PI accessory board Navio 2*	Cortex-M3 RC I/O co-processor	Ardupilot	1 x I2C, 12xPW M, 1xUART, PPM, SBUS	2 x g, GPS, b
Veronte 1x autopilot	-	Veronte software	-	Veronte
DJI N3	-	DJI software	-	DJI Lightbridge 2, DJI DR16, SBU

Таблица 4 – Размеры, масса и тип батарее полетных контроллеров

Название	Расстояние крепежных отверстий, мм	Масса, гр	Тип батарее
С микроконтроллерами серии F4			
HGLRC FD41 Stack	16 x 16	9	2-4 S
BetaFPV Toothpick F405	26 x 26	5.8	2-4 S
Happymodel Crazybee F4 Lite	26 x 26	4.5	1 S
BETAFPV F4 1S AIO	29 x 29	3.9	1 S
JHEMCU GHF411 Pro 35A	25.5 x 25.5	6.3	2 - 6 S
С микроконтроллерами серии F7			
CL Racing F7 V2.1 Dual	30 x 30	9.5	< 8S
Holybro Kakute F7 HDV AIO	30.5 x 30.5	10	< 6S
Diatone Mamba F722 APP 60A	30.5 x 30.5	30.7	3-6 S
HolyBro Kakute F7 HDV	30.5 x 30.5	8	< 6S
Matek F722-SE AIO	30.5 x 30.5	10	2 - 8 S
С полетными контроллерами закрытого типа шифрования для серийного производства			
Hex Pixhawk 2.1 - The Cube Orange Standard Set + DS-B	94,5 x 44,3 x 31	73	4.1-5.7V/2.5A
Holybro Pixhawk 4 Autopilot	44 x 84 x 12	33.3	6V
Navio 2	55 x 65	23	4.75- 5.25V
Veronte 1x autopilot	63 x 39.6 x 67.9	190	3-12S
DJI N3	57,9 x 39 x 17 мм	226	3-12S

Основным условием для полетных контроллеров является устойчивость к сбоям, функциональность и многозадачность. При выборе критически важных систем необходимо общаться с разными производителями для предложения правильного решения в соответствии с приложением и требуемыми возможностями. У БАС с высокой устойчивостью к сбоям важна экосистема полетного контролера и других компонентов.

Вывод

Задача проектирования БАС далека от тривиальной, поскольку для различных приложений существуют различные требования, которые определяют размер и спецификации дрона. Полетный контроллер выбирается тщательно, так как он ответственный за функциональность всей системы. В данной статье производится сравнение выбранных полетных контролеров, подходящих для трех различных серий микроконтроллеров.

Промышленные контроллеры используются для больших дронов и решения производственных задач по мониторингу, фотограмметрии, съемки местности и др. Поскольку они обладают системами отказоустойчивости, поддержкой дополнительных датчиков, имеют корпуса для защиты электроники от внешнего воздействия окружающей среды.

Касательно рекомендаций по выбору полетного контроллера, можно отметить, что рекомендуется придерживаться продукции известных производителей, которые гарантируют качество продукта. Более того, техническая поддержка известного производителя, как правило, лучше и более точна. Кроме того, такие производители выпускают необходимые дополнительные модули, которые хорошо взаимодействуют с существующими полетными контроллерами.

Список использованных источников:

1. Личман Г.И., Коротченя В.М., Смирнов И.Г., Курбанов Р.К. Концепция точного земледелия на основе понятий идеального поля и цифрового двойника // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. N67(3). С. 81-86. (дата обращения: 01.12.2023).
2. Шарова М.Д., 2015. БПЛА - доступные технологии. инновационные технологии научного развития, Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", pp: 104-106. (дата обращения: 13.11.2023).
3. Артюшин А.А., Курбанов Р.К., Марченко Л.А., Захарова О.М. Выбор типоразмерного ряда беспилотных летательных аппаратов и полезной нагрузки для мониторинга сельскохозяйственных полей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4(37). – С. 36-43. (дата обращения: 13.11.2023).
4. Курбанов Р.К., Захарова Н.И. Обоснование параметров полетного задания беспилотного воздушного судна для мультиспектральной аэрофотосъемки // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 33-39. (дата обращения: 17.11.2023).
5. Курбанов Р.К., Захарова Н.И., Горшков Д.М. Повышение точности аэрофотосъемки с применением наземных контрольных точек // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 42-47. (дата обращения: 05.12.2023).
6. Курбанов Р.К., Костомахин М.Н., Захарова Н.И., Захарова О.М., Бабков С.В. Рекомендации для легких беспилотных летательных аппаратов по сбору данных // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 6. – С. 47-53. (дата обращения: 13.11.2023).
7. Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Курбанов Р.К., Краснобородько В.В. Основные требования к беспилотным летательным аппаратам для внесения удобрений и пестицидов // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4(33). – С. 107-112. (дата обращения: 17.11.2023).
8. Курбанов Р.К., Захарова О.М. Рекомендации по предполетной подготовке БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. N1(38). С. 93-98. (дата обращения: 16.11.2023).
9. Курбанов Р.К., Захарова Н.И. Обоснование параметров полетного задания беспилотного воздушного судна для мультиспектральной аэрофотосъемки // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 33-39. (дата обращения: 17.11.2023).
10. Костомахин М.Н., Курбанов Р.К., Кынев Р.К. Точное земледелие расширяет свои границы // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 3. – С. 7-9. (дата обращения: 16.11.2023).
11. Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Курбанов Р.К., Краснобородько В.В. Основные требования к беспилотным летательным аппаратам для внесения удобрений и пестицидов // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4(33). – С. 107-112. (дата обращения: 17.11.2023).
12. Смирнов И.Г., Курбанов Р.К., Марченко Л.А., Горшков Д.М. Дифференцированная обработка сельхозугодий с помощью БПЛА // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4(37). – С. 30-35. (дата обращения: 09.11.2023).
13. Курбанов Р.К., Захарова Н.И., Горшков Д.М. Повышение точности аэрофотосъемки с применением наземных контрольных точек // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 42-47. (дата обращения: 05.12.2023).
14. Курбанов Р.К., Костомахин М.Н., Захарова Н.И., Захарова О.М., Бабков С.В.

Рекомендации для легких беспилотных летательных аппаратов по сбору данных // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. – № 6. – С. 47-53. (дата обращения: 13.11.2023).

15. Курбанов Р.К., Литвинов М.А., Кривко С.И., Захарова Н.И., Куприн А.А. Обоснование оптимальных параметров PID-регуляторов квадрокоптера с размером рамы до 150 мм // XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023). – 2023. - С. 431, 2023. (дата обращения: 15.11.2023).

16. Mogili U.R., Deepak B.B.V.L. Review on application of drone systems in precision agriculture. Procedia Computer Science. 2018. N133. pp. 502–509. https://doi. org/10.1016/j.procs.2018.07.063/ (дата обращения: 13.11.2023).

17. Маханько А. А. Особенности формирования ШИМ сигналов микропроцессорных системах управления // Технические науки – от теории к практике. 2016. №6 (54). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-shim-signalov-v-mikroprotsessornyh-sistemah-upravleniya (дата обращения: 15.11.2023).

18. O. Liang “Quadcopter Hardware Overview – Every Component Explained.” https://oscarliang.com/flight-controller-explained/ (дата обращения: 15.11.2023).

19. K. Putsep, A. Rassolkin, and T. Vaimann, “Conceptual Test Bench for Small Class Unmanned Autonomous Vehicle Performance Estimation,” Proceedings - 2021 IEEE 19th International Power Electronics and Motion Control Conference, PEMC 2021, pp. 695–698, 2021, doi: 10.1109/PEMC48073.2021.9432509. (дата обращения: 22.11.2023).

20. O. V. Baranov, Proceedings of higher educational institutions. Instrumentation, 64 (10), 829-838 (2021). (дата обращения: 14.11.2023).

21. R. A. Zhilov, Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 5 (109), 38–47. (2022). (дата обращения: 14.11.2023).

22. J. Muliadi, B. Kusumoputro, J. Adv. Trans. 3823201, 1–18. (2018). (дата обращения: 23.11.2023).

23. N.P. Nguyen, S.K. Hong, Int. J. Eng. Res. Technol. 9(10), 2122 (2018). (дата обращения: 15.11.2023).

24. M.Y. Kalyagin, D.A. Voloshin, A.S. Mazaev, Proceedings of MAI. 112, 20 (2020) (дата обращения: 23.11.2023).

25. N. Xuan-Mung, S-K. Hong, Appl. Sci. 9 (10). 2122 (2019) (дата обращения: 20.11.2023).

Bibliography

1. Lichman G.I., Korotchenya V.M., Smirnov I.G., Kurbanov R.K. Concept of Precision Farming Based on the Notions of Ideal Field and Digital Twin // Electrotechnologies and Electrical Equipment in Agriculture. 2020. N67(3). P. 81-86. (Accessed: 01.12.2023).

2. Sharova M.D., 2015. UAV - Accessible Technologies. Innovative Technologies of Scientific Development, Limited Liability Company "Aeterna," pp: 104-106. (Accessed: 13.11.2023).

3. Artyushin A.A., Kurbanov R.K., Marchenko L.A., Zakharova O.M. Selection of Standard Series of Unmanned Aerial Vehicles and Payload for Monitoring Agricultural Fields // Electrotechnologies and Electrical Equipment in Agriculture. – 2019. – No. 4(37). – P. 36-43. (Accessed: 13.11.2023).

4. Kurbanov R.K., Zakharova N.I. Substantiation of Parameters for Unmanned Aerial

Vehicle Flight Mission for Multispectral Aerial Photography // Agricultural Machines and Technologies. – 2022. – Vol. 16, No. 3. – P. 33-39. (Accessed: 17.11.2023).

5. Kurbanov R.K., Zakharova N.I., Gorshkov D.M. Increasing Accuracy of Aerial Photography Using Ground Control Points // Agricultural Machines and Technologies. – 2021. – Vol. 15, No. 4. – P. 42-47. (Accessed: 05.12.2023).

6. Kurbanov R.K., Kostomakhin M.N., Zakharova N.I., Zakharova O.M., Babkov S.V. Recommendations for Lightweight UAVs for Data Collection // Agricultural Machinery: Maintenance and Repair. – 2018. – No. 6. – P. 47-53. (Accessed: 13.11.2023).

7. Marchenko L.A., Mochkova T.V., Kurbanov R.K., Krasnoborodko V.V. Basic Requirements for UAVs for Fertilizer and Pesticide Application // Bulletin of VIESH. – 2018. – No. 4(33). – P. 107-112. (Accessed: 17.11.2023).

8. Kurbanov R.K., Zakharova O.M. Recommendations for Pre-flight Preparation of UAVs // Electrotechnologies and Electrical Equipment in Agriculture. 2020. Vol. 67. No. 1(38). P. 93-98. (Accessed: 16.11.2023).

9. Kurbanov R.K., Zakharova N.I. Substantiation of Parameters for Unmanned Aerial Vehicle Flight Mission for Multispectral Aerial Photography // Agricultural Machines and Technologies. – 2022. – Vol. 16, No. 3. – P. 33-39. (Accessed: 17.11.2023).

10. Kostomakhin M.N., Kurbanov R.K., Kynev R.K. Precision Farming Expands its Boundaries // Agricultural Machinery: Maintenance and Repair. – 2018. – No. 3. – P. 7-9. (Accessed: 16.11.2023).

11. Marchenko L.A., Mochkova T.V., Kurbanov R.K., Krasnoborodko V.V. Basic Requirements for UAVs for Fertilizer and Pesticide Application // Bulletin of VIESH. – 2018. – No. 4(33). – P. 107-112. (Accessed: 17.11.2023).

12. Smirnov I.G., Kurbanov R.K., Marchenko L.A., Gorshkov D.M. Differentiated Treatment of Agricultural Lands Using UAVs // Electrotechnologies and Electrical Equipment in Agriculture. – 2019. – No. 4(37). – P. 30-35. (Accessed: 09.11.2023).

13. Kurbanov R.K., Zakharova N.I., Gorshkov D.M. Increasing Accuracy of Aerial Photography Using Ground Control Points // Agricultural Machines and Technologies. – 2021. – Vol. 15, No. 4. – P. 42-47. (Accessed: 05.12.2023).

14. Kurbanov R.K., Kostomakhin M.N., Zakharova N.I., Zakharova O.M., Babkov S.V. Recommendations for Lightweight UAVs for Data Collection // Agricultural Machinery: Maintenance and Repair. – 2018. – No. 6. – P. 47-53. (Accessed: 13.11.2023).

15. Kurbanov R.K., Litvinov M.A., Krivko S.I., Zakharova N.I., Kuprin A.A. Substantiation of Optimal Parameters for PID Controllers of Quadcopters with Frame Size up to 150 mm // XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023). – 2023. - P. 431, 2023. (Accessed: 15.11.2023).

16. Mogili U.R., Deepak B.B.V.L. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. Procedia Computer Science. 2018. N133. pp. 502–509. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063/ (Accessed: 13.11.2023).

17. Makhanko A.A. Features of PWM Signal Formation in Microprocessor Control Systems // Technical Sciences – from Theory to Practice. 2016. No. 6 (54). URL: : https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-shim-signalov-v-mikroprotsessornyh-sistemah-upravleniya (Accessed: 15.11.2023).

18. O. Liang “Quadcopter Hardware Overview – Every Component Explained.” https://oscarliang.com/flight-controller-explained/ (Accessed: 15.11.2023).

19. K. Putsep, A. Rassolkin, and T. Vaimann, “Conceptual Test Bench for Small Class Unmanned Autonomous Vehicle Performance Estimation,” Proceedings - 2021 IEEE 19th International Power Electronics and Motion Control Conference, PEMC 2021, pp. 695–698, 2021, doi: 10.1109/PEMC48073.2021.9432509. (Accessed: 22.11.2023).

20. O. V. Baranov, Proceedings of higher educational institutions. Instrumentation, 64 (10), 829-838 (2021). (Accessed: 14.11.2023).

21. R. A. Zhilov, Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 5 (109), 38–47. (2022). (Accessed: 14.11.2023).

22. J. Muliadi, B. Kusumoputro, J. Adv. Trans. 3823201, 1–18. (2018). (Accessed: 23.11.2023).

23. N.P. Nguyen, S.K. Hong, Int. J. Eng. Res. Technol. 9(10), 2122 (2018). (Accessed: 15.11.2023).

24. M.Y. Kalyagin, D.A. Voloshin, A.S. Mazaev, Proceedings of MAI. 112, 20 (2020) (Accessed: 23.11.2023).

25. N. Xuan-Mung, S-K. Hong, Appl. Sci. 9 (10). 2122 (2019) (Accessed: 20.11.2023).

А.А. Куприн, магистр, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, тел. 8(915)5970187, e-mail: alexei.cuprin2015@yandex.ru

С.И. Кривко, магистр, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, тел. 8(977)7291536, e-mail: smedia@vim.ru

А.М. Фокин, аспирант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, тел. 8(499)1747101, e-mail: foks1997@yandex.ru

CLASSIFICATION OF FLIGHT CONTROLLERS IN UNMANNED AVIATION SYSTEMS

A.A. Kuprin, S.I. Krivko, A.M. Fokin,
FGBNU FNAC VIM

Annotation. Unmanned Aviation Systems (UAS) perform various tasks such as monitoring, photogrammetry, aerial filming, package delivery, rescue operations, etc. One crucial component of UAS is the flight control system or flight controller. There are numerous manufacturers of flight controllers, and choosing one that suits the configuration of the design base is a challenging task. The selection of a flight controller is not a trivial matter due to the lack of standardized information across manufacturers. This can lead to the incorrect choice of a flight controller, resulting in subsequent damage. This paper explores various components of the flight controller to harmonize available information.

Keywords: UAS, UAV, quadcopter, drone, control systems, flight controller.

A.A. Kuprin, master, FGBNU FNATS VIM, tel. 8(915)5970187, e-mail: alexei.cuprin2015@yandex.ru

S.I. Krivko, master, FGBNU FNATS VIM, tel. 8(977)7291536, e-mail: smedia@vim.ru

A.M. Fokin, graduate student, Federal State Budgetary Institution FNATS VIM, tel. 8(499)1747101, e-mail: foks1997@yandex.ru

УДК 530.152-047.44

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОТИВОДЕЙСТВУЮЩИХ ЯВЛЕНИЙ

Шпиганович А. Н.[1], Шпиганович А. А.[1], Мешков К. В.[1], Виноградов А. В.[2]

[1]Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация
[2] Орловский государственный аграрный университет, Орёл, Российская Федерация

Аннотация. *Противодействующие явления возникают в основном от действующих явлений. Они сопровождают действующие явления всегда независимо от их величины. С изменением действующих явлений изменяются и противодействующие явления. Относительные значения их величин всегда равны между собой. Большие по величине противодействующие явления можно получить и относительно небольших действующих явлений в случае накладывания их друг на друга, суммирования, через малые промежутки времени. В обычных земных условиях получение таким образом противодействующих явлений затруднительно, кроме того и опасно из-за мощных негативных воздействий на окружающую среду. Ситуации, возникновения противодействующих явлений значительных величин в обычных условиях определяются целым рядом факторов. В первую очередь, за счет окружающей среды, особенности, обеспечения устойчивого ее состояния.*

Ключевые слова: *действующие явления, противодействующие явления, управление действующими явлениями, управление противодействующими явлениями.*

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье рассмотрена теория воздействия действующих и противодействующих явлений. Действующие и противодействующие явления взаимосвязаны между собой. Особое значение они представляют при значительных мощностях. Человечество, в основном, использует действующие явления, но незначительной мощности по сравнению с явлениями, которые могут вызвать не желательные разрушения окружающей среды. Даже действующие явления от единичных сконцентрированных атомных взрывов, (взрывов атомных бомб) не способны привести к управляемым противодействующим явлениям. Если знать мощность действующих явлений, при которой возникают управляемые противодействующие явления, то можно использовать их в планируемых мероприятиях.

ТЕОРИЯ ВОПРОСА

Для анализа представленной проблемы теоретически рассмотрим возможное воздействие на противодействующие явления получение от действующих явлений. Предполагается, что оценка поставленной проблемы осуществляется в производственных условиях. Это обеспечивает осуществить анализ для любой величины действующих явлений на получение противодействующих явлений. При этом надо полагать, что каждое действующее явление сопровождается противодействующим явлением, даже, например, в социальных вопросах, как это показано в [1], где приведена теория взаимодействия, столкновения, или в [2], где указанная теория применена к вопросам подготовки персонала.

Учёными в разных отраслях науки исследуются вопросы противодействия, взаимодействия разных явлений, начиная от физики Ньютона и кончая космологическими теориями, например [3, 4], или исследованиями методологии науки [5, 6].

Вопросы взаимодействия, противодействия исторически являются одними из ключевых и в разделах физики, изучающих энергию во всех её проявлениях [7].

В природе существует такая величина действующих явлений, которые превышают по величине промышленные явления во много раз. Что бы получить решение поставленной проблемы, то необходимо учитывать величины наибольшее и наименьшее значения, действующих явлений, вызывающие противодействующие явления, а также длительности их существования. Для сокращения временных длительностей действующих явлений и увеличении их величины следует суммировать, накладывать друг на друга, действующие явления от образующих их источников. В результате будет увеличиваться и противодействующие явления. Устойчивыми, противодействующие явления будут тогда, когда они превысят по величине действующие явления. Если это так, то в производственных условиях всегда можно получать противодействующие явления, обеспечивающие безопасность технического процесса предприятия.

Для решения рассматриваемой проблемы аналитическим расчетным путем, величину действующих явлений представим через Y, а противодействующих - $\overline{Y}$,. Всегда Y>$\overline{Y}$ потому, что действующие явления служат определяющими. Противодействующие никогда не возникнуть без действующих явлений. Значения длительности действующих явлений D превышают время противодействующих явлений $\overline{D}$. Если действующие явления от разных источников энергии суммировать, то их суммарная длительность сократится на $\overline{D}$. Каждое объединение действующих явлений уменьшает их совместную длительность действия на $\overline{D}$. Когда длительность противодействующих явлений больше длительности действующих явлений, то система взаимодействий становится устойчивой.

В данной работе устойчивое противодействующее явление предлагается определить теоретически. Выполняется это на основании относительных значений, а также использования распределения длительностей действующих явлений. Причем, анализ возможен для любого значения величины действующего явления. При расчете будем предполагать, что D>$\overline{D}$, причем:

$$\frac{\overline{D}}{\overline{D}+D}+\frac{D}{\overline{D}+D}=1 \qquad (1)$$

Суммируя одинаковую по величине действующие явления, при некотором количестве n слагаемых, можно получить устойчивое значение противодействующего явления. Суммирование действующих явлений может осуществляться от разных источников энергии. Устойчивое противодействующее явление образуется, когда оно по длительности больше длительности действующего явления. Чтобы определит такое состояние поступим следующим образом. Выражение (1) представим в виде:

$$А+Б=1, \qquad (2)$$

,где $А=\frac{\overline{D}}{\overline{D}+D}$; $В=\frac{D}{\overline{D}+D}$.

Пусть при:

$$n А=Б/2. \qquad (3)$$

Тогда:

$$n=\frac{Б}{2A}=\frac{\frac{D}{\overline{D}+D}}{\frac{2\overline{D}}{\overline{D}+D}}. \quad (4)$$

В этом случае значение действующего явления будет меньше противодействующего явления. Увеличение его на $\overline{D}$ вызовет противодействующее явление устойчивым.

Для приведенных выражений (1)-(4) не указаны величины значений D и $\overline{D}$. При этом достаточно знать одну из величин D или $\overline{D}$. Потому, что $D+\overline{D}=1$. В результате, используя соответствующее значение действующего явления D, можно установить устойчивое противодействующее явление $\overline{D}$, которое равно D (n+1), поясняющим служит рисунок 1.

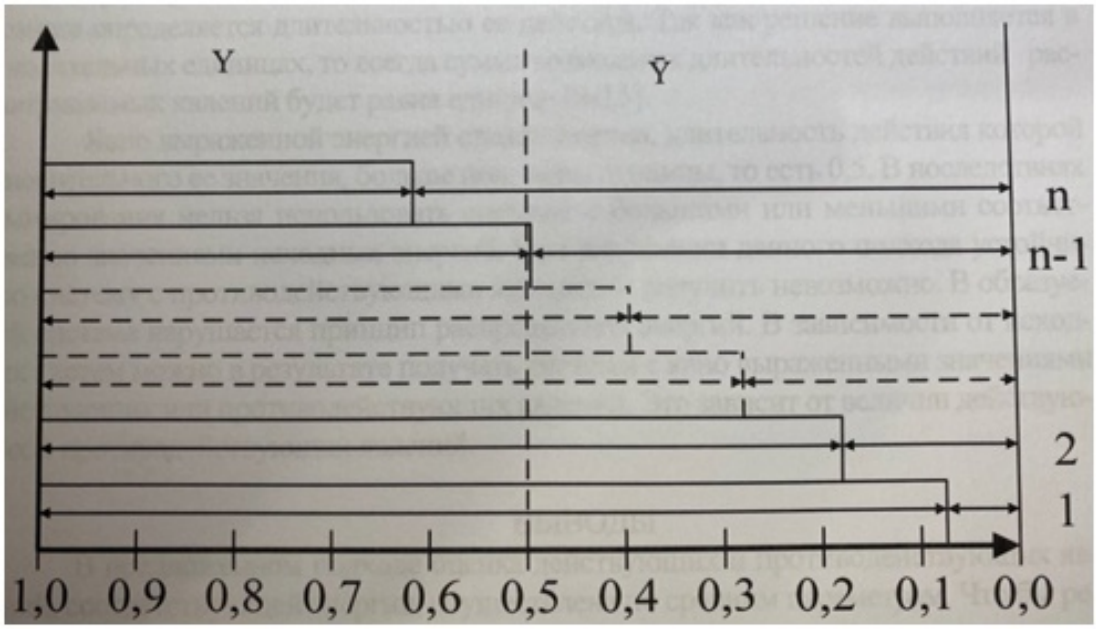


Рисунок 1 - Отображение действующего Y и противодействующего Ȳ явлений в относительных параметрах

Чем большей мощности действующего явления, тем больше должно быть по величине противодействующее явление. Такой подход обеспечит получение противодействующих явлений в любых условиях. Явления будут устойчивыми, но всегда опасны для всего живого нашей планеты. Ликвидировать данное противодействующее явление можно будет только таким же по мощности противодействующим явлением. Поэтому для взрывоопасных явлений никто не может их уничтожить кроме тех, кто создал эти явления.

Если действующие явления связаны с разрушительными силами большой мощности, то противодействующие явления могут быть усилены за счет энергии нашего светила, солнца. Это возможно при наличии исходной энергии противодействующих явлений. Если представить противодействующее явление в виде ограниченного по объему потока и направить его на поверхность солнца, то энергия солнца будет передаваться противодействующему явлению. Для прекращения передачи энергии действующего явления, следует увеличить расстояние между солнцем и противодействующим явлением. Нужно ли предварительно создавать противодействующие явления? Да, нужно! Это необходимо потому, что при возникновении атомной войны на земле, возникнут неуправляемые

противодействующие явления. Они не только уничтожат все живое на земле, но и планету земля в целом. Наличие управляемого противодействующего явления позволит исключить последствия возникающих действующих явлений, взрывов атомных бомб.

Решение поставленной задачи выполнено в общем виде в относительных единицах. Причем решение выполнено относительно действующих явлений. Оно ничем не отличается от ее решения относительно противодействующих явлений. В нашем случае решение выполним относительно действующих явлений. Устойчивое явление определяется длительностью ее действия. Так как решение выполняется в относительных единицах, то всегда сумма возможных длительностей действий рассматриваемых явлений будет равна единице.

Явно выраженной энергией станет энергия, длительность действия которой относительного ее значения, больше половины единицы, то есть 0,5. В последствиях суммирования нельзя использовать системы с большими или меньшими соответственно значениями исходных энергий. При нарушении данного подхода устойчивую систему с противодействующими явлениями получить невозможно. В образуемой системе нарушается принцип распределения энергий. В зависимости от исходных систем можно в результате получать системы с явно выраженными значениями действующих или противодействующих явлений. Это зависит от величин действующих и противодействующих явлений.

ВЫВОДЫ

В предложенном подходе оценка действующих и противодействующих явлений, соответствующей энергии, осуществлена по средним параметрам. Чтобы решение отвечало более реальным событиям, необходимо учитывать законы распределения как длительностей действия исходных явлений, так и их изменения величин. Они требуют многочисленных практических исследований, что естественно является непростой задачей. В тоже время, при необходимости, ее можно выполнить на основании теоретических исследований. Полученные результаты не только значительно уменьшат денежные расходы на обеспечение необходимой техники безопасности, но и будут способствовать более быстрому использованию требуемых явлений.

Список использованных источников:

1. Виноградов А.В. Разные мысли о человеке и обществе. – Орёл: изд-во «Картуш», 2023. – 172 с.

2. Виноградов А.В. Методика определения результатов взаимодействия и ее использование при подготовке персонала организаций. Энергообеспечение и безопасность: Сборник материалов Международной выставки-Интернет-конференции.-Орел.: Изд-во ОрелГАУ, 2005. – 294с. С. 245-252.

3. Антипенко, Л. Г. О научных предпосылках построения космологической картины мира (логико-математический и философский анализ) / Л. Г. Антипенко // Научный результат. Социальные и гуманитарные исследования. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 174-185. – DOI 10.18413/2408-932X-2021-7-4-0-14. – EDN SVBPVL.

4. Дорохов, И. Н. Энергетическая концепция мироздания / И. Н. Дорохов // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. – 2021. – Т. 23. – С. 3-77. – EDN OXAUYZ.

5. Арлычев, А. Философские проблемы методологии в науке / А. Арлычев // Россия и АТР. – 2001. – № 4(34). – С. 128-140. – EDN LSHUBQ.

6. Безлепкин, Е. А. Философские основания эволюции физического познания / Е. А. Безлепкин // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 7: Философия. Социология и социальные технологии. – 2014. – № 6(26). – С. 24-35. – EDN TIUTYJ.
7. Понятие энергии в физике: исторический аспект // Философия науки. – 2011. – № 2(49). – С. 106-139. – EDN OIKDLD.

BIBLIOGRAPHY

1. Vinogradov A.V. Raznye mysli o cheloveke i obshchestve. – Oryol: izd-vo «Kartush», 2023. – 172 s.
2. Vinogradov A.V. Metodika opredeleniya rezul'tatov vzaimodejstviya i ee ispol'zovanie pri podgotovke personala organizacij. Energoobespechenie i bezopasnost': Sbornik materialov Mezhdunarodnoj vystavki-Internet-konferencii.-Orel.: Izd-vo OrelGAU, 2005. – 294s. S. 245-252.
3. Antipenko, L. G. O nauchnyh predposylkah postroeniya kosmologicheskoj kartiny mira (logiko-matematicheskij i filosofskij analiz) / L. G. Antipenko // Nauchnyj rezul'tat. Social'nye i gumanitarnye issledovaniya. – 2021. – T. 7, № 4. – S. 174-185. – DOI 10.18413/2408-932X-2021-7-4-0-14. – EDN SVBPVL.
4. Dorohov, I. N. Energeticheskaya koncepciya mirozdaniya / I. N. Dorohov // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii sistemnyh issledovanij. Informatika, ekologiya, ekonomika. – 2021. – T. 23. – S. 3-77. – EDN OXAUYZ.
5. Arlychev, A. Filosofskie problemy metodologii v nauke / A. Arlychev // Rossiya i ATR. – 2001. – № 4(34). – S. 128-140. – EDN LSHUBQ.
6. Bezlepkin, E. A. Filosofskie osnovaniya evolyucii fizicheskogo poznaniya / E. A. Bezlepkin // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 7: Filosofiya. Sociologiya i social'nye tekhnologii. – 2014. – № 6(26). – S. 24-35. – EDN TIUTYJ.
7. Ponyatie energii v fizike: istoricheskij aspekt // Filosofiya nauki. – 2011. – № 2(49). – S. 106-139. – EDN OIKDLD.

Шпиганович Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация. E-mail: san@stu.lipetsk.ru

Шпиганович Алла Александровна, доктор технических наук, профессор, Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация. E-mail: verashpig@gmail.com

Мешков Кирилл Владимирович, магистрант, Липецкий государственный технический университет, Липецк, Российская Федерация. E-mail: ikmeshkov00@gmail.com

Виноградов Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение», Орловский государственный аграрный университет, Орёл, Российская Федерация

ANALYSIS OF WAYS IN WHICH COUNTERACTING PHENOMENA ARISE

Shpiganovich A. N.[1], Shpiganovich A. A.[1], Meshkov K. V.[1], Vinogradov A. V.[2]

[1]Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation
[2]Oryol State Agrarian University

Abstract. Counteracting phenomena arise mainly from active phenomena. They always accompany active phenomena, regardless of their magnitude. As the active phenomena change, the counteracting phenomena also change. The relative values of their quantities are always equal to each other. Large counteracting phenomena can also be obtained from relatively small acting phenomena if they are superimposed on each other, summed up, at short intervals of time. Under normal terrestrial conditions, obtaining counteracting phenomena in this way is difficult and, moreover, dangerous due to the powerful negative impacts on the environment. Situations and the occurrence of counteracting phenomena of significant magnitude under normal conditions are determined by a number of factors. First of all, due to the environment, its features, ensuring its stable condition.

Key words: active phenomena, counteracting phenomena, control of active phenomena, management of counteracting phenomena.

Shpiganovich Alexander Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation. E-mail: san@stu.lipetsk.ru
Shpiganovich Alla Aleksandrovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation. E-mail: verashpig@gmail.com
Meshkov Kirill Vladimirovich, master's student, Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation. E-mail: ikmeshkov00@gmail.com
Vinogradov Alexander Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electricity, Oryol State Agrarian University, Orel, Russian Federation

Реклама в нашем журнале

ВНИМАНИЕ!

Редакция **ЖУРНАЛА «АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ»**
приглашает Вас к сотрудничеству.

Мы предлагаем разместить Вашу рекламу на страницах нашего журнала.
Наши читатели (Россия и зарубежье) — учебные и научные учреждения, предприятия следующих отраслей деятельности:

- сельскохозяйственные предприятия;
- предприятия тяжелой и легкой, перерабатывающей промышленности;
- энергокомпании;
- отраслевые НИИ;
- научно-производственные объединения;
- учебные заведения;
- библиотеки.

Каждый из номеров журнала распространяется более чем 500 адресатам.

Информацию о возможности размещения рекламной продукции и ценах Вы можете узнать в редакции журналов, а также у главного редактора.

Телефоны: 8202879024; 8(4862) 76-44-69.
Тел. (факс): 8(4862) 76-11-07

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – кандидат технических наук, доцент
Александр Владимирович Виноградов
E-mail: winaleksandr@yandex.ru

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.

ПЕРЕДВИЖНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»
при кафедре «Электроснабжение» Орловского ГАУ
г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69, Орел ГАУ, ауд. 2-411

Передвижная электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» **проводит измерения и испытания в электроустановках до 1000В:**

1. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, проводов и кабелей;
2. Измерение сопротивления заземляющих устройств;
3. Измерения сопротивления цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
4. Измерение сопротивления петли «фаза-нуль»;
5. Проверка срабатывания устройств защитного отключения (УЗО);
6. Проверка срабатывания автоматических выключателей до 1000В.

Электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» зарегистрирована в Приокском управлении Ростехнодзора за №А10-14-888 от 20.10.2014г.

Также предлагаем услуги:

1. Проведение измерений качества электрической энергии.
2. Выполнение, редакция программ по энергосбережению, энергоаудит.
3. Монтаж электрооборудования.
4. Обслуживание электрохозяйства, подготовка документации по электрохозяйству.
5. Проведение курсов повышения квалификации по энергосбережению, электробезопасности, обучение по рабочей профессии «Электромонтер»
6. Выполнение проектов по электроснабжению.
7. Выполнение обследования состояния электропроводок.
8. Электротехнические расчеты.

Наши контакты:

Руководитель: Виноградов Александр Владимирович (к.т.н.)
тел: 89202879024, E-mail: winaleksandr@rambler.ru
инженер – метролог: Бородин Максим Владимирович (к.т.н.)
тел: 89208014190, E-mail: maksimka-borodin@yandex.ru
инженер – метролог: Семенов Александр Евгеньевич
тел: 89536130445, E-mail: semenow.ae@yandex.ru

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

Отдел сельскохозяйственного консультирования и развития сельских территорий ВНИИ социального развития села ФГБОУ ВО Орловский ГАУ принимает заявки на оказание консультационных услуг по следующим направлениям:

- в области агробизнеса и экологии;
- в области биотехнологий и ветеринарной медицины;
- в области экономики;
- в сфере социального и экономического развития сельских территорий;
- в области агротехники и энергообеспечения;
- в сфере строительства, эксплуатации и управления недвижимостью, ландшафтного дизайна;
- в сфере охраны труда и пожарной безопасности и др.

Более подробная информация об оказываемых услугах размещена на странице отдела по адресу:
http://www.orelsau.ru/science/institute-of-social-development-of-the-village/

Телефон: 8 (4862) 43-30-81
E-mail: vniisrs.orelsau@mail.ru

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ совместно с ФГБОУ ВО Орловским ГАУ
организуют проведение
постоянного научно-практического семинара «Энергообеспечение АПК»

Формат проведения: видеосвязь.
Периодичность: по мере поступления заявок на проведение, не реже 1 раза в 2 месяца.
Темы:
-всё, что связано с вопросами энергообеспечения АПК, электротехнологиями и электрооборудованием в АПК;

-вопросы цифровизации и роботизации в АПК и системах его энергообеспечения;

-современное сельскохозяйственное производство, проблемы и пути их решения, новые технологии;

-предварительное обсуждение кандидатских и докторских диссертаций;

-обсуждение совместных проектов, грантов;

- другие тематики.

Для участия, предложения тематики обсуждения:
написать письмо на электронную почту (в названии указать «семинар Энергообеспечение АПК»)
Почта: winaleksandr@gmail.com
Телефон: 89202879024 – Виноградов Александр Владимирович
При поступлении заявки на участие, адрес обратившегося вносится в рассылку и он уведомляется о теме и сроках проведения семинара.

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

ТАЙМЕР-ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК МОБИЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ С БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ (ТЭМП-3-W)

TIMER-ELECTRIC METER MOBILE PORTABLE WITH WIRELESS DATA TRANSMISSION (TEMMP-3-W)

Устройство решает следующие задачи:



- осуществление удалённых измерений (передача результатов на сайт. Хранение результатов на карте памяти);
- определение потерь на участках электрической сети;
- сведение энергобалансов по участкам сети;
- оптимизация уставок ПБВ силовых трансформаторов;
- обследование ЛЭП с выявлением причин завышенных потерь, показателей качества электроэнергии;
- энергоаудит сетей и оборудования сельхозпредприятий;
- построение графиков нагрузки, оценка времени наработки оборудования;
- проверка средств релейной защиты и автоматики;
- использование в качестве штатного измерительного прибора;
- оценка потерь электроэнергии в силовых трансформаторах без отключения их от сети и с ранжированием на потери короткого замыкания, нагрузочные потери и потери холостого хода;
- выявление хищений электроэнергии при обходах потребителей, за счет возможности установки устройства до электросчетчика абонента без разрывания электрической цепи и без нарушения её изоляции.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Дальность передачи данных: до 1,5 км	Диапазон измерения напряжения: 0 – 450 В
Время автономных измерений: до 24 ч	Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная
Стоимость: 20-30 тыс. руб. (в зависимости от комплектации)	Степень защиты оболочки: IP55

Контактная информация

+79202879024 (Александр Виноградов) schkolamolen@gmail.com

+79536281466 (Алексей Букреев) alexziend@gmail.com

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

ТАЙМЕР-ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИК МОБИЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ ТРЁХФАЗНЫЙ (ТЭМП-3)

TIMER-ELECTRIC METER MOBILE PORTABLE THREE-PHASE (TEMMP-3)

ТЭМП-3 осуществляет:



- учет электроэнергии;
- измерение и архивирование значений времени включенного/отключенного состояния потребителя с фиксацией моментов включения и отключения;
- измерение и архивирование значений потребляемого тока;
- измерение напряжения и архивирование значений напряжения;
- измерение и архивирование максимальных значений потребляемого тока;
- измерение и архивирование максимальных значений потребляемой мощности;
- измерение и архивирование значений потребляемой мощности без измерения значений напряжения;
- измерение и архивирование значений потребляемой мощности с измерением значений напряжения.

ТЭМП-3 может использоваться для:

- сведения энергобалансов по участкам сети;
- энергоаудита сетей и оборудования сельхозпредприятий;
- построения графиков нагрузки, оценки времени наработки оборудования;
- проверки средств релейной защиты и автоматики;
- использования в качестве штатного измерительного прибора;
- выявления хищений электроэнергии при обходах потребителей, за счет возможности установки устройства до электросчетчика абонента без разрывания электрической цепи и без нарушения её изоляции.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Время автономных измерений: 24 ч	Диапазон измерения напряжения: 0 – 450 В
Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная	Степень защиты оболочки: IP55

Стоимость: 15-30 тыс. руб.
(в зависимости от комплектации)

Контактная информация

+79202879024
(Александр Виноградов)
schkolamolen@gmail.com

+79536281466
(Алексей Букреев)
alexziend@gmail.com

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
при участии ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина

ПРИБОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4 кВ (КОПиРР)

INSTRUMENT COMPLEX FOR ESTIMATING ELECTRICITY LOSSES AND STUDYING THE OPERATING MODES OF ELECTRICAL NETWORKS 0.4 kW (CELaOM)

Комплекс решает следующие задачи:



- измерение и архивирование потребляемого тока в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование потребляемой мощности в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование потребляемой электроэнергии в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование потребляемой электроэнергии в точках установки датчиков комплекса;
- измерение и архивирование значений напряжений трехфазной сети в точках установки датчиков комплекса;
- фиксация моментов включения и отключения нагрузки на участке сети в точках установки датчиков комплекса;
- дистанционное получение данных о параметрах режимов работы сети с датчиков комплекса через радио-канал;
- синхронизацию по времени измерения между датчиками, входящими в комплекс и привязка к астрономическому времени.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Дальность передачи данных: до 1,5 км	Диапазон измерения напряжения: 0 – 450 В
Время автономных измерений: до 24 ч	Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная
Количество точек измерения (кол-во измерительных блоков): до 6	Наличие проколов для изолированных проводов (СИП и тд.)
Стоимость: 80-100 тыс. руб. (в зависимости от комплектации)	Степень защиты оболочки: IP65

Контактная информация

+79202879024 (Александр Виноградов) schkolamolen@gmail.com

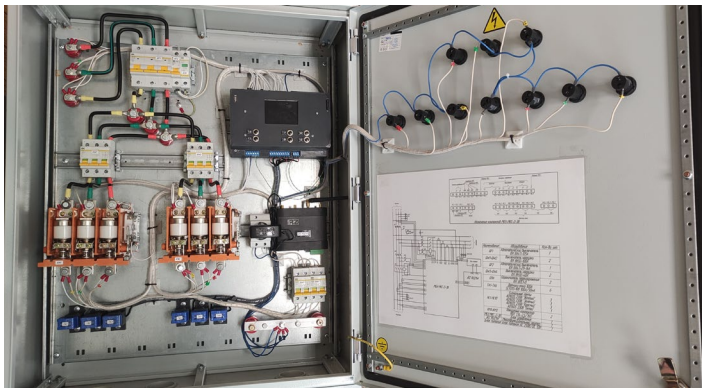
+79536281466 (Алексей Букреев) alexziend@gmail.com

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
при участии
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ
им. Н.В. Парахина

МУЛЬТИКОНТАКТНАЯ КОММУТАЦИОННАЯ СИСТЕМА С ДВУМЯ КОНТАКТНЫМИ ГРУППАМИ И ТРЕМЯ ВЫВОДАМИ (МКС-2-3В)

MULTI-CONTACT SWITCHING SYSTEM WITH TWO CONTACT GROUPS AND THREE TERMINALS (MSS-2-3T)

В МКС-2-3В реализованы следующие функции:



- измерение значений токов в магистрали и отпайке ЛЭП;
- измерение значений напряжений на выводах;
- управление двумя независимыми коммутационными аппаратами;
- выполнение функции автоматического повторного включения (АПВ);
- обмен данными по интерфейсу RS-485;
- автоматическое включение/отключение коммутационных аппаратов при появлении/исчезновении напряжения на вводе;
- автоматическое отключение коммутационных аппаратов при превышении заданных токовых уставок;
- передача данных по протоколу Modbus RTU;
- осуществление сигнализации диспетчеру;
- отображение символьных данных на дисплее контроллера МКС-2-3В;
- запись основных измеренных параметров на внешний накопитель;
- передача данных по протоколу Modbus RTU;
- ручное включение/отключение коммутационных аппаратов с помощью клавиатуры контроллера;
- диспетчерское включение/отключение коммутационных аппаратов;
- ручная и диспетчерская настройка параметров контроллера;
- сохранение значений конфигурационных параметров в энергонезависимой памяти.

Технические характеристики:

Погрешность измерений: 0 – 1,5%	Диапазон измерения тока: 0 – 400 А (в зависимости от комплектации)
Количество контактных групп: 2	Диапазон измерения напряжения: 0 – 270 В
Протокол передачи данных: Modbus RTU	Тип аккумуляторной батареи: литий-ионная
Стоимость: 60-100 тыс. руб. (в зависимости от комплектации)	Время автономной работы контролера:10 ч.

Контактная информация

+79202879024 (Александр Виноградов) schkolamolen@gmail.com

+79536281466 (Алексей Букреев) alexziend@gmail.com