

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

Материалы Национальной научно-практической конференции,  
посвященной памяти кандидата технических наук, доцента  
Виталия Александровича Носкова

*20 декабря 2022 года  
г. Ижевск*

Ижевск  
УдГАУ  
2022

УДК 631.171(06)

ББК 40.7я43

И 62

И 62        **Инженерное** обеспечение инновационного развития агро-промышленного комплекса России: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти кандидата технических наук, доцента Виталия Александровича Носкова, г. Ижевск, 20 декабря 2022 г. – Ижевск: УдГАУ, 2022. – 236 с.

ISBN 978-5-9620-0424-2

Сборник материалов конференции посвящен вкладу В. А. Носкова в организацию работы факультета электрификации и автоматизации Удмуртского ГАУ по подготовке специалистов инженеров-электриков, энергетиков для сельского хозяйства.

Предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей сельскохозяйственных вузов, работников научно-исследовательских учреждений и специалистов агропромышленного комплекса.

УДК 631.171(06)

ББК 40.7я43

ISBN 978-5-9620-0424-2

© Авторы постратежно, 2022

© УдГАУ, 2022

УДК 621.3(092)

**Л. А. Пантелеева**

*Удмуртский ГАУ*

## **ВИТАЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ НОСКОВ**

В. А. Носков родился в 1938 г. в д. Агарзя Чернушинского района Пермской области. Жизнь в военные и послевоенные годы была тяжёлой, дети быстро выросли. Беззаботное детство у Виталия Александровича продлилось недолго, рано пришлось обретать навыки самостоятельной жизни. Так как в д. Агарзя школа была только до четвертого класса, то для продолжения учебы необходимо было поступать в среднюю школу соседнего села и там же устраиваться на временное проживание. Вопрос дальнейшего обучения решали родители. В родной деревне Виталия многие его сверстники ограничивали свое образование четырьмя классами, как и его родители. Несмотря на тяжелое материальное положение, родители перевели Виталия в среднюю школу соседнего села Щучье Озеро. В 6-м классе после смерти матери Виталию пришлось прервать обучение, необходимо было помогать отцу по хозяйству. Через год Виталий вернулся в школу.



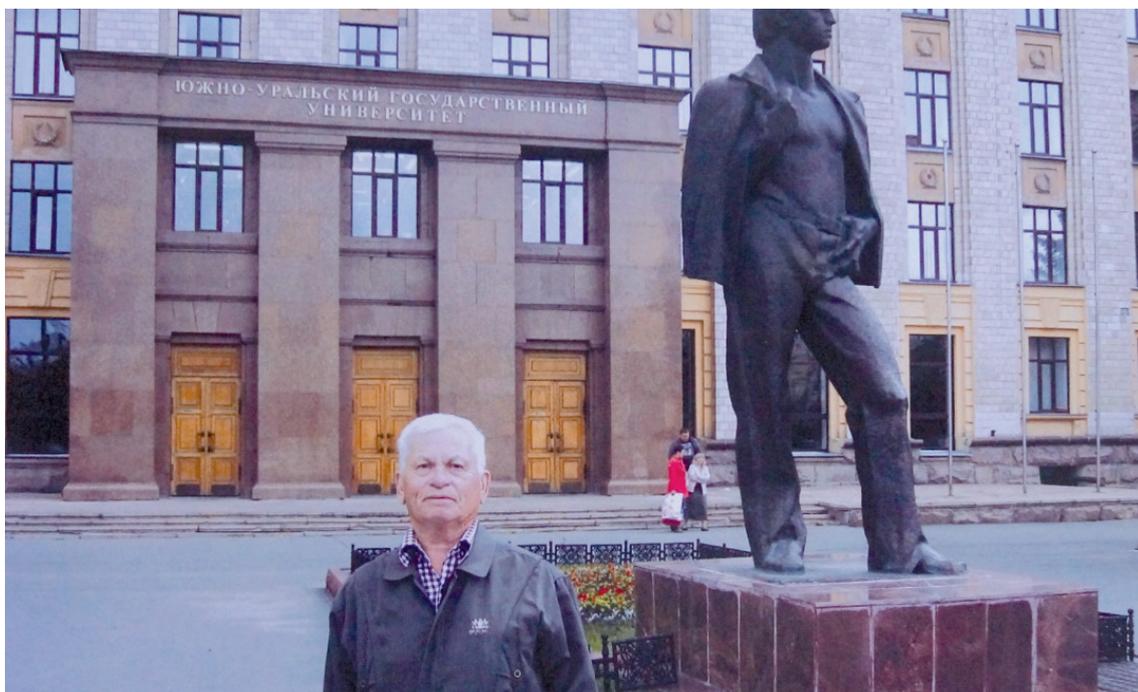
Виталий Александрович  
Носков

Летом 1954 г. семья Носковых переехала в с. Чесма Челябинской области, где к тому времени началось освоение целинных земель. На новом месте в 1955 г. Виталий закончил 7-й класс и в том же году поступил в Магнитогорский индустриальный техникум. После четырех лет обучения, получив квалификацию техника-электрика, в 1959 г. был направлен на один из заводов г. Челябинска. Получение квалификации определило судьбу Виталия: работа на производстве, продолжение обучения, получение высшей квалификации, научная и педагогическая деятельность, подготовка специалистов техников-электриков и энергетиков.



Магнитогорский индустриальный техникум

Работая на производстве и одновременно обучаясь на вечернем отделении, Виталий Александрович окончил в 1967 г. Челябинский политехнический институт и получил квалификацию инженера-электрика. Далее, работая в проектно и научно-исследовательском институтах, он почувствовал необходимость в своем совершенствовании и в 1969 г. поступил в аспирантуру при кафедре ТОЭ Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ). После окончания аспирантуры и работы преподавателем на кафедре ТОЭ в 1975 г. защитил кандидатскую диссертацию под руководством заслуженного деятеля науки и техники профессора С. П. Лебедева и продолжил работу на кафедре.



Челябинский политехнический институт,  
ныне Южно-Уральский государственный университет (июнь 2015 г.)



Учебное здание факультета электрификации  
и автоматизации сельскохозяйственного производства  
Южно-Уральского государственного аграрного университета



В.А. Носков рядом с научным руководителем С. П. Лебедевым  
на демонстрации 1 мая 1972 г.





В 70-е годы прошлого столетия в Советском Союзе осуществлялось широкое внедрение электрификации в сельскохозяйственное производство. Шло активное строительство сельских распределительных электрических сетей, сельскохозяйственных электрифицированных комплексов по переработке продукции животноводства и растениеводства. Для осуществления поставленных задач требовались специалисты, ощущался их явный недостаток, особенно в первые годы. В такой ситуации в 1975 г. было принято решение о начале подготовки инженеров-электриков на базе Ижевского сельскохозяйственного института (ИжСХИ). Необходимо было создать новые специализированные кафедры и организовать работу нового факультета. Появилась необходимость в привлечении высококвалифицированных преподавателей. Понимая сложившуюся ситуацию, руководство ИжСХИ обратилось к руководству ЧИМЭСХ с просьбой о направлении своих специалистов в г. Ижевск для организации нового факультета.

В 1977 г. в Ижевск прибыл В. А. Носков для организации кафедры «Электрические машины». На вновь открытых кафедрах за короткий промежуток времени была проведена огромная работа, особенно по созданию материально-технической базы, оформлению лабораторий, подбору оборудования и созданию лабораторных стендов. Заведующим кафедрой В. А. Носков был избран по конкурсу ученым советом ИжСХИ 14 апреля 1977 г.



Преподаватели и выпускники инженеры-электрики первого курса факультета электрификации сельского хозяйства. На снимке:  
 Первый ряд слева направо: асс. Хорьков С. А., асс. Черданцев В. П., ст. преподаватель Дерендяева В. Д., зав. кафедрой Шмигель В. Н., доцент Карпова В. С., проректор по учебной работе Фокин В. В., председатель ГЭК профессор ЧИМЭСХ Шаповалов М. П., декан Карабашев Г. П., профессор Шибанов К. И., зав. кафедрой Козинский В. А., зав. кафедрой Носков В. А., ст. преподаватель Соич В. Н., асс. Иунихин С. Л.  
 Второй ряд: студенты: Богданов Н. А., Айналов А. Г., Максимов В. И., Габдрахманов С. С., Пылаев В. Г., Пономарев Б. М., Дмитриева Н. С., Шулятьева Л. В., Сундуков Ю. А., Трефилов Г. П., Васильев Н. С., Микешкин В. Г.  
 Третий ряд: Черенев Е. И., Кириллов С. К., Веретенников П. А., Зорин В. В., Мейтис В. И., Корепанов С. Г., Соколов А. Ш., Семенов Ю. А., Новоселов В., Калинин Н. А., Скородумов В. Н., Владимиров М. А.  
 Четвертый ряд: Агафонов В. В., Стрелков Н. Н., Лебедев А. С., Уткин В. Н., Снегирев С. В., Иванов Н. Б., Бутошы С. М., Стрелков В. В., Кабанов И. Ф., Ледянкин В.

Под руководством В. А. Носкова кафедра «Электрические машины» внесла неоценимый вклад в подготовку специалистов высокого класса. Уникальные лабораторные установки в количестве 34 единиц, созданные в основном в первые годы работы, обеспечили практическую подготовку специалистов. Каждый студент, обучаясь на всех действующих лабораторных установках, научился запускать электрические машины, проводить измерения и анализировать полученные данные.



Состав кафедры «Электрические машины» в 1986 г., стоят слева направо: зав. лабораторией Петров В. В., старший лаборант Мезрин В. М., ассистент Булдакова С. Д., доцент Рен Ф. Д., Шмигель В. В., сидят слева направо: зав. кафедрой Носков В. А., ассистент Боровская И. Г.

Также важно отметить, что Виталий Александрович Носков работал деканом факультета 19 лет, с 1988 по 2007 г. В этот период продолжалось совершенствование работы факультета в составе ИжСХИ – ИжГСХА в соответствии с вновь растущими требованиями.





Труд В. А. Носкова был неоднократно отмечен почетными грамотами академии, в том числе:

- Почетной грамотой Удмуртского обкома работников АПК (декабрь 1988 г.);
- Почетной грамотой Совета Министров УР (ноябрь 1993 г.);
- Грамотой «Заслуженный работник сельского хозяйства УР» (ноябрь 1994 г.);
- Нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования РФ» (декабрь 2002 г.).

В. А. Носков, как один из активных организаторов работы факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства, внес великий вклад в подготовку специалистов инженеров-электриков, энергетиков и является достоянием факультета.



На память со студентами 434 группы (23 ноября 1995 г.)



В. А. Носков со своими студентами третьего курса



Экскурсия на ТЭС-2, г. Ижевск, студенты 443 группы,  
(25 ноября 2016 г.)

## «ЕСТЬ В НАШЕМ ГОРОДЕ ИЖЕВСКЕ»

Есть в нашем городе Ижевске  
Такой отличный факультет.  
Друзья мои, вы мне поверьте,  
Такого не было и нет.

Электрофак – моя судьба!  
Я повторяю вновь и вновь,  
Что не забуду никогда  
Тебя, как первую любовь!

Теперь там учатся студенты,  
Такой особенный народ.  
Чтоб стать отличным инженером,  
«Грызут» науку круглый год.

Электрофак – моя судьба!  
Я повторяю вновь и вновь,  
Что не забуду никогда  
Тебя, как первую любовь!

Пришлось мне много потрудиться,  
Решать задачи, но потом  
К великой радости вручили  
Мне здесь желанный мой диплом.

Электрофак – моя судьба!  
Я повторяю вновь и вновь,  
Что не забуду никогда  
Тебя, как первую любовь!

Пройдут года, мои товарищи,  
Я здесь собратья вас прошу,  
Под звуки старых наших песен  
Я вновь слова произнесу.

Электрофак – моя судьба!  
Я повторяю вновь и вновь,  
Что не забуду никогда  
Тебя, как первую любовь!

Пускай родная альма-матер  
Нам вечно светит, как звезда.  
Я мать родную не забуду  
Да и декана никогда.

Электрофак – моя судьба!  
Я повторяю вновь и вновь,  
Что не забуду никогда  
Тебя, как первую любовь!

*(В. А. Носков)*

Выражаем благодарность ученикам В. А. Носкова: Федорову Евгению Николаевичу, Державину Николаю Геннадьевичу, Бекмансурову Ильясу Ильдаровичу, Бякову Дмитрию Сергеевичу, Хакимову Марату Багдануровичу, Максимову Евгению Андреевичу, Пислегину Ивану Дмитриевичу, Вотинцеву Дмитрию Николаевичу, Касимову Ильясу Наилевичу, Мамаеву Дмитрию Евгеньевичу, Коньшеву Николаю Алимпиевичу, Федорову Алексею Леонидовичу, Дементьеву Вадиму Александровичу, Абальмову Андрею Васильевичу, Тимофеевой Ильмире Фаясовне, Красноперову Игорю Владимировичу, Кобелеву Сергею Леонидовичу, Салимханову Азату Мухамадиевичу, Решетниковой Ирине Валентиновне, Дресвянниковой Елене Владимировне, Шавкунову Михаилу Леонидовичу, Пантелеевой Ларисе Анатольевне, Кононову Андрею Викентьевичу, Дмитрию Николаевичу Г., Красноперову Василию Николаевичу, Пантюхину Ивану Васильевичу, Нурисламову Артуру, Ольге Владимировне С., Андрею Владимировичу С.

УДК 619:616-073.173-71:004.9

**П. Б. Акмаров<sup>1</sup>, Е. П. Акмаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Удмуртский ГАУ

<sup>2</sup>УдГУ

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖИВОТНЫХ**

Показана актуальность проблемы цифровой диагностики заболеваний животных. Описана суть новых технологий диагностики, основанных на применении цифровых электронных устройств, в частности фотоплетизмографов, которые позволяют оперативно контролировать производственные процессы в животноводстве и сделать труд работников отрасли высокоинтеллектуальным и престижным. Особое внимание уделено перспективам использования фотоплетизмографов в сочетании с компьютерной обработкой результатов исследования. Показаны перспективы развития предложенного метода и разработанного прибора в сельском хозяйстве России.

**Актуальность.** Российское сельское хозяйство в последние годы уделяет значительное внимание развитию цифровых технологий в различных направлениях, в том числе и в животноводстве [1]. Состояние здоровья и продуктивность животных при промышленном ведении животноводства находится в неразрывной связи, в первую очередь определяют эффективность работы отрасли. Однако рост продуктивности скота сдерживается большой заболеваемостью животных. Такие болезни, как гинекологические заболевания, желудочно-кишечные и респираторные заболевания наносят значительный ущерб животноводству.

В этих условиях требуется установление постоянного ветеринарного контроля состояния здоровья животных, что в полной мере может реализоваться при диспансеризации молочного скота. Болезни сердечно-сосудистой системы широко распространены, но в силу огромной компенсаторной способности сердца далеко не все из них проявляются выраженными симптомами и поэтому традиционными методами не диагностируются. Статистика

показывает, что любые болезни сердечно-сосудистой системы снижают продуктивность животных, задерживают рост и развитие молодняка. В связи с этим создание приборов для контроля состояния сердечно-сосудистой системы животных является важной задачей.

Совершенно недостаточная номенклатура диагностических средств у ветеринарного врача, а во многих случаях и полное отсутствие, ведет к субъективной визуальной оценке состояния животных и снижения качества ветеринарного контроля и нередко сопровождается ошибкой.

**Материалы и методы.** При обработке материалов использовались описательные методы для анализа трудов ученых в выбранном направлении, методы статистики для оценки тенденций и закономерностей, методы прогнозирования и моделирования для определения перспективы развития цифровизации отрасли.

Как показывают исследования ученых [3–5], цифровые технологии в аграрном производстве развиваются очень быстро в последние годы и имеют огромные перспективы применения в связи с цифровой трансформацией отрасли (табл. 1).

Таблица 1 – Уровень развития цифровых технологий в сельском хозяйстве России (процент применения в сельскохозяйственных организациях)

Вид технологии	Всего	Растениеводство	Животноводство
Цифровые технологии в целом	23,0	21,0	24,0
Широкополосный интернет	74,3	67,4	76,1
Облачные сервисы	20,9	18,7	20,1
ERP-системы	5,5	6,4	7,1
Электронные продажи	8,3	7,0	1,6
RFID-технологии	5,5	6,7	7,2

Предметом наших исследований является измерительно-вычислительное устройство для фотоплетизмографических обследований животных, позволяющее определить физиологические показатели организма, связанные с деятельностью сердечно-сосудистой системы. Данный метод исследования имеет ряд преимуществ перед электрокардиографией, реографией и др., а именно:

- возможность работы в условиях повышенной влажности окружающей среды и потоотделения кожных покровов;
- отсутствие электрических воздействий на биологический объект;

– возможность регистрации без сдавливания сосудов, что не нарушает кровообращения.

**Результаты исследований.** Фотоэлектрической плетизмографией (ФПГ) называется регистрация изменений светопроницаемости органа или части тела, связанных с изменениями степени их кровенаполнения. Светопроницаемость различных частей тела определяется светопроницаемостью мягких тканей и светопроницаемостью крови, заполняющей кровеносные сосуды. Причем вторая составляющая является переменной. Причины изменений проницаемости белого света через ткани органа можно свести к двум основным переменным факторам: объему крови в данном участке тела и степени насыщения ее кислородом. Избавиться от влияния на проницаемость тканей органа изменений насыщения крови кислородом можно, выбрав область спектра с длинами волн, которые поглощаются оксигемоглобином и восстановленным гемоглобином крови в одинаковой степени. В узких областях спектра с длиной волн 0,34; 0,38; 0,43; 0,53; 0,56; 0,58; 0,94 мкм поглощение света оксигемоглобином и восстановленным гемоглобином крови одинаково, поэтому они могут быть использованы в фотоплетизмографии. Но излучение с длинами волн менее 0,56 мкм в значительной степени поглощаются меланином кожи, что ослабляет мощность отраженного светового потока, регистрируемого устройствами для фотоплетизмографических исследований. Поэтому лучше использовать инфракрасный свет (длина волны 0,94 мкм).

Одной из задач устройств, работающих на методе фотоплетизмографии, является регистрация пульсовой кривой изменения кровенаполнения мелких артерий, капиллярного русла и мелких вен в течение сердечного цикла, по которой можно получить информацию о кровоснабжении исследуемой ткани и на основании этой информации диагностировать состояние животного.

Сегодня рынок фотоплетизмографов активно расширяется в связи со стремлением сельских товаропроизводителей поднять качество своего товара и уменьшить себестоимость. Здоровье сельскохозяйственных животных в большей степени влияет на качество и количество сельскохозяйственной продукции, в результате чего спрос на медицинскую технику для животных возрос. Но в нашей стране так и не налажено производство данной аппаратуры. Конечно, несколько лет назад производились устройства данного класса, собранные на электронной основе, но без использования средств микропроцессорной техники, и тем самым их на-

дѣжность зависела от надёжности электронных и механических компонентов их составляющих, к тому же они выполняли только одну функцию – вывод на бумагу фотоплетизмограммы. Они были громоздки и могли использоваться только в диспансере.

Изучая экономическую конъюнктуру и прогнозируя объем производства фотоплетизмографов, следует исходить из того, что жизненный цикл товара ограничен и имеет определенную структуру. Чтобы ускорить внедрение подобных приборов в производство, требуется их интеграция с другими элементами цифровых технологий [6]. Поэтому мы предлагаем использовать компьютерную технику и соответствующее программное обеспечение для автоматизированной обработки результатов измерений. Изучив опыт зарубежных аграрных организаций и передовых предприятий России, мы выявили тенденции развития соответствующего рынка. Результаты изучения потенциального спроса и предложения сведены в таблицу 2.

**Таблица 2 – Прогнозирование спроса, предложения и объема продаж фотоплетизмографов**

<b>Показатели</b>	<b>2020 г.</b>	<b>2021 г.</b>	<b>2022 г.</b>	<b>2023 г.</b>	<b>2024 г.</b>
Потенциальный спрос, ед.	10 000	30 000	95 000	110 000	125 000
Потенциальное предложение, ед.	200 000	150 000	200 000	200 000	250 000
Прогнозируемая цена, руб.	4726,43	5435,39	5707,16	5707,16	5435,39
Прогнозируемый объем продаж, ед.	10 000	30 000	90 000	100 000	120 000

Научно-техническая продукция, представляющая электронно-вычислительную технику и программное обеспечение, имеет свои особенности: наряду с многообразием – короткий жизненный цикл и быструю устареваемость.

Поэтому каждая российская организация-разработчик, желающая производить и реализовывать конкурентоспособную продукцию на инновационном рынке, должна быть заинтересована, с одной стороны, в прогрессивных и качественных проектах, а с другой – провести разработку в минимальные сроки, с минимальными затратами. Период жизненного цикла продукта не должен превышать пяти лет.

Разработанное устройство имеет широкие перспективы, так как, в конечном итоге, при его использовании в фермерских хозяйствах и ветеринарных службах можно значительно упростить труд ветеринаров и повысить качество выпускаемой продукции.

**Выводы и рекомендации.** Практическая реализация цифровых технологий в животноводстве позволяет существенно сократить затраты на производство и повысить эффективность отрасли [7]. В то же время они повышают культуру труда и привлекательность профессии животновода, делая эту работу высокоинтеллектуальной.

Применение компьютерной фотоплетизмографии в диагностике заболеваний животных является перспективным направлением повышения их продуктивности и основой эффективного производства, поэтому для обслуживания таких сложных приборов необходимо наращивать подготовку кадров, владеющих цифровыми компетенциями [2].

### Список литературы

1. Акмаров, П. Б. Перспективы цифровой трансформации аграрной экономики / П. Б. Акмаров, О. П. Князева // Современная аграрная экономика: концепции и модели инновационного развития: материалы I Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти д.э.н., профессора Л. М. Рабиновича, Казань, 25–26 февраля 2022 г. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 30–34.
2. Акмаров, П. Б. Комплексный подход к оценке качества профессионального образования / П. Б. Акмаров, О. П. Князева, С. А. Блохин // Наука Удмуртии. – 2017. – № 2 (80). – С. 171–182.
3. Индикаторы инновационной деятельности: 2021: статистический сборник / Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева, К. А. Дитковский [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – Москва: НИУ ВШЭ, 2021.
4. Кравченко, Н. А. Цифровая трансформация аграрного производства как фактор выравнивания регионального развития / Н. А. Кравченко, П. Б. Акмаров, О. П. Князева // Наука Удмуртии. – 2022. – № 2 (97). – С. 154–161.
5. Оценка потенциала цифровизации АПК / П. Б. Акмаров, Д. А. Берестова, Г. Р. Алборов, Е. С. Третьякова // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Ижевск, 15–18 февраля 2022 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 116–119.
6. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.
7. Акмаров, П. Б. Эффективность использования производственных ресурсов коллективными хозяйствами (на примере хозяйств Удмуртской Республики) / П. Б. Акмаров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2002. – № 4. – С. 14–15.

**И. А. Баранова, А. И. Батурин,  
К. А. Батурина, И. О. Комаров**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

Рассмотрены проблемы электроэнергетики и решение этих проблем от создания математического описания каждого объекта до разработки современных электротехнических комплексов и систем, предусматривая их сложные условия эксплуатации и интенсификацию режимов работы. Предложено использование интеллектуальных систем на базе нейронных сетей для решения энергетических и электротехнических задач, включая предсказание нагрузки потребителей.

К основным задачам, которые необходимо решать для обеспечения требуемых режимов работы, надежности, долговечности, экономичности энергетического оборудования электротехнических комплексов и систем, относят следующее: управление, регулирование, контроль; оптимизация и обеспечение необходимой устойчивости; оперативная защита оборудования и безопасная работа; моделирование оборудования и процессов; диагностика и мониторинг [1–3]. Решение каждой из задач в сочетании с необходимостью получения оптимального результата в режиме реального времени с достаточно высоким быстродействием и качеством представляет определенную сложность. Кроме того, эти задачи являются взаимосвязанными, т. е. результат выполнения одних может быть использован в других, как показано на рисунке 1. Причем связь осуществляется через объект.

**Материалы и методы исследования.** Традиционно эти задачи решаются на основе принципа декомпозиции с математическим описанием каждого подобъекта или подсистемы в виде линеаризованных структур, описываемых, например, в форме Коши. При этом требуемое качество получают применением замкнутых структур с различными способами коррекции только в ограниченной области, присущей некоторым заранее обусловленным режимам.

В то же время особенностью современных электротехнических комплексов и систем являются: большое разнообразие используемого электроэнергетического оборудования; сложные условия эксплуатации и интенсификация режимов работы [4–6].

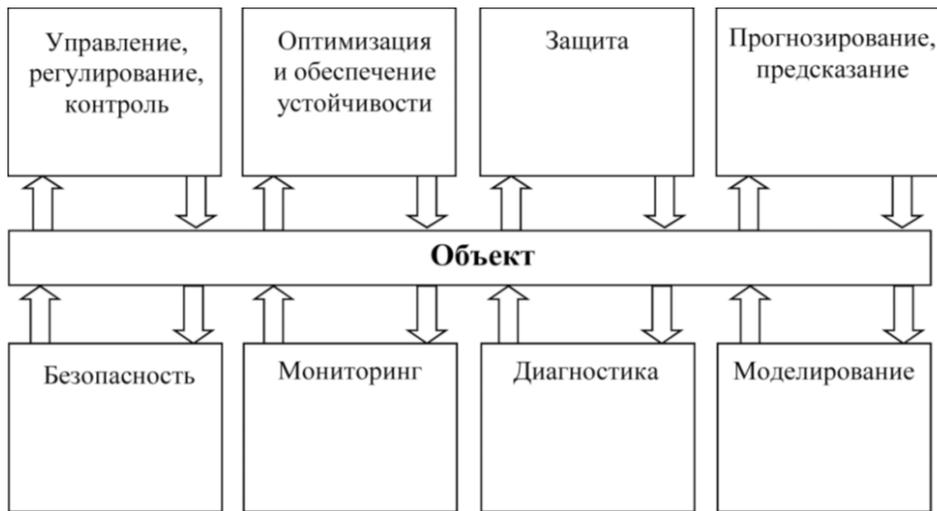


Рисунок 1 – Задачи эксплуатации электрооборудования

Это вызывает необходимость представления электротехнических комплексов в виде многоуровневой иерархической системы. При этом наличие четких (точных) целей и координирующих решений на каждом уровне контроля и управления и для каждого локального устройства регулирования затрудняет процесс координации и предопределяет длительный итеративный процесс согласования решений.

С другой стороны, составляющим реального электротехнического комплекса как управляемого динамического объекта присущи различного рода неопределенности. В большинстве случаев эти неопределенности обусловлены [7]:

- 1) низкой точностью оперативной информации, получаемой с объектов управления;
- 2) неточностью моделей объектов контроля и управления, вызванных неэквивалентностью решений системных многоуровневых иерархических моделей и используемых на практике отдельных локальных задач;
- 3) отказами каналов связи, большим запаздыванием при передаче информации по уровням управления;
- 4) отсутствием возможности замеров параметров во всех точках технологического процесса, необходимых для моделей.

Наличие такого вида неопределенности вызывает неточность в задании переменных величин в моделях, начальных и граничных условий.

Неточность моделей может возникать из-за неверно проведенной декомпозиции общей задачи управления; излишней идеализации модели сложного процесса; разрыва существенных свя-

зей в технологическом комплексе; линеаризации; дискретизации; замены фактических характеристик оборудования паспортными; нарушениями допущений, принятых при выводе уравнений (стационарности, изотермичности, однородности и т.д.).

Необходимость работы в этих условиях затрудняет использование стандартных систем автоматики, поэтому крайне важной представляется возможность использования для описания и формализации областей допустимых режимов работы оборудования нечеткой модели на базе нейронных сетей (НС) [8, 9].

НС системы управления объектом представлена в рамках следующей структуры закона управления:

$$u(k) = NC(y(k), y(k-1), u_r(k));$$

$$t_{k+1} = t_k + \Delta, \Delta = 0,1 \text{ с},$$

где  $NC(\dots)$  – осуществляемое нейронной сетью функциональное преобразование;

$u_r$  – сигнал задания (уставка) НСУ;

$\Delta$  – шаг дискретизации системы управления.

На рисунке 2 представлена схема НСУ на базе нейроконтроллера. На его входной слой поступают сигналы внешнего задания  $u_r(k)$  и обратной связи по выходу объекта  $y(k)$  на  $k$ -м шаге, а также задержанный сигнал обратной связи  $y(k-1)$  на предыдущем шаге. Выходной нейрон нейроконтроллера формирует сигнал управления на  $k$ -м шаге  $u(k)$ .

Полученные по рисунку 2 результаты позволяют применять данную технологию в управлении нелинейными динамическими объектами путем создания адаптивной СУ.

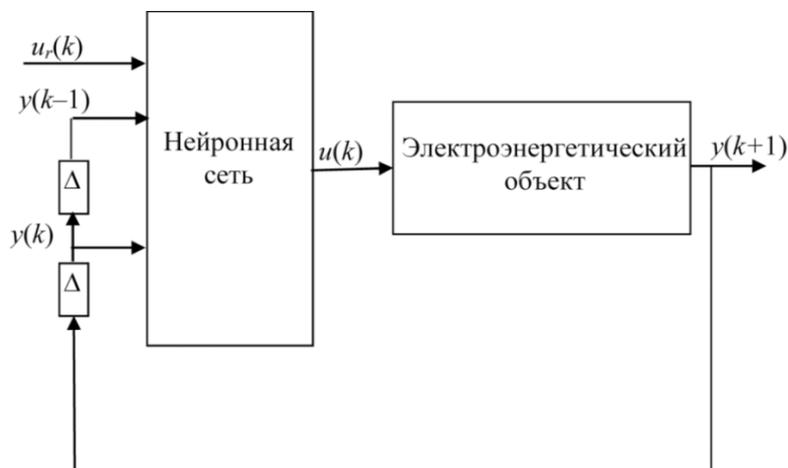


Рисунок 2 – Схема дискретной нейронной сети

Задача управления состоит в том, чтобы уже в процессе функционирования определить закон регулирования, обеспечивающий оптимальное поведение объекта. Для решения этой задачи в дополнение к основному контуру в систему управления вводится контур адаптации (рис. 3).



Рисунок 3 – Общая схема адаптивной системы управления

Для оптимального управления в условиях неопределенности адаптацию можно отождествить с оптимизацией в условиях недостаточной априорной информации.

**Результаты исследования.** Предсказание нагрузки потребителей с помощью нейронной сети. Для предсказания нагрузки энергетического потребления выбран массив данных энергопотребления за 14 лет, из которого формируется структура данных из шести столбцов, где столбец 0 – среднесуточное потребление, 1 – год, 2 – номер дня в году, 3 – выходной день (0) или рабочий (1), 4 и 5 – двоичное кодирование времени года – зима (11), весна (01), лето (00), осень (10). Далее формируется массив обучающей выборки за 12 лет как зависимости от 4 предшествующих дней текущего периода и 4 предшествующих дней 3 предшествующих лет, от типа дня и от сезона, кроме того, учитываются високосные года. Таким образом, массив имеет 23 столбца, где столбец 0 – зависимая переменная  $Y$ , и 22 столбца – независимые переменные  $X$ . Последними шагами являются построение нейросети в соответствии с возможным подбором параметров, изложенным в её обучение и прогнозирование энергопотребления на два года. Выходные, учитываемые в данной модели нейросети, брались два раза – празд-

ники РФ и даты, празднуемые в Польше, для сравнения с аналогом, предсказывающим нагрузки Польской электроэнергетической системы: 1 января, 6 января, 1 мая, 3 мая, 15 августа, 1 ноября, 11 ноября, 25–26 декабря – это необходимо учитывать для достижения максимальной точности предсказания. Наиболее полное исследование было проведено по данным 2002–2015 гг. с формированием обучающей выборки 2005–2013 гг., прогнозом на 2014–2015 гг. с его последующей сверкой с фактическими данными. Построение нейронной сети проводилось на языке «Python». На рисунке 4 изображена структура разработанной модели нейросети.

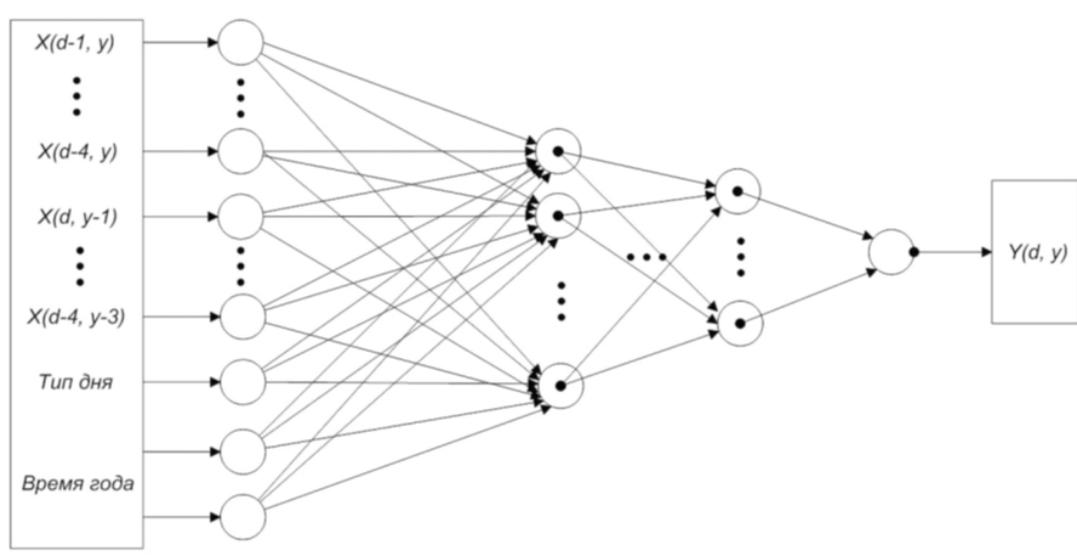


Рисунок 4 – Структура персептронной нейросети для прогнозирования энергопотребления

**Выводы.** В настоящее время метод ИНС активно используется для решения следующих энергетических и электротехнических задач: предсказание нагрузки потребителей; управление потоками электроэнергии в энергетических сетях и системах; обеспечение максимальной мощности электродвигателей, генераторов; регулирование напряжения силовых трансформаторов; диагностика энергосистем с целью определения неисправностей; оптимизация размещения датчиков для контроля безопасности энергосистем; мониторинг безопасности энергосистем; обеспечение защиты трансформаторов; обеспечение устойчивости, оценка динамического состояния и диагностика генераторов; управление турбогенераторами; управление сетью генераторов; управление мощными переключательными системами; диагностика и мониторинг нагрева трансформаторов.

## Список литературы

1. Разработка системы автоматического управления электрооборудованием для реализации энергосберегающих электротехнологий / Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, И. А. Баранова [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 6 (85). – С. 36–49.
2. Энергосберегающее оборудование и расчет его параметров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. А. Баранова, К. С. Иксанова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 2 (129). – С. 56–64.
3. Определение числовых значений экстерьера с использованием мобильных систем и информационных технологий / И. А. Баранова, С. Д. Батанов, О. С. Старостина [и др.] // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 3 (47). – С. 16–20.
4. Анализ современных технологий по передаче электрической энергии, позволяющих более эффективно использовать существующих линий / О. Н. Головова, С. Б. Голдобина, А. И. Батулин, К. А. Батурина // Безопасность в электроэнергетике и электротехнике: материалы Всерос. студенческой научной конф., посвященной 90-летию УГПИ-УдГУ, Ижевск, 23 апреля 2021 г. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2021. – С. 93–96.
5. Баранова, И. А. Разработка математической модели поддержания микроклимата в коровнике в теплое время года / И. А. Баранова // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Ижевск, 15–18 февраля 2022 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 252–256.
6. Баранова, И. А. Светодиодное освещение птичника с программой регулирования / И. А. Баранова, Т. А. Широбокова, И. М. Новоселов // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 5 (120). – С. 42–52.
7. Ахметьянов, Р. Р. Задачи прогнозирования энергопотребления в интегрированной АСКУЭ Новосибирского научного центра / Р. Р. Ахметьянов, Л. А. Делегодина, Н. П. Копылова [и др.] // Энергосбережение. – 2007. – № 1. – С. 42–47.
8. Никитин, Ю. Р. Применение нейронной сети для диагностирования подшипниковых узлов / Ю. Р. Никитин, И. А. Зыкина // Нейроинформатика-2010: XII Всероссийская научно-техническая конф.: сборник научных трудов: [в 2 ч.] / Российская акад. наук [и др.]; [отв. ред. О. А. Мишулина]. – Москва: МИФИ, 2010. – С. 13.
9. Зыкина, И. А. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования шпиндельного узла / И. А. Зыкина, Ю. Р. Никитин // К компетенциям – через инноватику: материалы II Научно-исследовательской конф. студентов, магистрантов и аспирантов факультета «Управление качеством» ИжГТУ, Ижевск, 02–03 апреля 2009 г. / Под общ. ред. В. С. Клековкина. – Ижевск: ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2009. – С. 50–56.

**И. А. Баранова, А. И. Батурин, К. А. Батурина**  
*Удмуртский ГАУ*

## **РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА**

Предложена модель диагностирования подшипникового узла на основе нейронной сети. Выбраны входные и выходные данные, предназначенные для обучения и тестирования нейронной сети. Модель диагностики подшипникового узла предусматривает обработку входного сигнала, полученного с вибродатчика, по закону преобразования Фурье. Выходной сигнал представляет собой числовые значения 0 или 1, что говорит об отсутствии или наличии дефекта, соответственно.

Основными интересными на практике возможностями нейронных сетей являются быстрые алгоритмы обучения, возможности работы при наличии большого числа неинформативных, шумовых входных сигналов, возможности работы со скоррелированными независимыми переменными, с разнотипной информацией, одновременное решение нескольких задач на едином наборе входных сигналов [1–4].

Одним из перспективных направлений использования нейронных сетей является диагностирование узлов мехатронных систем. Мехатронные системы состоят из механических, электронных, электромеханических и электронных узлов. Требуется единый математический аппарат для обработки информации разной природы, поэтому для решения задач диагностики и мониторинга в наибольшей степени подходят нейронные сети.

**Объект исследования.** Для комплексной диагностики может быть применена нейронная сеть, которая состоит из модулей, соответствующих каждому узлу мехатронной системы. Каждый модуль обрабатывает полученную информацию по своим диагностическим параметрам.

Так как подшипниковые узлы чаще всего выходят из строя и оказывают большое влияние на вибрацию, точность, надежность и являются самым распространенным узлом в механических и электромеханических устройствах, например, в приводах подач, револьверных головок и т.д., то в связи с этим актуальной задачей является диагностика подшипниковых узлов.

**Целью работы является** создание модели диагностики подшипникового узла на базе нейронных сетей. Для достижения цели необходимо решить ряд **задач**:

1. Проанализировать часто возникающие дефекты подшипникового узла.
2. Создать математическую модель диагностирования дефектов подшипникового узла.
3. Создать систему обработки данных.
4. Подготовить обучающую и тестовую выборки для обучения нейронной сети.

**Методы исследования.** Входными характеристиками нейронной сети являются частота сигнала и амплитуда этого сигнала, так как в методе по спектру вибросигнала наличие той или иной частотной составляющей в спектре говорит о возникновении соответствующего дефекта, а амплитуда – о глубине дефекта [5]. Следовательно, на вход подаются информативные параметры подшипникового узла – ими являются частота и амплитуда вибраций, определяемых по частотному спектру. Далее эти данные обрабатываются и находятся весовые коэффициенты. На выходе получается величина дефекта, выражена в числовой форме.

При создании модели диагностирования подшипникового узла были определены те частоты, при которых наиболее вероятно проявляются различные дефекты подшипника [6, 7]:

- 1) частота вращения сепаратора  $f_{cen}$ ;
- 2) частота перекатывания тел качения по наружному кольцу  $f_n$ ;
- 3) частота перекатывания тел качения по внутреннему кольцу  $f_{тк-вк}$ ;
- 4) температурный показатель нагрева колец подшипника  $t_{под}$ .

Для того чтобы разложить имеющиеся измерения в частотный спектр и выявить все амплитуды тех частот, на которых происходит подпрыгивание вала, был применен метод быстрого преобразования Фурье.

Далее после разложения частотного спектра была использована нейронная сеть для определения дефектов.

**Результаты исследований и обсуждение.** В данной работе выбрана сеть Розенблатта, которая имеет алгоритм обратного распространения ошибки, т.к. она позволяет минимизировать ошибку работы многослойного перцептрона. Обучение нейронной сети осуществляется с помощью учителя, т.к. нейронная сеть должна сама

распознавать все остальные состояния подшипника, основываясь на выборку обучения. Таким образом, достаточно просто определить «необучаемость» сети, в случае ошибок изменить выборку и получать готовые, достоверные результаты по диагностике подшипника. Наличие ассоциативной памяти не требуется, т.к. не важно, будет ли сеть запоминать связи между нейронами или нет, необходимого результата можно добиться и на модели «черный ящик».

Для возможности применения метода обратного распространения ошибки передаточная функция нейронов должна быть дифференцируема, поэтому в качестве функции активации выбрана экспоненциальная сигмоида.

При создании модели диагностирования подшипника особое внимание было уделено выбору количества нейронов и слоев. Если в сети слишком мало нейронов или слоев, то сеть не обучится, что ведет к существенной ошибке. Если нейронов или слоев слишком много, то быстродействие сети будет низким, потребуется много памяти, и, с большой долей вероятности, выходной вектор будет содержать шум или ошибочные данные, теряется однозначная зависимость между входными и выходными данными. В таком случае затрудняется обучение сети.

Для подготовки данных для входа и выхода было использовано масштабирование, которое позволяет привести данные в допустимый диапазон. Без применения масштабирования нейроны входного слоя окажутся в постоянном насыщении или все время будут заторможены, что сильно снижает точность [8].

В связи с тем, что решаемая задача однозначна, на вход подаются информативные данные, на выходе выдается процент ошибки, весовые коэффициенты необходимо вычислить. В процессе обучения используются четыре слоя: один входной, два скрытых для присвоения весовых коэффициентов (учитывая ошибку обучения сети, которую можно задать самостоятельно) и вычисления выходных параметров с учетом весовых коэффициентов, один выходной, а далее, как только сеть обучится (ошибка станет равной 0), – три слоя: один входной, скрытый и выходной слой.

На рисунке 1 представлена нейронная сеть, определяющая состояние подшипникового узла.

На рисунке 1 слой X представляет собой входной слой; слой S – слой формирования весовых коэффициентов; слой A – слой нейронной сети для расчета значения, учитывая полученные веса, после обучения данный слой становится выходным.

$$A_i = W1_i \times X1 + W2_i \times X2 + W3_i \times X3 + W4_i \times X4 + W5_i \times X5, i = 1...5, \quad (1)$$

слой  $Y$  – выходной слой в процессе обучения;  
 $W_i$  – веса, присвоенные нейронной сетью;  
 $a$  – коэффициент скорости обучения нейронной сети;

$$\frac{d(W_j)}{dt} = a \times X_j \times err_j, \quad (2)$$

где  $err_j = X_j - A_j$  – ошибка сети [9].

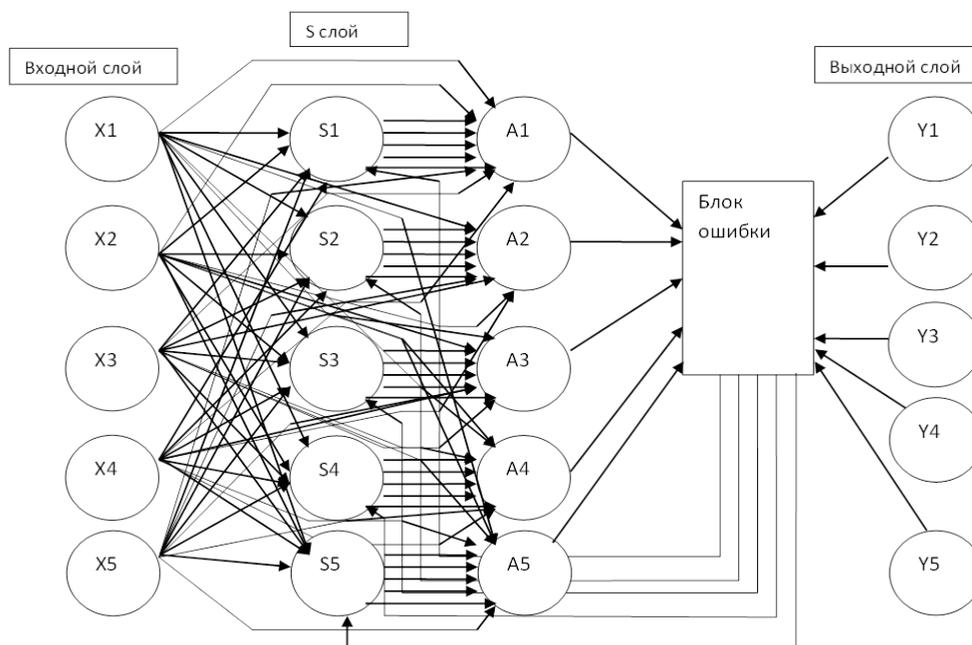


Рисунок 1 – Нейронная сеть диагностики подшипникового узла на этапе обучения

Для разработки нейронной сети диагностики состояния подшипникового узла были использованы алгоритмы обучения Розенблатта и Уидроу-Хоффа [9]. Алгоритм обучения нейронной сети представлен на рисунке 2.

Примеров обучения нейронной сети должно быть не много и не мало, достаточно для того, чтобы обучить нейронную сеть. Примеров должно быть не меньше, чем число входных данных. Чем больше примеров будет, тем данные будут неоднозначны, до определенного значения будет отклонение в норме, а после – уже выходить за пределы требуемых величин. Также на отклонение влияют и погрешности обработки данных. При обучении сети

встречается такой параметр, как точность обработки результатов. Можно задать и до 0,00001 точности, но для этого потребуется больше времени на обработку данных, и сеть может зациклиться. Для того, чтобы сеть обеспечивала заданную точность, нужно исходить из требований к выходным параметрам [7]. В данном случае отклонение от обучающих выходных параметров может колебаться в незначительном диапазоне до 5 %.

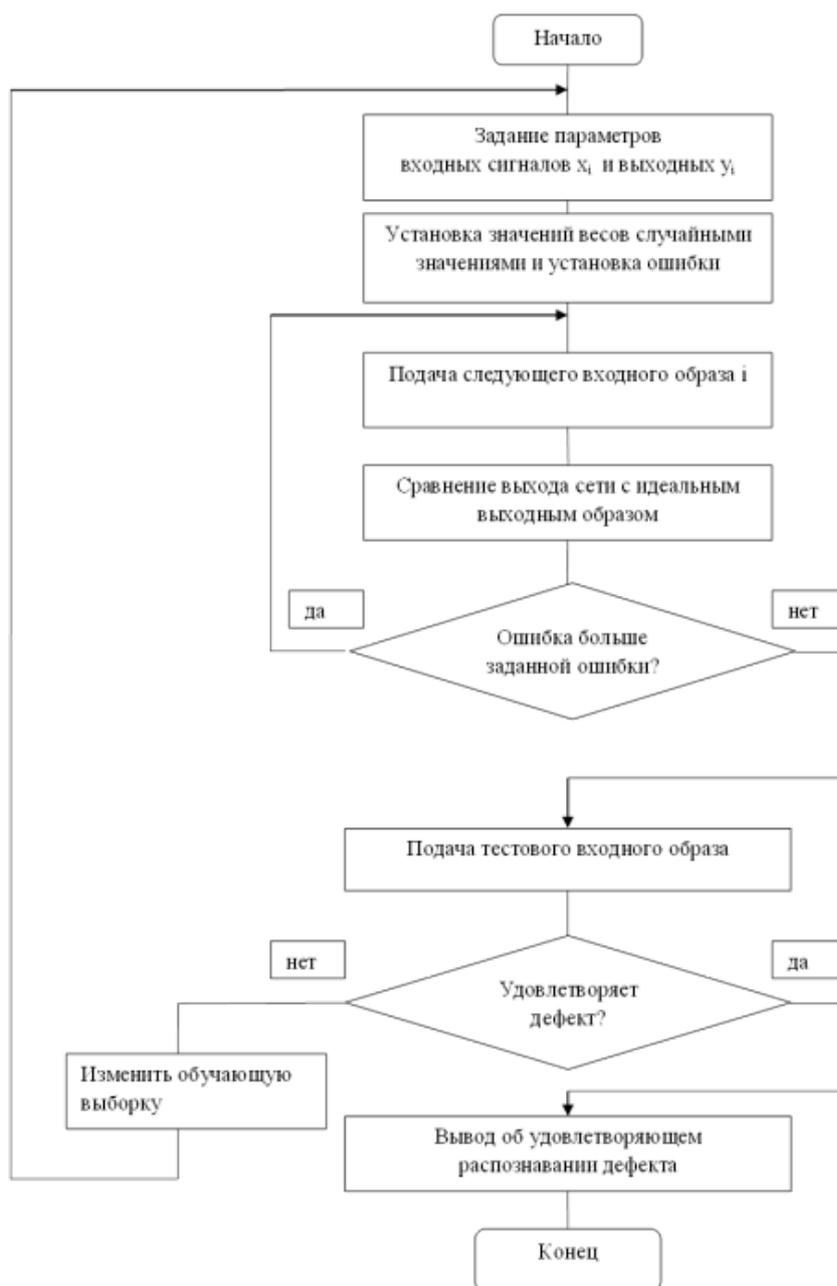


Рисунок 2 – Схема алгоритма обучения Уидроу-Хоффа нейронной сети

Рекомендуется при тестировании нейронной сети задавать 3 слоя: 1 входной, 1 выходной и 1 скрытый слой. Количество ней-

ронов во входном слое – 8, что соответствует частоте вращения и соответствующей ей амплитуде каждого конструктивного элемента подшипника: сепаратора, наружного кольца, внутреннего кольца, тел качения. Количество нейронов в выходном слое – 4 или 1 в зависимости от целевого поля, либо информация выдается о каждом конструктивном элементе подшипника в отдельности, либо об общем состоянии подшипника.

**Выводы.** Предложена методика диагностирования шпиндельного узла на наличие распространенных дефектов. Разработана нейронная сеть Розенблатта обратного распространения ошибки для диагностирования подшипникового узла. Модернизирован алгоритм обучения данной нейронной сети, выбрана конфигурация: количество слоев, нейронов, функция активация, объем выборки обучения нейронной сети. Разработана модель нейронной сети в процессе обучения.

#### Список литературы

1. Никитин, Ю. Р. Применение нейронной сети для диагностирования подшипниковых узлов / Ю. Р. Никитин, И. А. Зыкина // Нейроинформатика-2010: материалы XII Всерос. научно-технической конф. [в 2 ч.] / Российская акад. наук [и др.]; [отв. ред. О. А. Мишулина]. – Москва: МИФИ, 2010. – С. 13.
2. Разработка системы автоматического управления электрооборудованием для реализации энергосберегающих электротехнологий / Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, И. А. Баранова [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 6 (85). – С. 36–49.
3. Определение числовых значений экстерьера с использованием мобильных систем и информационных технологий / И. А. Баранова, С. Д. Батанов, О. С. Старостина [и др.] // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 3 (47). – С. 16–20.
4. Анализ современных технологий по передаче электрической энергии, позволяющих более эффективно использовать существующие линии / О. Н. Головова, С. Б. Голдобина, А. И. Батулин, К. А. Батурина // Безопасность в электроэнергетике и электротехнике: материалы Всерос. студенческой научной конф., посвященной 90-летию УГПИ-УдГУ, Ижевск, 23 апреля 2021 г. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2021. – С. 93–96.
5. Системы виброзащиты, виброконтроля и вибродиагностики промышленного оборудования / Е. Н. Ишметьев, Д. В. Чистяков, А. Н. Панов [и др.] // Электротехнические системы и комплексы. – 2019. – № 1 (42). – С. 67–73.
6. Моргалик, Б. М. Виброакустический контроль состояния элементов подшипников качения / Б. М. Моргалик, А. П. Прудников, Д. М. Ковалев // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2022. – № 3 (76). – С. 60–68.

7. Зыкина, И. А. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования шпиндельного узла / И. А. Зыкина, Ю. Р. Никитин // К компетенциям – через инноватику: материалы II Научно-исследовательской конф. студентов, магистрантов и аспирантов факультета «Управление качеством» Ижевского государственного технического университета. Ижевск, 02–03 апреля 2009 г. / Под общ. ред. В. С. Клековкина. – Ижевск: ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2009. – С. 50–56.

8. Астафьева, В. В. Разработка математической модели нейронной сети / В. В. Астафьева // Молодой ученый. – 2016. – № 19 (123). – С. 1–4.

9. Зуев, В. Н. Модифицированный алгоритм обучения нейронных сетей / В. Н. Зуев, В. К. Кемайкин // Программные продукты и системы. – 2019. – № 2. – С. 258–262.

УДК 004:631.145

**И. Я. Корепанов, Н. П. Кондратьева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Рассмотрены области применения цифровых технологий в агропромышленном комплексе, в том числе более подробно описаны принципы использования цифровых инструментов, а также затронут вопрос об использовании фермерами в современном сельском хозяйстве методов цифровизации и оценка их эффективности.

**Введение.** Цифровые технологии (от лат. Digital technology) – технологии со своим программным обеспечением, которые созданы с помощью вычислительной техники.

Агропромышленный комплекс – межотраслевой комплекс, объединяющий все отрасли хозяйства, принимающие участие в производстве сельскохозяйственной продукции, доводимой до конечного потребителя. Сельское хозяйство, как отрасль экономики, направленная на обеспечение населения продовольствием и получение сырья для ряда отраслей промышленности, является одной из важнейших, представленной практически во всех странах мира. В мировом сельском хозяйстве занято около 1 млрд экономически активного населения (ЭАН). От состояния данной отрасли зависит продовольственная безопасность каждого государства.

**Актуальность.** Для увеличения урожайности и сроков выращивания различных сортов растений фермеры всегда собирают и оценивают большие объемы данных в каждом вегетационном периоде: посаженные сорта семян, используемые ресурсы, количество урожая и т.д. Сегодня рост науки о данных и появление цифровых технологий предоставляют фермерам множество новых данных, которые они могут использовать для улучшения процесса выращивания и урожайности своей продукции.

**Цель и задачи.** Цифровизация в сельском хозяйстве позволяет в несколько раз увеличить продуктивность труда. Кроме того, новые технологии способствуют значительному росту уровня производства сельскохозяйственной продукции, быстрому росту уровня ее качества. Подобные процессы имеют прямую связь с применением в предоставленной отрасли индустриальных технологий, а также совершенствования планирования и управления.

**Объект и методы.** Удаленные датчики, спутники и беспилотные летательные аппараты (обычно называемые «дронами») постоянно собирают данные, отслеживая здоровье растений, почвенные условия, температуру, использование азота и многое другое. Затем инструменты искусственного интеллекта (ИИ) анализируют эти данные с высокой скоростью и передают их фермерам в виде полезных идей, позволяя им принимать критические и своевременные решения.

Сегодня новые цифровые инструменты уже помогают фермерам получить доступ к новым знаниям, чтобы использовать беспрецедентные возможности для своих ферм, своих сообществ и нашей планеты. Имея под рукой всю мощь этих данных, фермеры также могут оперативно решать возникающие проблемы, с которыми мы сталкиваемся постоянно, будь то помощь в обеспечении глобальной продовольственной безопасности, борьба с изменением климата или сохранение ценных природных ресурсов. К такому инструментарию можно отнести:

1. Платформы для цифрового земледелия.

Цифровые приложения позволяют фермерам собирать и анализировать огромные объемы данных со своих полей, чтобы принимать более обоснованные решения, которые также могут улучшить урожай. Эта цифровая платформа дает полную картину того, что происходит на поле, чтобы фермеры могли наилучшим образом использовать свои ресурсы. Благодаря такому пониманию фермеры знают, когда сажать нужный продукт, в каком месте, в какое

время и в каком количестве. Помимо предоставления отдельным растениям того, что им нужно для процветания, эта точность также помогает фермерам экономить свои ресурсы, сокращать расходы и экономить драгоценное время, которое они могут посвятить другим аспектам своей работы.

## 2. Умные дроны.

Беспилотные летательные аппараты поднимают сельское хозяйство на новые высоты, предоставляя фермерам ценные новые перспективы в их деятельности. Многие из этих беспилотных летательных аппаратов даже оснащены специальной технологией визуализации, которая может предоставить важную информацию о состоянии растений по всему полю. Эти мультиспектральные камеры могут выявить, когда растения подвергаются воздействию различных степеней стресса, например, вредителей, болезней или засухи, прежде чем это будет видно невооруженным глазом. Только это понимание позволяет фермерам устранять каждую угрозу до того, как она возникнет.

## 3. Полевые датчики почвы.

Здоровая почва – основа для процветания сельскохозяйственных культур. Вот почему датчики почвы становятся все более важным инструментом на ферме. Эта запатентованная цифровая технология позволяет фермерам отслеживать подробное состояние почвы, например, влажность и уровень питательных веществ, – и все это в режиме реального времени. Используя геолокацию, эти датчики в полевых условиях позволяют фермерам экономить больше воды и других ресурсов, точно зная, где применять конкретные ресурсы, чтобы не тратить их впустую на растения, которые в них не нуждаются.

## 4. Анализ данных и искусственный интеллект.

Цифровые инструменты продвигают сельское хозяйство даже за пределы фермерских полей. Прорывы в области искусственного интеллекта ускоряют темпы и успех инноваций в селекции растений благодаря точному прогнозированию генетических результатов во время испытаний. В сочетании с другими инновациями ИИ это помогает быстрее разработать более устойчивые решения.

## 5. Умные комбайны.

Интернет вещей (IoT) все чаще используется на ферме. Например, умные комбайны могут невероятно эффективно использовать коллективную информацию, которая синхронизируется с дру-

гими устройствами во все более цифровой экосистеме. Оснащенные собственными датчиками, которые собирают большие объемы данных, умные комбайны помогают фермерам оптимизировать использование ресурсов. В частности, высокоточные сеялки объединяют данные GPS с исторической и прогнозной информацией о поле, чтобы посадить правильные семена на идеальную глубину, плотность и местоположение на поле, чтобы максимизировать шансы на прорастание в течение всего сезона. В результате этот высокоавтоматизированный процесс также помогает экономить топливо и сокращать связанные с этим выбросы углекислого газа.

**Результаты исследования и обсуждение.** Цифровое сельское хозяйство находится на переднем плане развития современного сельского хозяйства. Многие фермеры и ученые уже используют инновационные инструменты для измерения и анализа факторов, влияющих на сельское хозяйство, включая условия окружающей среды, генетику семян и наличие вредителей. В будущем эти технологии и данные еще больше повысят эффективность работы фермеров, позволяя им контролировать все районы и определять точные ресурсы, необходимые для процветания их культур.

Можно с уверенностью утверждать, что цифровизация является ключом к будущему сельского хозяйства, и развитие в этой отрасли использования ИИ и машинного обучения, безусловно, поможет фермерам достигать лучших урожаев в короткие сроки. Каждый шаг в данном направлении приближает нас к разработке сельскохозяйственных решений следующего поколения. Вот почему, используя науку о данных, можно добиться ускорения процессов исследований и разработок, обеспечения эффективности производства, операций и цепочек поставок, а также повышения удовлетворенности потребителей.

**Вывод.** В качестве итога можно сказать, что потенциал автоматизации, цифровых инструментов и данных очень велик и помогает оптимизировать работу агропромышленного комплекса, снизить воздействие на окружающую среду и улучшить качество выращиваемых растений. Таким образом, можно лучше выращивать семена, специально разработанные для культивирования в определенных регионах, климатических условиях и типах почв. Предоставляя фермерам эти новые наборы данных, можно создавать новые индивидуальные решения, которые наилучшим образом поддерживают решения, которые они принимают каждый день от посадки до сбора урожая.

### Список литературы

1. Баранова, И. А. Сравнение влияния различных режимов облучения на увеличение площади листьев меристемных растений статистическими методами / И. А. Баранова, Н. П. Кондратьева, А. И. Батури, К. А. Батурина // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 5. – С. 55–64.
2. Зайцев, Г. Н. История техники и технологий / Г. Н. Зайцев, В. К. Федюкин, С. А. Атрошенко. – Москва: Политехника, 2007. – 416 с.
3. Кондратьева, Н. П. Разработка ресурсо- и энергосберегающего электрооборудования для реализации энергоэффективных электротехнологий для воздействия на биологические объекты / Н. П. Кондратьева, Д. В. Бузмаков, А. С. Осокина [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2019. – № 3 (24). – С. 39–49.
4. Кондратьева, Н. П. Использование роботов с интеллектуальным техническим зрением для развития аграрной сферы / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая [и др.] // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2022. – С. 283–287.
5. Кондратьева, Н. П. Цифровые инновационные энергосберегающие технологии в АПК / Н. П. Кондратьева, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая [и др.] // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. научно-технической конф. – Ижевск, 2021. – С. 206–208.
6. Кондратьева, Н. П. Повышение надежности электроснабжения предприятий АПК от понижающих трансформаторов 6/0,4 кВ / Н. П. Кондратьева, А. А. Шишов, Р. Г. Большин, М. Г. Краснолуцкая // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 10. – С. 68–80.
7. Кондратьева, Н. П. Использование цифровых технологий для эффективного управления электротехнологическими облучательными установками / Н. П. Кондратьева, Ю. Х. Шогенов, Б. Г. Зиганшин, Р. З. Ахатов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 4. – С. 40–43.
8. Корепанов, И. Я. Инновационные технологии использования ультрафиолетового излучения в сельском хозяйстве / И. Я. Корепанов, П. А. Загуменова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2021. – С. 1250–1256.
9. Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, Л. Коник. – Москва: КомНьюс Групп, 2019. – 368 с.
10. Якушев, В. В. Точное земледелие: теория и практика / В. В. Якушев. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.
11. Kondrateva, N. Effect of irradiation on the growth and rooting of a climbing rose in vitro / N. Kondrateva, R. Bolshin, M. Krasnolutsckaya, A. Baturin, K. Baturina, N. Dukhtanova, N. Kirillin, S. Ovchucova, P. Zaitsev, E. Somova, M. Markova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". – 2021. – С. 012007.

12. Rudenok, V. A. The effect of synergism in seed treatment with electron-donor solution and UV irradiation / V. A. Rudenok, N. P. Kondrateva, N. I. Mazunina, O. S. Tikhonova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021". – 2022. – С. 012110.

УДК 631.171:[631.674:634.8](470.62)

**В. И. Орехова<sup>1</sup>, М. С. Карпенко<sup>2</sup>**

*<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ ВИНОГРАДНИКОВ НА КУБАНИ**

Анализируется использование автоматизированных систем полива на виноградниках. Результаты исследования подтверждают эффективность использования таких систем, способствующих повышению урожайности культур и сокращению потерь водных ресурсов.

**Цели и задачи.** Автоматизированные поливные системы позволяют значительно сократить эксплуатационные издержки и трудозатраты, а также поддерживать оптимальные параметры влажности почвы и гидравлические характеристики системы, что приводит к снижению расхода водных ресурсов за счет использования приборов и устройств.

**Результаты исследований и обсуждения.** Сельское хозяйство – это энергозатратный сектор экономики, который потребляет значительные объемы различных ресурсов, в данном случае водных и материальных, для производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Поэтому совершенствование технологий полива, оборудования и устройств позволяют получать высокие урожаи и, соответственно, экономически обоснованную прибыль.

Принятые на законодательном уровне рекомендации о развитии виноградарства и производства винной продукции в Краснодарском крае способствуют интенсивному развитию этой отрасли, следовательно, и усовершенствованию технологий полива, техническому оснащению с использованием автоматизированных

систем управления и регулирования основных гидравлических параметров.

В 90-х годах прошлого столетия практически все виноградники были выкорчеваны, уничтожен посадочный материал, утрачены местные сорта винограда. В настоящее время идет интенсивное восстановление и плантаций виноградников, и селекционной работы (закладка питомников). Вводятся огромные площади виноградников на Тамани, в Анапском и Темрюкском районах Краснодарского края, без полива и достижения оптимальной влажности почвы получение высоких урожаев невозможно, поэтому техническое оснащение и использование капельного орошения позволяют решить данную проблему.

Капельные систему полива полностью автоматизированы и контролируют гидравлические параметры в тесной взаимосвязи с климатическими условиями. Техническое совершенствование этих систем позволяет сохранять высокую урожайность виноградников. Используя автоматизированные системы полива с применением интернет-сервиса, контроль параметров можно отслеживать круглосуточно, регулируя их работу. Схема системы капельного полива (рис. 1) проста: датчик влажности подключен к микроконтроллеру (рис. 2), микроконтроллер – к реле (рис. 3), а реле – к водяному насосу. Все части соединены кабелями.

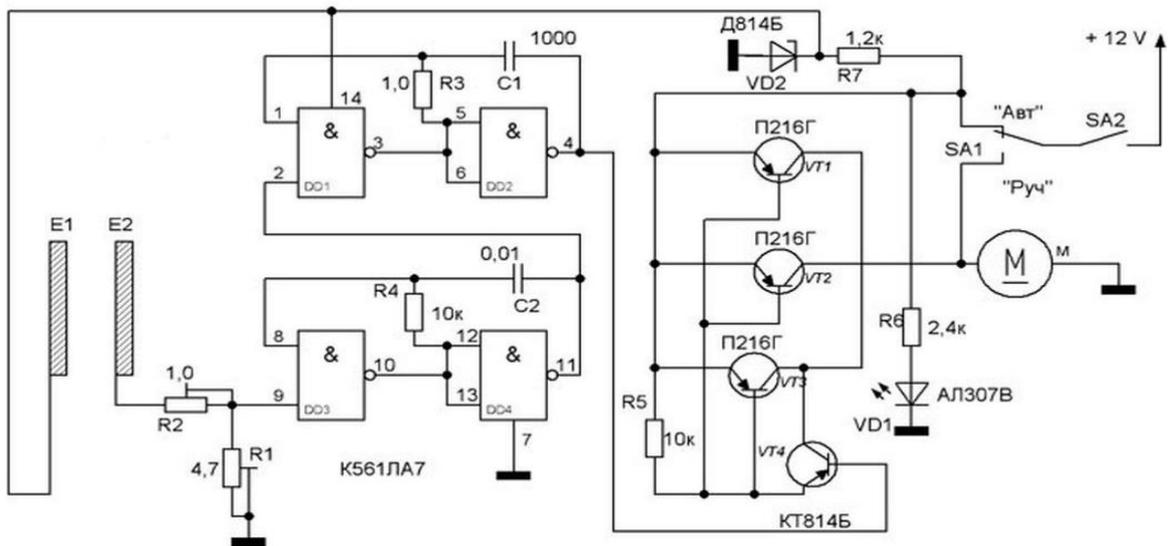


Рисунок 1 – Схема системы капельного полива

Датчик влажности почвы определяет и отправляет данные о влажности почвы на микроконтроллер. Если влажность ниже определенного порога, то микроконтроллер включает насос

для подачи воды, получающий электроэнергию от ЛЭП или солнечных батарей.

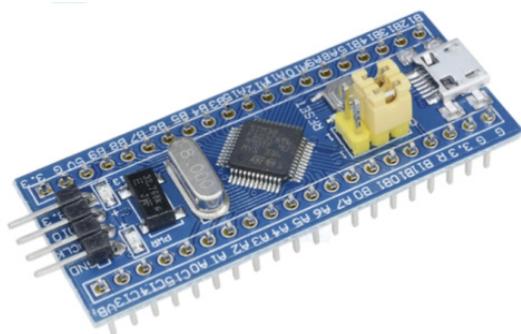


Рисунок 2 – Схема системы: микроконтроллер



Рисунок 3 – Схема системы: реле

Проведен анализ энергоэффективности использования солнечных батарей в интеллектуальных ирригационных системах. В работе "Solar Powered Smart Irrigation System" пришли к выводу, что использование солнечных батарей значительно увеличит инвестиции, но окупаемость составит в среднем 2,5 года в зависимости от климатического зонирования. Например, в Якутске срок окупаемости увеличится до десяти лет, это означает, что солнечные панели будут выгодны не во всех регионах.

В процессе эксплуатации выяснилось, что провода от датчика влажности к микроконтроллеру мешают проведению агротехнических мероприятий (вспашке междурядий). Эту проблему решили с помощью беспроводной передачи данных, использовали радиомодули на частоте 434 МГц для передачи данных о влажности. Использование низких частот снижает скорость передачи дан-

ных, но их передача осуществляется на большие расстояния с незначительными энергозатратами.

Внедрение цифровых технологий способствует созданию мобильных приложений, в которых операторы смогут устанавливать время полива в зависимости от изменения влажности почвы или включать принудительный полив, следить за объемом воды в резервуаре, отслеживать расходы поливной воды и т.д. Чтобы приложение могло отображать данные, автоматизированная система отправляет их непосредственно на телефон или в удаленную базу данных.

Также можно использовать модуль SIM900A для передачи данных в удаленную базу данных. Этот модуль позволяет работать с сетью GSM/GPRS для доступа в Интернет через SIM-карту. GSM позволяет совершать звонки и отправлять сообщения. GPRS – дополнение к GSM, позволяющее получить доступ в Интернет.

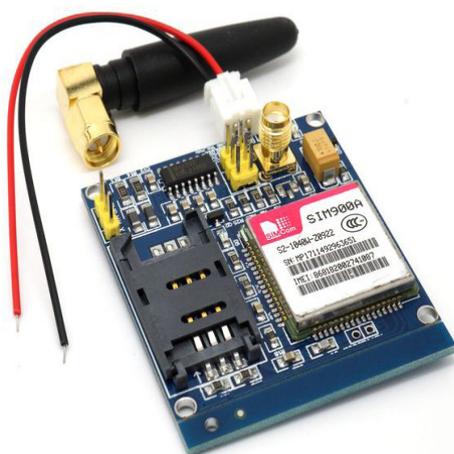


Рисунок 4 – GSM-GPRS модуль SIM900A

В этот модуль можно устанавливать обычную SIM-карту. Для таких систем был разработан стандарт NB IoT (Narrow Band Internet of Things), с этим стандартом появились SIM-карты, специально разработанные для IoT, которые имеют низкую скорость передачи данных. Этой скорости передачи данных достаточно для отправки данных о состоянии системы.

**Выводы.** Совершенствование технологий полива, использование инновационных материалов при производстве оборудования и устройств систем автоматизированного полива, использование сети GSM/GPRS для доступа в Интернет позволят эффективно контролировать и рационально расходовать природные ресурсы, экономия которых решает социально-экономические задачи.

### Список литературы

1. Попов, В. А. К проблеме компьютеризации агротехнологий / В. А. Попов, Н. В. Островский // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 42. – С. 165–171. – EDN QYZPSL.
2. Семерджян, А. К. Опыт проектирования и строительства систем капельного орошения в Краснодарском крае / А. К. Семерджян, А. В. Бень // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год: сборник статей по материалам 73-й науч.-практ. конф. преподавателей, Краснодар, 14 марта 2018 г. – Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2018. – С. 221–222. – EDN YWHNQL.
3. Авторское свидетельство № 1173077 А1 СССР, МПК F04F 7/02. Гидравлический таран: № 3700136: заявл. 09.02.1984: опубл. 15.08.1985 / Я. В. Бочкарев, А. К. Семерджян, Н. И. Пелюшенко; заявитель Кубанский Орден Трудового Красного Знамени сельскохозяйственный институт.
4. Патент № 2492519 С1 Российская Федерация, МПК G05D 9/00, A01G 25/16. Автоматизированный чековый водовыпуск для дискретного регулирования уровня Нижнего бьефа: № 2012107508/28: заявл. 28.02.2012: опубл. 10.09.2013 / В. Т. Островский, Н. В. Островский, В. В. Островский [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный аграрный университет». – EDN VVJEUQ.
5. Осадки сточных вод очистных сооружений г. Краснодара как удобрение для сельскохозяйственных угодий / А. К. Семерджян, В. И. Орехова, Л. Н. Кондратенко, Г. С. Варакин // Плодородие. – 2022. – № 4 (127). – С. 88–89. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.22. – EDN MDOMCF.
6. Авторское свидетельство № 1660631 А1 СССР, МПК A01G 25/00. Система внутрипочвенного орошения: № 4732487: заявл. 31.05.1989: опубл. 07.07.1991 / А. В. Сербинов, В. Т. Островский, А. К. Семерджян; заявитель Кубанский сельскохозяйственный институт. – EDN SGQMNW.

**Д. В. Стрелков, Л. А. Пантелеева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА**

В связи с непрерывным повышением требований к совершенствованию технологии производства молочной продукции проблема внедрения компьютерных технологий в молочной промышленности является актуальной. Целью исследований являлся анализ повышения качества молочной продукции путем применения компьютерных устройств. Представлены данные состояния и перспективы развития производства, а также отражены научные достижения компьютерных технологий, внедренных в отрасли.

**Актуальность.** Молочная промышленность – отрасль пищевой промышленности, занимающаяся производством молока и молочных продуктов, в последние годы существенно развивается во многих направлениях – от переработки молока до автоматизации процессов содержания и выращивания молочного скота [3, 4, 6, 9].

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632, одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства в России является реализация стратегии развития информационного общества на 2017–2030 гг., конкурентоспособных отечественных технологий производства высококачественных молочных продуктов, созданию необходимых условий для развития цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повышает конкурентоспособность страны [10].

Современная молочная промышленность позволяет достичь высоких показателей качества продуктов за счет широкого распространения информационных технологий в отрасли.

**Цель и задачи.** Целью данной работы является исследование эффективности повышения качества и объемов производства молочной продукции от внедрения компьютерных технологий. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- проанализировать состояние производства молочной продукции;
- выявить внутренние конкурентные преимущества и факторы конкурентного отставания отрасли;
- раскрыть внешние благоприятные и неблагоприятные факторы развития отрасли;
- исследовать и обобщить передовые практики производства;
- изучить современную научную базу и перспективные направления развития производства, современных технологий и технических средств.

**Объект и методы.** В России промышленное производство сырого молока распределено между следующими категориями:

- 55,5 % – объема производства пришлось сельхозорганизациям;
- 35,8 % – хозяйствам населения;
- 8,7 % – крестьянско-фермерским хозяйствам.

На рисунке 1 представлен график производства молока в России по категориям хозяйств в 1990–2020 гг.

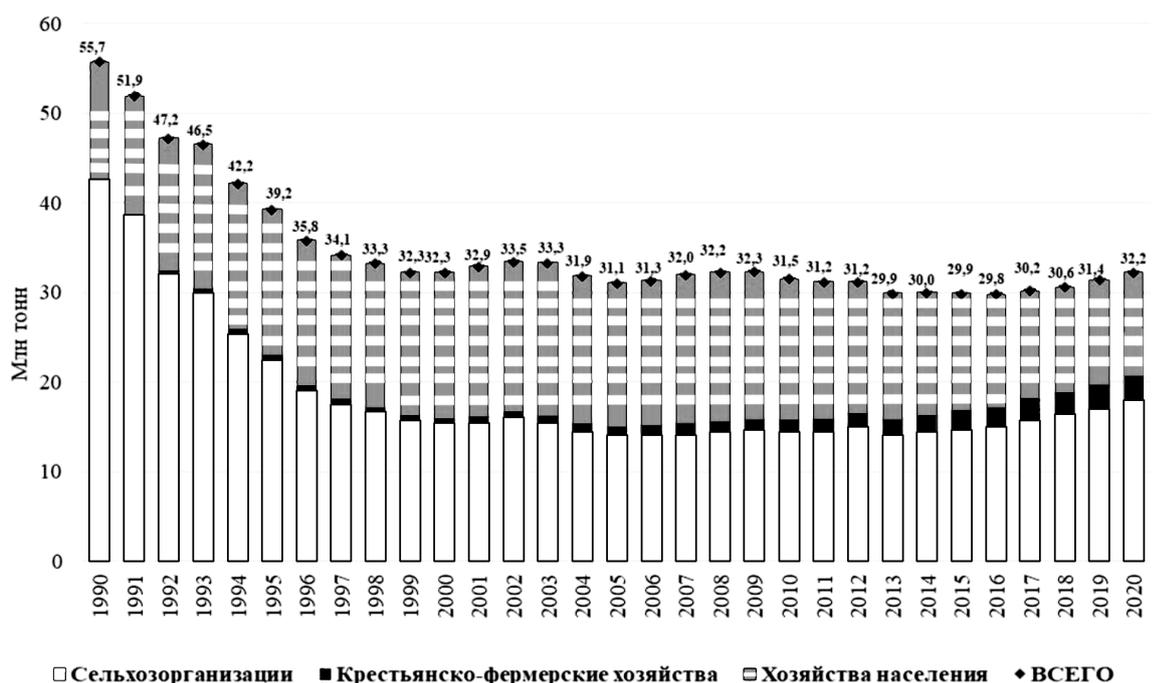


Рисунок 1 – Производство сырого молока в России

Наряду с увеличением количества молочных хозяйств продолжится развитие цифровых технологий и систем управления в животноводстве, что не менее значимо для молочной отрасли, поскольку использование информационно-компьютерных тех-

нологий позволяет увеличить объемы производимой продукции на 25–30 %. Нередко при строительстве крупные и новые молочные фермы оснащаются импортным оборудованием (GEAFarm, Lely, DeLaval, Full-wood), доля которого составляет до 80 % [5].

Действия и мероприятия со стороны государства по поддержке отечественных цифровых и информационных технологий дают большой потенциал для развития.

Одним из наиболее значимых факторов конкурентного отставания отечественной молочной промышленности является высокая зависимость от импортных материалов и оборудования. При производстве используется импортное сухое молоко и пальмовое масло, что позволяет производителям молочных продуктов выживать в условиях недостатка поставок сырого молока [8], что в значительной степени влияет на развитие российской промышленности.

Основными причинами наблюдаемого роста послужили инвестиционные вливания в отрасль и запуск новых производственных комплексов. По прогнозам экспертов, тренд роста объемов производства молока сохранится благодаря повышению интенсификации производства, вводу новых молочных комплексов в работу [2].

Из анализа состояния молочного производства выявили следующие особенности, в наибольшей степени влияющие на его развитие:

- Технологическая зависимость от иностранных поставщиков импортного оборудования при строительстве и реконструкции животноводческих комплексов.
- Поддержка государства.
- Внедрение и развитие цифровых технологий.
- Зависимость производства от импортного сырья.

Ради повышения конкурентоспособности проводятся работы по цифровизации, внедрению современной компьютерной техники.

Одним из важных элементов цифровизации является оборудование с программным обеспечением, которое позволяет отслеживать показатели, влияющие на здоровье животного и качество продукции. Полученные данные позволяют контролировать системы управления для создания оптимальных условий для животного (рис. 2).

При производстве молока необходимо учитывать физиологическое состояние животных, продуктивность и качество молока каждой коровы и их связь с количеством и качеством потребля-

емого корма, технологиями содержания и кормления, кратностью и способами доения, а также рядом других факторов, влияющих на эффективность предприятия [7].



Рисунок 2 – Схема технологических блоков цифровой молочной фермы

Параметры, которые можно регулировать, – температура, влажность, освещение, подача воды и пищи, вентиляция и др.

Возможные улучшения при развитии цифровых технологий:

- применение датчиков и программ для оценки состояния здоровья животного;
- датчики для контроля качества продукции в доильных установках;
- датчики для наблюдения за физиологическим состоянием животного.

Возможные улучшения при развитии автоматизации на ферме:

- объединение всех систем в одну для синхронизации всех процессов;
- автоматизация рабочих мест, не требующих человеческого вмешательства;
- автоматизация доильных установок с контролем качества молока;
- сбор и анализ данных для предотвращения возможных болезней животного;

«Умные фермы» (датчики, устройства и программное обеспечение для мониторинга) позволяют повысить производительность животных и качество продукции. По оценке экспертов рынка, автоматизированные системы откорма, дойки и мониторинга здоровья поголовья скота могут повысить надой на 30–40 % [1].

**Результаты исследования и обсуждение.** В результате исследований было установлено, что у коров с внедрением компьютерных технологий возможно увеличение объемов производства сырого молока до 40 % и существенное снижение заболеваемости.

**Выводы.** Внедрение и улучшение компьютерных технологий с поддержкой государства создает большой потенциал развития в молочном производстве.

Важнейшим направлением развития молочной промышленности является разработка и изготовление отечественного оборудования в рамках программы по замещению импортного технологического оборудования на отечественном рынке.

#### Список литературы

1. Буклагин, Д. С. Цифровые технологии и системы управления в животноводстве / Д. С. Буклагин // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 4 (40). – С. 105–112.
2. Горлов, И. Ф. Оценка современного состояния молочного производства в России / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, Н. И. Мосолова [и др.] // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2 (54). – С. 189–197.
3. Зайцев, С. П. Автоматизация технологии производства молока / С. П. Зайцев, С. В. Ларкин, Т. Н. Акулова // Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 15 февр. 2022 г. – Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2022. – С. 305–307.
4. Козина, Е. О. Автоматизация процесса мониторинга эффективности производства молока / Е. О. Козина, В. Е. Жабин // Прорывные научные исследования как двигатель науки: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 26 апреля 2019 г. Том Часть 2. – Тюмень: ОМЕГА САЙНС, 2019. – С. 161–163.
5. Кравченко, В. Н. Перспективы цифровизации молочного животноводства / В. Н. Кравченко, В. К. Зимогорский // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 4 (40). – С. 4–13.
6. Кудаев, З. Р. Основные направления механизации и автоматизации производства молока / З. Р. Кудаев // Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства: материалы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Нальчик, 02 июня 2022 г. – Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ имени В. М. Кокова, 2022.
7. Ларкин, Д. К. Применение информационных технологий в молочном животноводстве / Д. К. Ларкин, В. К. Скоркин, В. П. Аксенова // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 1 (37). – С. 63–69.

8. Мамедова, Р. А. Молочное животноводство в России: состояние и перспективы цифровизации / Р. А. Мамедова // *Агроинженерия*. – 2020. – № 6 (100). – С. 10–16.

9. Скоркин, В. К. Стратегия развития механизации и автоматизации при производстве молока / В. К. Скоркин // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2015. – № 2 (18). – С. 13–21.

10. Федоров, А. Д. О перспективах цифровизации животноводства / А. Д. Федоров, О. В. Кондратьева, О. В. Слинько // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2019. – № 1 (33). – С. 127–131.

УДК 004:636.085.55

**А. А. Хохряков, Л. А. Пантелеева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В связи с непрерывным повышением требований к совершенствованию технологии приготовления комбикормов проблема внедрения компьютерных технологий в комбикормовой промышленности является актуальной. Целью исследований являлся анализ повышения качества комбикормов путем применения компьютерных устройств. Представлены данные состояния и перспективы развития производства комбикормов для животноводства; отражены научные достижения компьютерных технологий, внедренные в отрасли. Так, в Кубанском ГАУ разработана система для приготовления комбикорма, насыщенного сырым свекловичным жомом, которая позволяет устранить недостатки, присущие другим линиям. В представленной системе для приготовления комбикорма впервые применена компьютерная техника, с помощью которой контролируется технологический процесс. Данная система позволила повысить среднесуточной удой на 10–15 %, а прирост – на 5–8 %.

**Актуальность.** В данное время производство комбикормов определяет состояние мясного, молочного животноводства и других отраслей. При этом важны состояние законодательной и нормативно-методической базы в сфере создания и внедрения технологий производства высококачественных кормов, государственное регулирование заказов по производству, меры под-

держки, инфраструктура хранения и транспортировки, обратная связь с потребителями и другие факторы. Специалисты отмечают, что обеспеченность высококачественными кормами во многом определяет структура себестоимости животноводческой продукции, учитывая, что стоимость кормов в норме должна составлять 65–75 % [3, 7, 9, 10].

Современная комбикормовая промышленность позволяет достичь высоких показателей качества комбикормов за счет широкого распространения информационных технологий в отрасли.

**Цель и задачи.** Целью нашего исследования является определение эффективности повышения качества комбикормов от внедрения компьютерных технологий. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- анализ состояния производства комбикормов;
- выявление внутренних конкурентных преимуществ и факторов конкурентного отставания отрасли;
- раскрытие внешних благоприятных и неблагоприятных факторов развития отрасли;
- исследование и обобщение передовых практик производства;
- изучение современной научной базы, технологий и технических средств, а также перспективных направлений развития производства комбикормов.

**Объект и методы.** В России промышленное производство комбикорма представлено стабильно работающими крупными заводами, находящимися в Московской и Ленинградской областях, Краснодарском крае. На рисунке 1 представлен список крупнейших производителей комбикормов по состоянию на 2018 год [5].

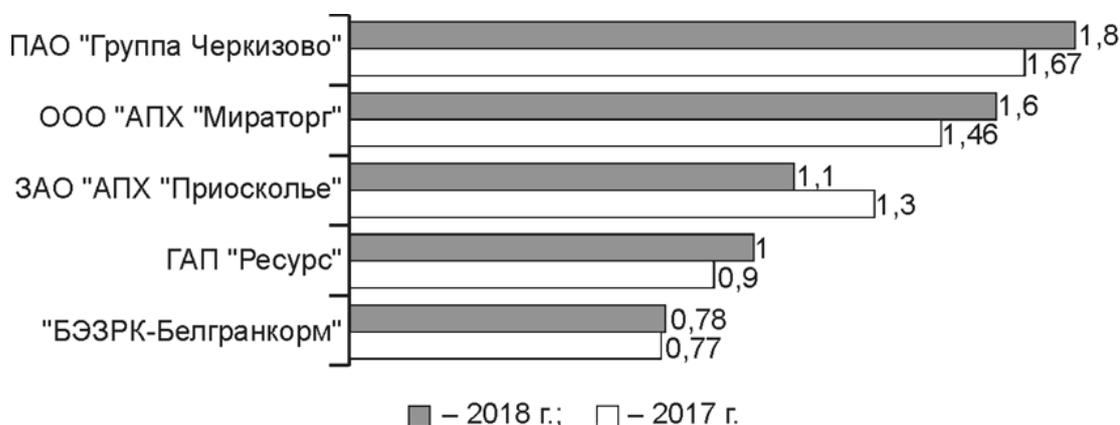


Рисунок 1 – Крупнейшие российские компании-производители комбикормов, млн т

Наряду с комбикормовыми проектами продолжается строительство крупных заводов по глубокой переработке зерна, что не менее значимо для комбикормовой отрасли, поскольку содержание фуражного зерна в составе комбикормов в Российской Федерации остается высоким и составляет порядка 70 % [3]. Зачастую при строительстве новых комбикормовых заводов они оснащаются импортным оборудованием, доля которого на 2017 год, по данным Союза комбикормщиков, составила 66 %.

Действия и мероприятия по развитию и строительству новых комбикормовых заводов, предпринимаемые в данное время, не позволяют в полной мере обеспечить сельское хозяйство комбикормами до 2025 г. (рис. 2) [3].

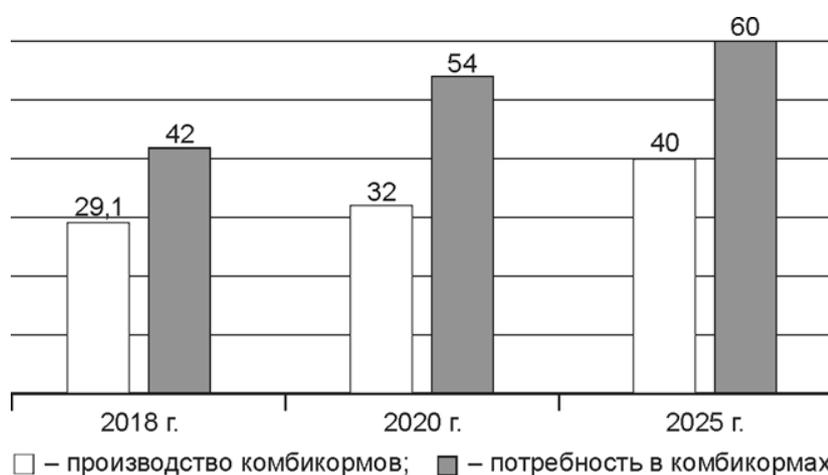


Рисунок 2 – Потребность в комбикормах в Российской Федерации на прогнозируемый период в хозяйствах всех категорий, млн т

Одним из наиболее значимых факторов конкурентного отставания отечественной комбикормовой промышленности стоит отметить высокую зависимость производителей комбикормов от импортных материалов и оборудования. При производстве премиксов – самой ценной составляющей комбикорма, 85 % сырья закупается за рубежом [3], что в значительной степени влияет на экспорт российской продукции.

Из анализа состояния комбикормов выявили следующие особенности отечественного рынка комбикормов, в наибольшей степени влияющие на его развитие:

- Большая часть производства сосредоточена в руках агрохолдингов.
- Технологическая зависимость от иностранных поставщиков отраслевых решений при строительстве новых заводов

и реконструкции кормоцехов в составе агрохолдингов и животноводческих комплексов.

- Высокая доля зернового сырья в составе кормов.
- Зависимость производителей комбикормов от импортных компонентов.
- Высокие темпы строительства крупных заводов по производству комбикормов, премиксов и переработке сырья.

Несмотря на высокие темпы развития российской комбикормовой промышленности, наиболее важной проблемой остается конкурентное отставание отрасли от зарубежных производителей комбикормов. Для повышения конкурентоспособности в отрасли проводятся работы по цифровизации, внедряются поточные линии с применением современной компьютерной техники.

Комбикорма, БВМК и премиксы производят по рецептам. Рецепт (комбикормовой продукции) – это набор компонентов комбикормовой продукции в процентном или весовом выражении.

Рецепты комбикормов и концентратов рассчитывают с помощью специальных компьютерных программ, содержащих сведения о питательной ценности разных видов сырья и потребности в них животных различного назначения, пола и возраста [8]. Пример рецепта комбикорма приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепт комбикорма для свиней на откорме

Компонент	Массовая доля, %
Пшеница	25,9
Ячмень	54,7
Масло подсолнечное	2,0
Дрожжи кормовые	2,5
Монокальцийфосфат	1,0
Шрот подсолнечный	6,0
Шрот соевый	7,9
Премикс	1,0

Производство комбикормов на промышленных предприятиях осуществляется по техническим регламентам [8]. В соответствии с техническими регламентами должно обеспечиваться высокое качество выпускаемой комбикормовой продукции.

Поточные линии без применения компьютерной техники не позволяют добиться наивысшего качества комбикормов, так

как процесс приготовления напрямую зависит от контроля всех участков производственного процесса.

Так, процесс приготовления рассыпного комбикорма включает в себя следующие операции [1, 2] (рис. 3):

- прием и хранение сырья;
- подготовка сырья (очистка от примесей, тепловая обработка и др.);
- измельчение сырья (при необходимости);
- дозирование компонентов;
- смешивание компонентов;
- хранение и отпуск готового комбикорма.

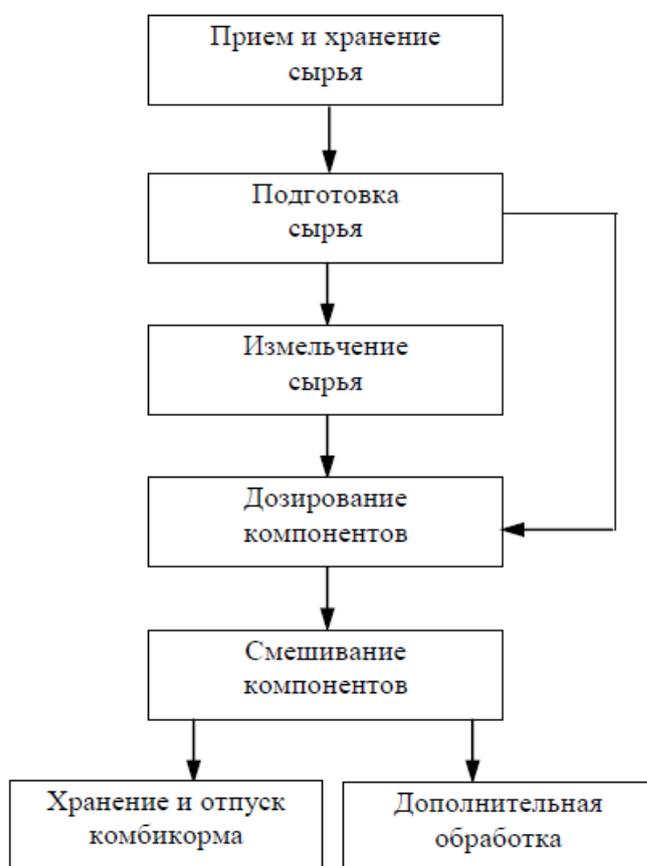


Рисунок 3 – Основные технологические операции приготовления рассыпного комбикорма

Для обеспечения полного контроля указанных операций требуется в обязательном порядке создание комплексных автоматизированных систем управления производственными процессами.

Впервые такая система была разработана в Кубанском ГАУ (рис. 4).

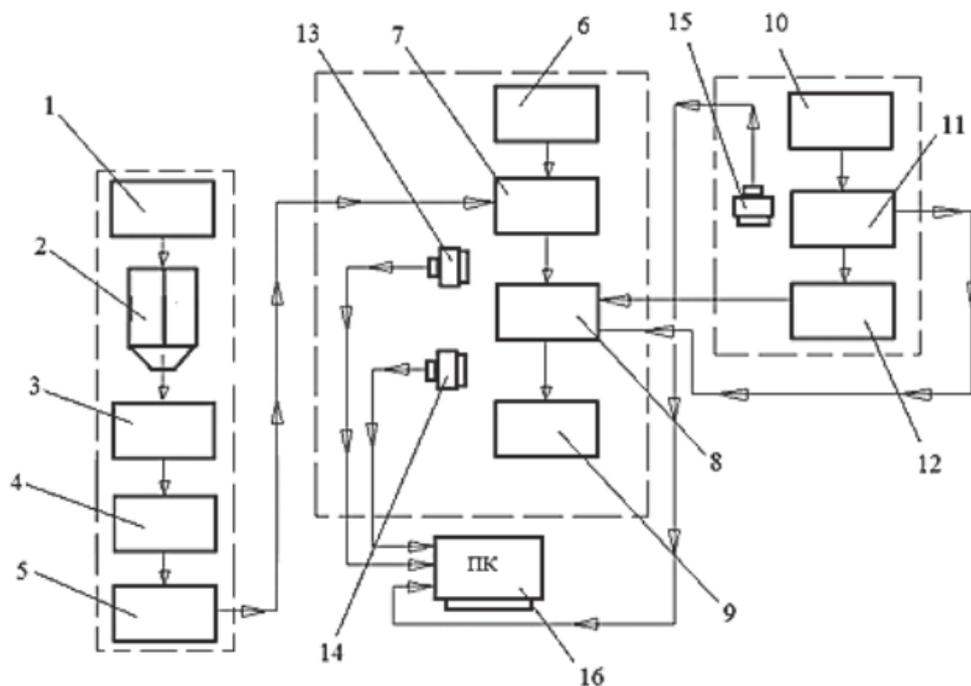


Рисунок 4 – Система для приготовления комбикорма по патенту РФ № 2693741:  
 1 – машина вторичной очистки вороха семян подсолнечника;  
 2 – бункер для хранения продукта переработки масличных культур; 3 – экструдер;  
 4 – кондиционер; 5 – измельчитель; 6 – бункер для обогащения подсолнечного жмыха питательными микроэлементами; 7 – смеситель; 8 – диспергатор;  
 9 – бункер для хранения и выдачи готового комбикорма; 10 – дополнительный производственный бункер для отходов сахарного производства в виде сырого свекловичного жома; 11 – пресс; 12 – измельчитель; 13, 14, 15 – мультимедийные устройства; 16 – персональный компьютер

**Результаты исследований и их обсуждение.** С целью подтверждения эффективности предложенной системы для приготовления белкового комбикорма были проведены эксперименты. Опыты проводили на коровах черно-пестрой породы, распределенных по принципу аналогов на две группы по 100 голов в каждой. Одной группе коров давали белковый корм (подсолнечный жмых), другой – белковый корм со свекловичным сырым жомом.

В результате проведенных исследований было установлено, что у коров, получавших корм, приготовленный из свекловичного сырого жома с подсолнечным жмыхом, среднесуточный удой увеличился на 10–15 %, а привес – на 5–8 % [6].

**Выводы.** В системе для приготовления комбикорма, представленной Кубанским ГАУ, впервые была применена компьютерная техника для контролирования технологического процесса. Разработанная система позволила повысить среднесуточный удой на 10–15 %, привес – на 5–8 %.

Наиболее важное перспективное направление развития комбикормовой промышленности – разработка и изготовление всего спектра отечественного оборудования в рамках программы по замещению импортного технологического оборудования на отечественном рынке.

#### Список литературы

1. Афанасьев, В. А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов / В. А. Афанасьев. – Воронеж: Элист, 2008. – Т. 1. – 196 с.
2. Афанасьев, В. А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных / В. А. Афанасьев. – Воронеж, 2007. – 389 с.
3. Афанасьев, В. А. Современные тенденции развития комбикормовой промышленности: материалы Междунар. конгресса по кормам: XXIV Междунар. специализир. торгово-промышленная выставка «MVC: Зерно-Комбикорма-Ветеринария-2019». – Москва: ВДНХ, 2019.
4. Михалева, У. Н. Кормовая экономика / У. Н. Михалева // Агробизнес. Животноводство. – 2017. – С. 16–19.
5. Орлова, Н. В. Комбикормовая индустрия замедляется / Н. В. Орлова // Агроинвестор. – 2019. – № 1. – С. 46–50.
6. Припоров, И. Е. Разработка технологии приготовления комбикорма с применением современной компьютерной техники / И. Е. Припоров, Е. В. Гаврилов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2021. – № 4 (90). – С. 142–145.
7. Соколова, А. П. Анализ состояния системы производства комбикормов для животноводства Краснодарского края / А. П. Соколова, А. А. Черненко // Труды Кубанского ГАУ. – 2013. – № 42. – С. 28–31.
8. Технологии и оборудование для производства комбикормов и премиксов / В. И. Пахомов, Д. В. Рудой, С. В. Брагинец [и др.]. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – 228 с.
9. Шаршунов, В. А. Перспективы использования нетрадиционных кормовых добавок при производстве комбикормов для животноводства и птицеводства / В. А. Шаршунов, Л. В. Рукшан, А. А. Ветошкина // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2006. – № 4. – С. 82–91.
10. Шевцов, А. А. Нормирование рассыпного комбикорма методом однопараметрической оптимизации процесса приготовления комбикормов заданной крупности / А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина, Е. С. Шенцова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 12. – С. 39–42.

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И СВЕТОТЕХНИКА

---

УДК 621.311.13

**Н. Г. Архипов, Е. А. Басуматорова**  
*ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень*

## РЕГУЛИРОВАНИЕ СИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ У ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Нынешние концепции электроснабжения предметов характеризуются существенной длиной, а также многостадийной модификацией напряжения. В каждой ветви системы электроснабжения (линии, трансформаторе) существуют потери напряжения. Они находятся в зависимости от параметров схемы замещения и от ее нагрузки. В режимах больших нагрузок потери напряжения достаточно высокие, в режимах наименьших нагрузок потери напряжения в свою очередь снижаются.

Симметрирование режимов электрической сети трехфазной системы минимизацией токов обратной и нулевой последовательности позволяет снизить потерю напряжения, электрической мощности и энергии в электрической сети конечных потребителей, улучшить качество электроснабжения на участке сети от питающего центра до устанавливаемого электрооборудования.

Каждый потребитель электроэнергии нуждается в получении качественного электроснабжения. Под качеством электроэнергии подразумевается ее частота, симметрия и величина подводимого к потребителю трехфазного напряжения [1].

Например, к сети с напряжением 6,5 кВ подключено несколько трансформаторов с вторичными напряжениями 220 В. В ночное время, когда работает малое количество заводов и потребляемая ими мощность обычно не слишком велика, в сети 6,3 кВ проходит незначительный ток, который не вызывает видимого падения напряжения.

**Цель исследования:** рассмотрение регулирования симметрирования напряжения трёхфазного источника переменного тока, необходимого для регулирования напряжения автономных источников питания.

### **Задачи исследования:**

- 1) изучить симметрирование напряжения;
- 2) оценить необходимость регулирования симметрирования напряжения.

В дневное время вторичный ток трансформаторов возрастает за счет включения в сеть огромной доли промышленных потребителей. Увеличивается и первичный ток трансформаторов. Складываясь, эти токи образуют в сети 6,5 кВ ток, во много раз превышающий, чем в ночное время. Действительное напряжение сети уменьшается, а с ним и напряжение на вторичной обмотке трансформаторов.

С целью экономии и безаварийной деятельности работы каждого потребителя следует, чтобы отличия фактической величины подводимого к нему напряжения были никак не меньше определенных. Таким образом, для электродвигателей напряжение на зажимах никак не обязано отличаться от номинального более чем на 6–11 %. При понижении напряжения, например, на 15 % уменьшится скорость вращения двигателя и возрастут токи ротора и статора, что приведет к перегреву обмотки статора и уменьшению срока эксплуатации его изоляции. Крайне восприимчивы к отклонениям напряжения осветительные конструкции, разрешенное несоответствие напряжения является  $\pm 4$  % для квартирных комнат и от 2,6 до 5,5 % для социальных строений и производственных помещений. При снижении напряжения стремительно уменьшается освещаемость, а при возрастании, например, на 9 % период эксплуатации ламп ограничивается примерно в три раза [2].

Подобный способ колебания напряжения приводит к внушительному вреду, поэтому необходимо стараться совершать их поменьше. Но осуществить данное весьма нелегко, таким образом, что факторами изменения напряжения являются неминуемые перемены (включения и отключения) нагрузки и переменные режимы работы потребителей электричества. Колебания напряжения являются в своём роде неминуемыми, поэтому с целью укрепления уровня напряжения постоянным требуется постоянное его регулирование. Различают два способа регулирования напряжения: местное и централизованное [3].

Под местным регулированием понимают регулирование напряжения непосредственно на месте потребления, т. е. его стабилизацию на данном уровне у каждого отдельного потребителя или сразу для группы потребителей. В последнем случае в какой-то точке

сети устанавливают трансформатор с устройством для регулирования напряжения. Это устройство включают, когда у всех потребителей, питаемых от этого трансформатора, надо поддержать напряжение на определенном уровне (например, 220 В).

Предусмотрены два вида регулирования напряжения силового трансформатора:

а) регулирование напряжения переключением ответвлений обмотки без возбуждения (ПБВ) после отключения всех обмоток трансформатора от сети;

б) регулирование напряжения без перерыва нагрузки (РПН) и без отключения обмоток трансформатора от сети.

При использовании РПН регулирование напряжения может быть автоматическим, без отключения трансформатора от сети. При этом потребитель даже не чувствует, что в трансформаторе происходят какие-то изменения. Однако РПН потребует использования трудных и дорогостоящих переключающих приборов. Использование ПБВ требует отключения от сети всех обмоток трансформатора, после чего совершается регулирование напряжения. После переключения трансформатор вновь включается в работу. При этом способе потребителя на какое-то время вообще отключают от сети. Особенно неудобно это там, где нагрузка меняется часто. Зато устройства ПБВ просты по конструкции и относительно дешевы [4].

Максимальное применение в практике приобрело урегулирование напряжения присутствием поддержки перемены этапами количества витков с обмоток. Подавляющее большинство трансформаторов строят с регулированием числа витков в обмотке ВН. Дело в том, что по обмотке НН протекает большой ток, следовательно, переключающее устройство должно быть рассчитано на этот ток, т. е. оно неизбежно будет громоздким. В обмотке ВН ток в десятки раз меньше, поэтому переключающее устройство может быть сравнительно небольшим и легким, хотя его и придется изолировать от заземленных частей трансформатора.

При изменении  $N$  витков, например, первичной обмотки изменяется величина магнитного потока, вследствие чего увеличивается (или снижается) напряжение во вторичной обмотке трансформатора. Таким образом, если напряжение питающей сети (первичное) регулярно, а вторичное снизилось, то для его возобновления нужно повысить магнитный поток. Это добиваются сокращением  $N$  витков первичной обмотки.

Действительно, при постоянном  $U_1$  ЭДС  $E_1$  также неизменна.

Из выражения:

$$E1 = 4,44f\Phi_0, \quad (1)$$

где  $maxW1$  следует, что увеличить магнитный поток при неизменной  $E1$  можно, только уменьшив число витков первичной обмотки. Если же первичное напряжение снизилось, то уменьшится и величина  $\Phi_0$ . Для сохранения постоянной величины вторичного напряжения надо восстановить то же, что и было значение магнитного потока. Этого можно достичь также сокращением числа витков первичной обмотки.

Принцип регулирования как раз и заключён в изменении определенными ступенями  $N$  витков в обмотке трансформатора, что обеспечивает те величины, которые необходимы магнитному потоку и напряжению. На практике в обмотке ВН трансформатора делают ряд ответвлений, каждое из которых соответствует заданному числу последовательно включенных витков обмотки (рис. 1).

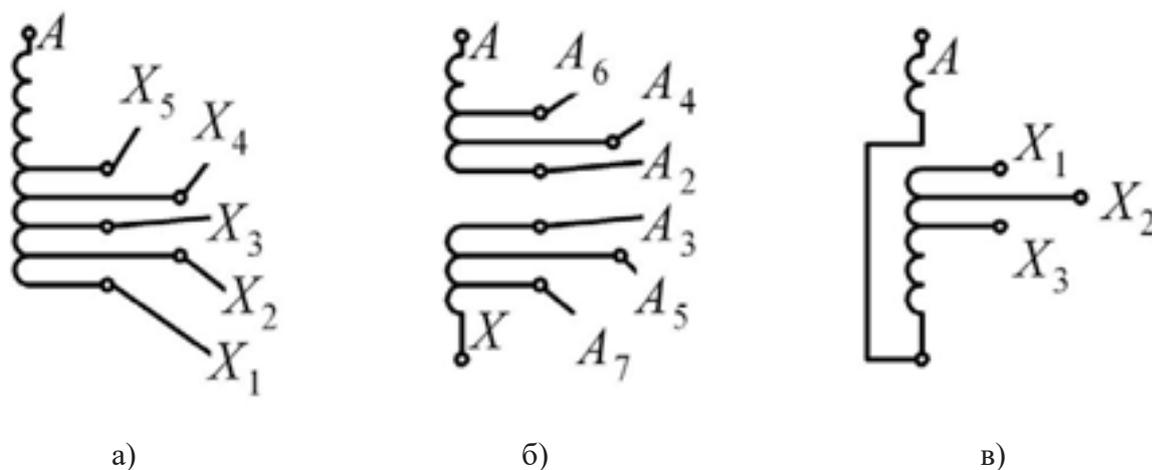


Рисунок 1 – Обмотка трансформаторов:

- а) работа на ответвлении  $X_5$ ; б) ответвления в середине обмотки;  
 в) обратная схема, применяемая при небольших мощностях

Трансформаторы до 0,2 МВ•А имеют на обмотке, как правило, пять ответвлений (рис. 1), из которых среднее ( $X_3$ ) соответствует нормальному напряжению сети, а другие – напряжениям, отличающимся от него на  $\pm 5\%$  ( $\pm 2 \times 2,5\%$ ). Так, если напряжению 6,3 кВ соответствует 1000 витков в обмотке ВН (ответвление  $X_3$ ), то напряжению 6,615 кВ (ответвление  $X_1$ ), большему на 5 %, соответствует 1050 витков, а напряжению 5,985 кВ (ответвление  $X_5$ ),

меньшему на 5 %, – 950 витков. Напряжение регулируется ступенями по 157,5 В. В обмотке ему соответствует 25 последовательно включенных витков.

Отключать витки можно как на конце обмотки, так и в ее середине. Однако при отключении витков с края обмотки возможно такое положение, когда обмотка становится как бы короче. Это случается особенно при работе на ответвлении  $X_5$  (рис. 1, а). Различие в высотах обмоток, как известно, приводит к увеличению осевых усилий. Поэтому обычно ответвления выполняют в середине обмотки (рис. 1, б). При небольших мощностях применяют обратную схему (рис. 1, в).

Ответвления в конце обмотки ВН встречаются редко – главным образом, у трансформаторов малой мощности, где механические усилия незначительны, а выполнение ответвлений в середине обмотки конструктивно затруднено.

**Вывод.** Реальная несимметрия напряжения не стационарна, а регулируемые симметрирующие устройства сложны, дорогостоящи и их применение порождает новые проблемы (в частности, несинусоидальность напряжения). Поэтому положительного опыта использования симметрирующих устройств в России нет.

#### Список литературы

1. Ионов, А. А. Электрические машины. Трансформаторы: учебное пособие / А. А. Ионов. – Самара: СамГУПС, 2013. – 119 с.
2. Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения: учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. – СПб.: Лань, 2022. – 480 с.
3. Васильева, Т. Н. Анализ симметрии напряжения в распределительных электрических сетях напряжением 0,38 КВ / Т. Н. Васильева, Ю. В. Костин // Молодой ученый. – 2016. – № 11 (115). – С. 116–121.
4. Основы современной энергетики: учебник: в 2 т. / под ред. Е. В. Аметишова, Т. 2, Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: МЭИ, 2008. – 632 с.

**Н. Г. Архипов, Е. А. Басуматорова**  
*ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень*

## **СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ**

Длина ВЛ до такой степени огромна, что установление причины дефектов становятся одним из наиболее значимых вопросов. Для устранения этих дефектов используются такие методы, как импедансный, так и волновой, при помощи БПЛА, индикаторами тока короткого замыкания, тепловизионным обследованием. Обнаружение участка пробоя выявляется системой защиты. Главная цель данного воздействия – равно то, как возможно наиболее четкое формирование области неисправности с целью ее своевременной ликвидации ремонтными бригадами.

Воздушные линии электропередач (ВЛ) являются важной составляющей электрической сети. Одним из требований к ВЛ является обеспечение надежности электроснабжения. Аварии на ВЛ потенциально могут сопровождаться серьезными последствиями. Кроме того, чем дольше ВЛ находится в нерабочем состоянии, тем больше будет ущерб от недоотпуска электроэнергии [1].

**Цель исследования:** рассмотрение электрофизических методов борьбы с вредителями.

**Задачи исследования:**

1. Изучить способы обнаружения повреждений на воздушных линиях.
2. Оценить способы обнаружения повреждений.

Линии электропередач (ЛЭП) считаются основным элементом электрической сети. Одним из условий ЛЭП является обеспечение надёжности электроснабжения. Повреждения на ЛЭП, вероятно, имеют все шансы, сопутствующие серьезным потерям. К тому же, если продолжительное время линия будет находиться в нерабочем состоянии, ущерб от недоотпуска энергии будет велик [1].

Для определения мест повреждения приборы импедансного типа полагаются на замеры силы тока и напряжения в воздушных линиях. Полученные данные обрабатываются на компьютере, в результате чего вычисляется зона вероятной неисправности [2].

Неточность расчетов по импедансной методике возникает ввиду следующих факторов влияния:

- искажения по току;

- индукции кабелей;
- емкости относительно земли;
- эффекта переходного сопротивления и др.

Погрешности в процессе расчетов в этом случае – 1–20 %.

Эта технология выявления ОМП считается более точной, поскольку здесь измеряется не сила тока и напряжение, а время прохождения электромагнитной волны. Она всегда возникает в высоковольтной линии в следующих случаях:

- в результате атмосферного разряда;
- при коммутационных операциях.

То есть от места повреждения (пробоя) высоковольтной воздушной линии в обе стороны распространяются электромагнитные волны, определение которых – лишь вопрос техники. При использовании данной методики необходимо учитывать следующие факторы:

- скорость движения волны;
- ее затухание и искажение;
- ее возможные отражения;
- модель ВЛ;
- диагональную трансформацию и др.

К достоинствам волнового метода можно отнести высокую точность ОМП, не превышающую 150–500 метров. Эта технология также позволяет проводить мониторинг воздушных линий.

Индикатор короткого замыкания (ИКЗ) – устройство, определяющее путь протекания тока короткого замыкания, которое позволяет быстро выполнить локализацию поврежденного участка электрической сети среднего или высокого напряжения [3].

Индикаторы устанавливаются на провода ВЛ по одному на каждую фазу. ИКЗ работают в сетях с различной структурой: радиальная или кольцевая сети, а также в сетях с различными режимами работы нейтрали, в том, что обследование высоковольтных линий электропередач и электростанций с применением БПЛА (беспилотников) – это распространенная практика, которая сегодня актуальна во всем мире. Беспилотная аэросъемка позволяет оперативно обнаружить повреждения и предотвратить аварийное отключение ЛЭП. По регламенту, осмотр одной высоковольтной линии, расположенной в труднодоступной местности, требует несколько дней. Если использовать дрон, время диагностики можно сократить до 30 минут. Кроме того, этот метод воздушной съемки превосходит все альтернативные способы с применением наземной техники и малой авиации, благодаря ряду других преимуществ:

- безопасность и облегчение труда персонала;
- высокая точность результатов и большой объем данных;
- возможность обследовать труднопроходимые участки;
- значительная экономия затрат на выполнение работ.

БПЛА позволяют проводить:

1. Плановую диагностику, которая включает регулярные облеты ЛЭП, фото- и видеосъемку на небольших высотах, контроль охранной зоны, своевременное обнаружение нарушений и повреждений, определение размеров просеки и расстояние проводов до земли [4].

2. Аварийно-восстановительные мероприятия, направленные на осмотр объектов энергетики на средних высотах в любое время суток и при разных метеоусловиях, а также сопровождение строительства и реконструкции ЛЭП. В результате создаются цифровые топографические и кадастровые планы, 3D-модели местности или изолированная нейтраль [5].

3. Тепловизионное обследование – это важнейший элемент профилактических работ, который поможет гарантировать безотказную работу объекта электроэнергетики за счет обнаружения неисправностей на начальном этапе. Анализируя полученные данные, можно выполнить плановый ремонт и предотвратить крупные аварии.

4. Тепловизор, определенный в дрон, создает копии инфракрасного термического испускания, а также выявляет наиболее наименьшие отличия 0,02 °С. Данные сведения потом отражаются в варианте разных расцветок в мониторе. Возможно многоточечное измерение температуры предмета вместе с поддержкой радиометрического тепловизионного подвеса [6].

5. Тепловизионная (инфракрасная) видеосъемка может помочь распознать не внушающие доверие контакты, а также зоны, которые перенагреваются, в любом направлении линии электропередач значительно стремительнее, нежели объезд вместе со зрительным осмотром. Этот метод прогноза значительно безвреднее, чем материальное обследование, а также отбор испорченных компонентов.

**Вывод.** Таким образом, рассмотрены способы обнаружения повреждений на воздушных линиях. В зависимости от конкретной задачи выполняется визуальный или тепловизионный контроль. Это значит, что для максимальной точности фото- и видеосъемка может быть дополнена осмотром в тепловизионном спектре. На основе полученных данных создаются трехмерные модели обследованной местности и объектов.

### Список литературы

1. Айзенфельд, А. И. Методы определения мест короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи при помощи, фиксирующих приборов / А. И. Айзенфельд. – Москва: Энергия; 2014. – 210 с.
2. Андреев, В. А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения: учебник для вузов / В. А. Андреев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1985. – 391 с.
3. Основы современной энергетики: учебник: в 2 т. / под ред. Е. В. Аметиштова, Т. 2. Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: МЭИ, 2008. – 632 с.
4. Устинов, А. А. Итерационные методы определения места повреждения по параметрам аварийного режима при односторонних измерениях на воздушных линиях электропередачи / А. А. Устинов, А. Н. Висящев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – № 5 (45). – С. 26–31.
5. Устинов, А. А. Определение места повреждения на четырехфазных воздушных линиях электропередачи высокого напряжения по параметрам аварийного режима при одностороннем замере / А. А. Устинов // Вестник Иркутского ГТУ. – 2014. – № 1. – С. 17–23.
6. Жеребцов, Б. В. Результаты теоретических исследований адаптации солнечного энергокомплекса юга Тюменской области / Б. В. Жеребцов, Е. А. Басуматорова // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № S7. – С. 14–18.

УДК 628.9

**С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова,  
Н. А. Шихова, А. Н. Бронников**  
*Удмуртский ГАУ*

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДОВ. КАЧЕСТВЕННЫЙ МАТЕРИАЛ ПОДЛОЖКИ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ**

Основным вопросом исследования является повышение эффективности осветительных приборов со светодиодными источниками света наружного освещения в агропромышленных комплексах и сельских поселениях путем выбора более подходящего материала по характеристикам и свойствам подложки.

**Актуальность.** На сегодняшний день современное общество не может представить свою обыденную жизнь без комфортных условий, как пребывая в помещении, так и на улице. Исходя из этого, одним из важных пунктов в обеспечении комфорта для человека является наружное и внутреннее освещение, отвечающее всем нормам и стандартам согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [1]. Повышение эффективности наружного освещения является важным вопросом повышения эффективности осветительных приборов с целью энергосбережения, позволяющим обеспечить безопасное передвижение транспортным средствам и населению, а также повысить эстетические качества сельских поселений.

В условиях современной национальной экономики многие руководители производств, учреждений, компаний и домовладельцы стремятся применять именно светодиодное освещение, так как в отличие от традиционных источников света светодиодное освещение имеет множество преимуществ в процессе производства продукции животноводства и растениеводства [2, 3, 4, 5, 6].

Однако и сейчас остро стоит вопрос об устранении проблемы затухания светодиодов, их деградации в осветительном приборе с целью повышения его эффективности [7, 8, 9]. В частности, эффективность осветительного прибора зависит от того, насколько качественно происходит отвод тепла от светодиодов.

**Объект и методы.** Одним из таких решений является оптимизация теплового режима путем правильно спроектированного теплоотвода, который позволит снизить деградацию светодиодов [7].

Условно, между светодиодом и радиатором охлаждения может располагаться теплоподложка. Подложка может выполнять сразу две основные функции: электроизоляционную и теплоотводящую.

Из сказанного ранее была выдвинута *научная гипотеза*: можно повысить эффективность осветительных приборов посредством правильно подобранного материала подложки светодиода осветительного прибора для отвода тепла в совокупности с преобразованием теплоты, выделяемой при работе светодиодов, тем самым повысив эффективность осветительного прибора.

**Результаты исследования и обсуждение.** Существует множество различных термоинтерфейсов для решения проблемы отвода тепла, одним из которых является подложка.

На сегодняшний день известны подложки из слюды, сапфира, металла, термопасты (в составе которых присутствуют веще-

ства с высокой теплопроводностью в виде порошков оксидов металлов), жидкие металлы (но в большинстве случаев они токсичны), термопрокладки, состоящие из резиновой или силиконовой основы и наполнителя (керамики или графита).

В таблице 1 приведены термоинтерфейсы, наиболее известные и эффективные в качестве критерия выбора для проведения анализа видов прокладок.

Таблица 1 – Основные свойства материалов подложки

	Материал подложки							
	Слюда	Сапфир	Кремний металл	Термопрокладка графитовая	Термопрокладка керамическая	Термопаста с оксидом цинка и алюминия	Жидкий металл	Металл
Теплопроводность, Вт/(м*К)	0,44	17	0,2	35	170–260	12,5	73	Al0,9–2,45 Cu 3,5–4,05

К основным критериям относится теплопроводность, процесс передачи тепла от одного объекта к другому. Данный критерий очень важен, так как материал подложки должен оперативно отводить тепло на радиатор охлаждения.

**Заключение.** Таким образом, можно отметить, что наиболее эффективным материалом подложки для увеличения теплоотвода и увеличения срока службы осветительных приборов является керамическая, графитовая и сапфировая подложки.

#### Список литературы

1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>.
2. Анализ результатов исследования влияния параметров микроклимата на продуктивность коров / С. М. Бакиров, Т. А. Широкова, И. И. Иксанов, К. С. Иксанова // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIII Нац. науч.-практ. конф. с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 г. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 10–14. – EDN ITMUTS.
3. Влияние дозы УФ-с облучения на развитие ювенильных растений перца (*Сарсиситанниум* L.) / С. А. Ракутько, А. П. Мишанов, А. Е. Маркова [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 1 (110). – С. 3–19. – DOI 10.24412/2713-2641-2022-1110-3-19. – EDN XAPRSO.
4. Беляков, М. В. Эффективность фотолуминесцентного метода контроля гомогенности кормовых смесей в животноводстве / М. В. Беляков, Е. А. Никитин, И. Ю. Ефременков // Сельскохозяйственные машины и технологии. –

2022. – Т. 16. – № 3. – С. 55–61. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-55-61. – EDN LIWODN.

5. Лошкарев, И. Ю. Энергосберегающие принципы в тепличных комплексах / И. Ю. Лошкарев, В. М. Наход, А. Я. Аберясьев // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 15–16 апреля 2018 г. / Под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов: Центр социальных агроинноваций СГАУ, 2018. – С. 109. – EDN PNMRY5.

6. Большин, Р. Г. Облучательная установка с УФ-диодами и микропроцессорной системой автоматического управления дозой / Р. Г. Большин, Н. П. Кондратьева, М. Г. Краснолуцкая // Светотехника. – 2019. – № 2. – С. 78–81. – EDN XISAJS.

7. Набатчикова, М. А. Эффективность применения термоэлектрического эффекта в светодиодном светильнике / М. А. Набатчикова, Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова // Аграрное образование и наука – в развитии животноводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию засл. раб. сельского хозяйства РФ, почет. раб. ВПО РФ, лауреата Государственной премии УР, ректора ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, доктора с.-х. наук, профессора А. И. Любимова. В 2-х т. Ижевск, 20 июля 2020 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – С. 123–126. – EDN DJVFNE.

8. Энергосберегающее оборудование и расчет его параметров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. А. Баранова, К. С. Иксанова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 2 (129). – С. 56–64. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-2-56-64. – EDN TISVFQ.

9. Ашрятов, А. А. Измерение температуры кристалла маломощных светодиодов / А. А. Ашрятов, А. Б. Мышонков, С. А. Микаева // Автоматизация и современные технологии. – 2011. – № 3. – С. 10–13. – EDN LWIYDL.

УДК 621.316.925.061

**Д. А. Васильев, А. Р. Киршин**  
*Удмуртский ГАУ*

## **УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА И РЕЛЕ**

Рассмотрен пример использования универсального лабораторного стенда исследования токораспределения во вторичных цепях трансформаторов тока при различных схемах их соединений, применяемых в токовых защитах. Приведен пример схемы эксперимента соединения трансформаторов тока в полный треугольник, а реле – в полную звезду, рассмотрены возможности применения стенда для моделирования работы в различных схемах их соединений, применяемых в токовых защитах.

**Цель и задачи.** Питание устройств релейной защиты током сети производится по типовым схемам соединения трансформаторов тока и обмоток реле. Поведение и работа реле в каждой из схем зависит от характера распределения токов в ее вторичных цепях в нормальных и аварийных режимах [1, 5].

Для исследования влияния схем соединения трансформаторов тока и вида короткого замыкания на коэффициент схемы на кафедре «Электротехника, электрооборудование и электроснабжение» Удмуртского государственного аграрного университета был разработан учебно-лабораторный стенд, общий вид которого представлен на рисунке 1.

Разработанный стенд позволяет исследовать влияние вида короткого замыкания на изменение значения коэффициента схемы: схема 1 – соединения трансформаторов тока и измерительных органов в полную звезду; схема 2 – соединения трансформаторов тока и измерительных органов в неполную звезду; схема 3 – соединения трансформаторов тока в полный треугольник, а исполнительных органов – в полную звезду; схема 4 – включение трансформаторов тока в неполный треугольник с одним из исполнительных органов; схема 5 – трансформаторного фильтра нулевой последовательности.

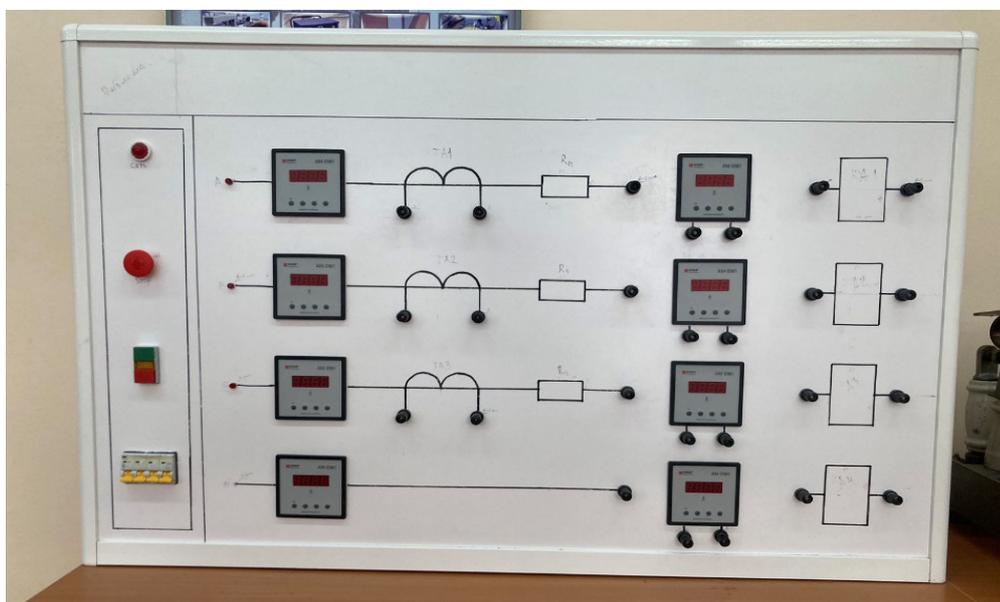


Рисунок 1 – Общий вид учебно-лабораторного стенда

Предварительные значения  $K_{сх}^{(m)}$  для различных схем соединения трансформаторов тока и видов короткого замыкания приводятся в таблице 1 [3], соединения трансформаторов тока подготов-

лено описание лабораторных работ [2], в котором приводится порядок их проведения.

**Объект и методы.** Ниже рассмотрена схема соединения трансформаторов тока в полный треугольник, а измерительных органов – в полную звезду, анализируется токораспределение и область ее применения. Вторичные обмотки трансформаторов тока соединены последовательно разноименными выводами, образуют полный треугольник. Измерительные органы ИО<sub>А</sub>, ИО<sub>В</sub> и ИО<sub>С</sub> соединены в полную звезду и подключаются к вершинам этого треугольника (рис. 2).

Из токораспределения (рис. 2) видно, что при симметричном режиме работы сети по каждому ИО проходит ток, равный геометрической разности токов двух фаз:

$$\begin{aligned} \underline{I}_{ИОА} &= \underline{I}_{2А} - \underline{I}_{2В}, \\ \underline{I}_{ИОВ} &= \underline{I}_{2В} - \underline{I}_{2С}, \\ \underline{I}_{ИОС} &= \underline{I}_{2С} - \underline{I}_{2А}, \end{aligned}$$

На основании этих выражений находятся токи, проходящие в измерительных органах при разных видах КЗ.

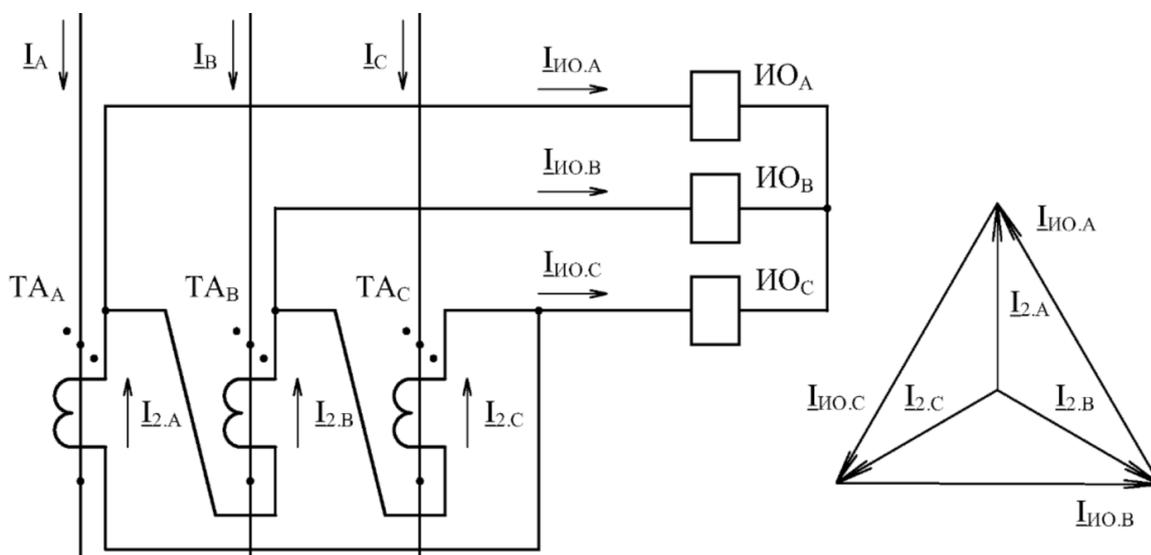


Рисунок 2 – Схема соединения трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в полную звезду

При трехфазном КЗ и симметричной нагрузке в каждом ИО, например, для фазы А, проходит линейный ток  $\underline{I}_{ИОА} = \underline{I}_{2Л}$  в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного тока  $\underline{I}_{2А} = \underline{I}_{2Ф}$  и сдвинут относительно него по фазе на  $30^\circ$ . Аналогично для двух других фаз В и С. Поэтому коэффициент схемы для трехфазного КЗ равен:

$$K_{cx}^{(3)} = \frac{I_{ИО}}{I_{2\phi}} = \frac{\sqrt{3} I_{2\phi}}{I_{2\phi}} = \sqrt{3}.$$

При двухфазном КЗ, например, между фазами В и С, имеем следующие первичные токи  $I_K^{(2)HH} = I_{СЛ}^{HH} = -I_{ВЛ}^{HH}$ . Следовательно, токи в измерительных органах будут:

$$\underline{I}_{ИО_A} = \underline{I}_{2_A} - \underline{I}_{2_B} = I_{2\phi}, \quad \underline{I}_{ИО_B} = \underline{I}_{2_B} - \underline{I}_{2_C} = I_{2\phi}, \quad \underline{I}_{ИО_C} = \underline{I}_{2_C} - \underline{I}_{2_A} = 2I_{2\phi}.$$

Видим, что ток в  $ИО_C$  в два раза превышает вторичный ток ТТ фазы С, а в двух других ИО протыкаемые по ним токи равны вторичным токам ТТ. Следовательно, коэффициенты схемы для ТТ и ИО по фазам при двухфазном КЗ между фазами В и С будут равны:

$$K_{cx}^{(2)A} = \frac{I_{ИО}}{I_{2\phi}} = 1, \quad K_{cx}^{(2)B} = 1, \quad K_{cx}^{(2)C} = 2.$$

Подобные токи протекают при двухфазных КЗ между фазами АВ и СА.

При однофазных КЗ на землю первичный ток КЗ проходит только по одной поврежденной фазе. При КЗ фазы А на землю соответствующий ему вторичный ток  $\underline{I}_{2_A}$  проходит через  $ИО_A$  и возвращается через  $ИО_C$ . При замыкании фазы В имеем протекания вторичного тока по  $ИО_B$  и  $ИО_A$ , при замыкании фазы С – по  $ИО_C$  и  $ИО_B$ . Следовательно, коэффициенты схемы при однофазном КЗ на землю фазы А будут равны:

$$K_{cx}^{(1)A} = \frac{I_{ИО}}{I_{2\phi}} = 1, \quad K_{cx}^{(1)B} = 0, \quad K_{cx}^{(1)C} = 1.$$

Таким образом, схема соединения трансформаторов тока в треугольник обладает следующими особенностями:

- токи в реле проходят при всех видах КЗ, следовательно, защиты по такой схеме реагируют на все виды КЗ;
- отношение тока в реле к фазному току зависит от вида КЗ;
- токи нулевой последовательности не выходят за пределы треугольника трансформаторов тока, не имея пути для замыкания через обмотки реле.

Отсюда следует, что КЗ на землю в реле попадает только токи прямой и обратной последовательности, т.е. только часть тока КЗ.

Описанная выше схема применяется в основном для дифференциальных и защит силовых трансформаторов напряжением 35–110–220/6–10 кВ.

**Результаты исследования и обсуждение.** Сводная информация в таблице 1 [3] представлена о токах в фазах сети при различных видах КЗ в защищаемой линии и относительных токах, протекающих по измерительным органам при различных схемах соединений ТТ и ИО.

Таблица 1 – Сводная информация о токах в фазах сети при различных видах КЗ

			$K_{сх}^{(3)}$	$K_{сх}^{(2)}$			$K_{сх}^{(1)}$			
			Вид короткого замыкания, поврежденные фазы							
			Трехфазное КЗ		Двухфазные КЗ			Однофазные КЗ на землю		
			ABC		AB	BC	CA	A	B	C
1	Токи в фазах сети	A	$I_K^{(3)}$	$I_K^{(2)}$	0	$I_K^{(2)}$	$I_K^{(1)}$	0	0	
2		B	$I_K^{(3)}$	$I_K^{(2)}$	$I_K^{(2)}$	0	0	$I_K^{(1)}$	0	
3		C	$I_K^{(3)}$	0	$I_K^{(2)}$	$I_K^{(2)}$	0	0	$I_K^{(1)}$	
Схема соединения ТТ и ИО в полную звезду										
4	Токи в ИО*	ИО <sub>A</sub>	1	1	0	1	1	0	0	
5		ИО <sub>B</sub>	1	1	1	0	0	1	0	
6		ИО <sub>C</sub>	1	0	1	1	0	0	1	
7		ИО <sub>H</sub>	0	0	0	0	1	1	1	
Схема соединения ТТ и ИО в неполную звезду										
8	Токи в ИО*	ИО <sub>A</sub>	1	1	0	1	1	0	0	
9		ИО <sub>C</sub>	1	0	1	1	0	0	1	
10		ИО <sub>H</sub>	1	1	1	0	1	0	1	
Схема соединения ТТ в полный треугольник, а ИО – в полную звезду										
11	Токи в ИО*	ИО <sub>A</sub>	$\sqrt{3}$	2	1	1	1	1	0	
12		ИО <sub>B</sub>	$\sqrt{3}$	1	2	1	0	1	1	
13		ИО <sub>C</sub>	$\sqrt{3}$	1	1	2	1	0	1	
Схема соединения ТТ в неполный треугольник с одним ИО										
14	Токи в ИО*	ИО	$\sqrt{3}$	1	1	2	1	0	1	

Приведенные относительные токи в измерительных органах (отнесенные к вторичным фазным токам  $(I_K^{(m)}/n_T)$ ) являются

коэффициентами схемы  $K_{cx}^{(m)}$  соединений ТТ и ИО:  $K_{cx}^{(3)}$  – при трехфазных КЗ в защищаемой линии;  $K_{cx}^{(2)}$  – при двухфазных КЗ;  $K_{cx}^{(1)}$  – при однофазных КЗ на землю.

**Выводы.** Разработанная установка позволяет студентам электроэнергетической специальности осваивать фундаментальную часть курса релейной защиты и автоматики электроэнергетических установок. Для исследования значений коэффициентов схем соединения трансформаторов тока подготовлено описание лабораторных работ, в котором приводится порядок их проведения.

### Список литературы

1. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства: учеб. для вузов по спец. «Электрификация и автоматизация сел. хоз-ва» / И. А. Будзко, Н. М. Зуль. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 495 с.
2. Васильев, Д. А. Электроснабжение: практикум для лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника» / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелева. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – 60 с. – URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&id=50241>.
3. Ершов, А. М. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения. Часть 1: Токи короткого замыкания: учебное пособие / А. М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 168 с.
4. Ершов, А. М. Системы электроснабжения. Часть 3: Системы электроснабжения напряжением 6–220 кВ: курс лекций / А. М. Ершов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 267 с.
5. Чернобровов, Н. В. Ч 49 Релейная защита: учебное пособие для техникумов. – 4-е изд., перераб. и доп. / Н. В. Чернобровов. – М., Энергия, 1971. – 624 с.

**А. А. Верзилин, С. В. Бахтеев**

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПИТАНИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК**

Рассмотрены переходные процессы, влияющие на устойчивость автономной системы питания асинхронных электродвигателей от электрогенераторных установок, определено влияние пусковых режимов электродвигателей и очередность включения их в работу на устойчивость всей системы.

Электропитание технологических процессов от электрогенераторных установок (ЭГУ) в сельскохозяйственной отрасли в целом и в растениеводстве в частности применяется уже на протяжении многих десятков лет. Широкое применение ЭГУ получили в мелиорации: дождевальные машины с электроприводом; в послеуборочной обработке зерновых культур: зерном; зерноочистительные комплексы, и т.д. При электропитании асинхронных электродвигателей от ЭГУ, мощности отдельных электродвигателей соизмеримы с мощностью источника питания, устойчивость работы системы может нарушаться. Одной из таких ситуаций нарушения устойчивости системы является прямой пуск асинхронных двигателей [3].

При пуске асинхронного электродвигателя от ЭГУ соизмеримой мощности в первый момент времени напряжение на шинах ЭГУ резко снижается вследствие падения напряжения в переходном реактивном сопротивлении генератора и в случае успешного пуска должно начать возрастать до установившегося значения. Электрогенераторная установка должна обеспечивать восприятие включаемой нагрузки, поэтому при выборе ЭГУ необходимо учитывать возможность перегрузки генератора по току [6].

Выбирая мощность ЭГУ, необходимо учесть, что завышение его мощности для гарантированного восприятия пусковых нагрузок не всегда может быть правильным решением, так как загрузка ЭГУ с двигателями внутреннего сгорания в длительном режиме работы рекомендована на уровне 80 % от номинальной мощности [1–5].

Учитывая приведенные факторы и ограничения, выбор мощности ЭГУ для использования в качестве основного источника для электроснабжения электродвигательной нагрузки должен соответствовать минимум двум условиям:

1. Определение требуемой номинальной мощности ЭГУ при запуске электродвигателей при уже работающих имеет вид неравенства [4]:

$$S_{\text{ном}_{\text{ЭГУ}}} \geq \sum_{i=1}^{n-1} \frac{P_{\text{д}_i} \cdot K_{\text{з,д}_i}}{\eta_{\text{д}_i} \cdot \cos \phi_{\text{д}_i}} + \frac{1,11 \cdot k_I \cdot P_{\text{д}_I}}{\eta_{\text{д}_I} \cdot \cos \phi_{\text{д}_I} \cdot K_L \cdot k_Q} \quad (1)$$

где  $S_{\text{ном}_{\text{ЭГУ}}}$  – номинальная полная мощность ЭГУ, кВА;

$P_{\text{д}_i}$  – мощность  $i$ -го электродвигателя, кВт;

$K_{\text{з,д}_i}^{\text{д}_i}$  – коэффициент загрузки  $i$ -го электродвигателя;

$\eta_{\text{д}_i}$  – коэффициент полезного действия  $i$ -го электродвигателя;

$\cos \phi_{\text{д}_i}$  – коэффициент мощности  $i$ -го электродвигателя;

$P_{\text{д}_I}$  – мощность запускаемого электродвигателя, кВт;

$k_I$  – кратность пускового тока запускаемого электродвигателя;

$\eta_{\text{д}_I}$  – коэффициент полезного действия запускаемого электродвигателя;

$\cos \phi_{\text{д}_I}$  – коэффициент мощности запускаемого электродвигателя;

$k_Q$  – коэффициент, учитывающий возможность перегрузки генератора ЭГУ по току;

$K_L$  – коэффициент, учитывающий перегрузочную способность ЭГУ в длительном режиме работы.

2. Выбранной по мощности ЭГУ необходимо проверить на устойчивость системы в переходных процессах при пуске асинхронных электродвигателей, изменения значения напряжения для работающих и запускаемых двигателей. Функция  $U = f(t)$  должна быть монотонно возрастающей на отрезке от 0 до времени окончания пуска  $(0, t_{\text{пуск}})$ , с учетом применения АРВ и регулятора скорости вращения первичного двигателя функция  $U = f(t)$  выражается экспонентой [1, 3]:

$$U^*(t) = (1 - \Omega_{\text{max}}) + \left[ U_0^* - (1 - \Omega_{\text{max}}) + \frac{K_0' \Omega_{\text{max}} T_{\psi}}{K_0 T_{d0} - K_0' T_{\psi}} \right] e^{\frac{-t}{T_{d0} \frac{K_0'}{K_0}}} - \frac{K_0' \Omega_{\text{max}} T_{\psi}}{K_0 T_{d0} - K_0' T_{\psi}} e^{\frac{-t}{T_{\psi}}}, \quad (2)$$

где  $\Omega_{max}$  – максимальное отклонение угловой скорости агрегата генератора и двигателя;

$U_0^*$  – начальное значение напряжения в относительных единицах;

$K_0'$  – коэффициент сопротивления цепи;

$T_\psi$  – постоянная времени первичного двигателя с учетом регулирования;

$T_{d0}$  – переходная постоянная времени.

Рассмотрим два варианта автономной энергетической системы с электродвигательной нагрузкой. Суммарная установленная мощность асинхронных электродвигателей в обоих вариантах одинакова и составляет 18,5 кВт. Различие в количественном наборе электродвигателей и различной номинальной мощности (табл. 1).

Таблица 1 – Состав узла электродвигательной нагрузки

Параметр	Узел нагрузки № 1	Узел нагрузки № 2
Установленная мощность, кВт	18,5	18,5
Порядковый номер электродвигателя	Единичная мощность электродвигателя, кВт	
N1	7,5	5,5
N2	5,5	4
N3	4	3
N4	1,5	1,5
N5	-	2,2
N6	-	1,5
N7	-	0,55
N8	-	0,25

На рисунке 1 приведен пример потребляемой мощности узлом электродвигательной нагрузки в заданном порядке запуска асинхронных электродвигателей из таблицы 1.

Решая первое условие, при заданном технологическом порядке пуска электродвигателей, учитывая способность генератора выдерживать кратковременные перегрузки по току, и перегрузочную способность первичного двигателя, требуемая мощность ЭГУ составит:

$$S_{ном\ эгу} \geq 28,4 \text{ кВА.}$$

Для анализа режимов запуска асинхронных электродвигателей от источника соизмеримой мощности выбран синхронный генератор, параметры которой приведены в таблице 2.

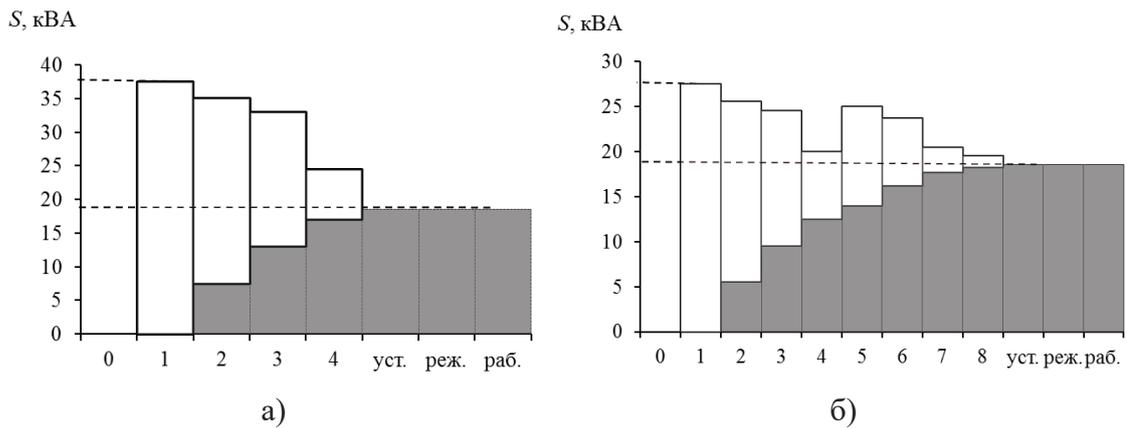


Рисунок 1 – Изменение расчетной мощности генератора для узла двигательной нагрузки:

а) узел нагрузки № 1; б) узел нагрузки № 2; □ – величина пусковой мощности электродвигателя; ■ – величина потребляемой мощности в установившемся режиме работы

Таблица 2 – Технические характеристики синхронного генератора

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

Определение изменения напряжения  $U^*(t)$  при прямом пуске двигателей по выражению (2) коэффициента нагрузки, набрасываемой на агрегат, и выражению (4) максимальным отклонением угловой скорости [3].

Напряжение генератора в момент включения электродвигателя будет определяться по выражению:

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

где  $\varepsilon'_g = 1$  на холостом ходу;

$x_{q\Sigma}$  – сопротивление нагрузки;

$x'_d$  – сопротивление генератора.

При заданных параметрах ЭГУ и электродвигательной нагрузки произведен расчет изменения напряжения (функции 2) для первых и последних запускаемых электродвигателей.

На рисунках 1 и 2 приведены примеры изменения напряжения в относительных единицах при запуске первых и последних электродвигателей от ЭГУ для рассматриваемых узлов нагрузки.

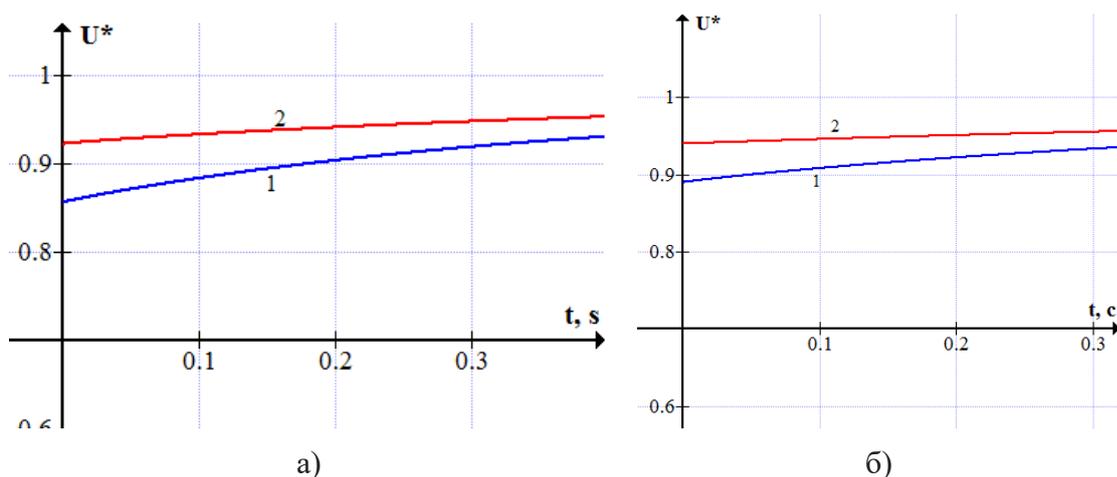


Рисунок 2 – Изменение напряжения за период пуска электродвигателей узла нагрузки:  
 а) узел нагрузки № 1; б) узел нагрузки № 2; 1 – первый запускаемый ЭД;  
 2 – последний запускаемый ЭД

Таким образом, исследование переходных процессов при запуске электродвигателей позволяет определять работоспособность и устойчивость системы при запуске каждого последующего электродвигателя.

#### Список литературы

1. Choice of the Method of Probabilistic Modeling of Statistical Dynamics of Autonomous Power Supply Systems Khorol'skii V.Y., Atanov I.V., Mastepanenko M.A., Sharipov I. K. Russian Electrical Engineering. – 2018. – Т. 89. – № 7. – С. 425–427.
2. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах: учеб. для электротехнических специальностей вузов / В. А. Веников. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1985. – 536 с.
3. Верзилин, А. А. Устойчивость системы при прямом пуске асинхронных электродвигателей от источника соизмеримой мощности / А. А. Верзилин // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы XIII Нац. науч.-практ. конф. с международным участием, Саратов, 29–30 апреля 2022 г. – Саратов: Амирит, 2022. – С. 27–30.
4. Глухарев, В. А. Определение мощности генератора источника электропитания в локальной энергетической системе / В. А. Глухарев, И. Н. Попов, А. А. Верзилин, М. В. Шляпников // Энергетик. – 2019. – № 2. – С. 16–18.
5. Попов, И. Н. Определение соизмеримости источника энергии с мощностью потребителей энергии в локальной энергетической системе / И. Н. Попов, В. А. Глухарев, А. А. Верзилин // Международный технико-экономический журнал. – 2022. – № 2. – С. 68–76.
6. Попов, И. Н. Обоснование мощности генерирующей установки автономного источника по структуре электрической нагрузки потребителя / И. Н. Попов, С. Ю. Рыхлов // Вестник Саратовского ГТУ. – 2014. – № 3 (76). – С. 80–82.

7. Электроагрегаты генераторные переменного тока с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Применение, технические характеристики и параметры: ГОСТ Р ИСО 8528-1-2005. – Введ. 2007 – 01 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2006. I. 16 с.

УДК 621.317.785:004.8

**Е. В. Дубовцев, Л. А. Пантелеева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Рассматриваются особенности интеллектуальных приборов учёта электроэнергии. Обосновывается целесообразность использования интеллектуальных счётчиков для управления энергопотерями. В завершение описана перспективность применения интеллектуальных приборов учёта электроэнергии.

**Актуальность.** В настоящее время особо актуальной и приоритетной представляется задача снижения потерь электроэнергии в электрических сетях [3–6, 10]. Энергоснабжающие компании фиксируют рост показателей потерь электрической энергии, что, соответственно, наносит им всё более ощутимый финансовый ущерб. Решение данной проблемы лежит в плоскости управления потерями электроэнергии, опирающейся на точные показатели выработки и потребления электроэнергии [1, 9].

**Цель и задачи.** Целью исследования является оценка перспективности применения интеллектуальных приборов учёта электроэнергии с целью снижения потерь электроэнергии. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда **задач**:

- 1) изучение интеллектуальных приборов учёта электроэнергии, особенностей и возможностей данных устройств;
- 2) рассмотрение опыта внедрения данных приборов.

**Объект и методы.** Одним из самых эффективных и перспективных подходов является применение интеллектуальных приборов учёта электроэнергии. Интеллектуальный счётчик – это усовершенствованный, основанный на современных технологиях прибор учёта, обеспечивающий принципиально новый уровень

точности измерений выработки и потребления электроэнергии, управление энергопотерями и автоматизированную обработку данных. От стандартного счётчика интеллектуальный прибор учёта отличает поддержка двухсторонней связи и наличие дисплея, отображающего широкий набор параметров. Возможности интеллектуального счётчика на постоянной основе обеспечивают сбор, обработку и предоставление информации об энергопотреблении, автоматизированное и удаленное управление [8].

Передача информации между потребителем и энергоснабжающей компанией производится посредством проводных и беспроводных каналов передачи данных с применением востребованных сегодня технологий, таких, как GPRS, PLC, Wi-Fi. Последняя зарекомендовала себя как наиболее эффективная и надёжная, отличающаяся широкой площадью действия, высокой скоростью передачи данных и при этом низким энергопотреблением [2].

Интеллектуальные приборы учёта электроэнергии характеризуются следующими особенностями:

- предоставление данных об энергопотреблении за короткие промежутки времени (мощность нагрузки в электрической сети, величина нагрузки, напряжение, активность, частота);
- передача данных с использованием безопасных и надёжных каналов связи;
- долгосрочное хранение данных при отсутствии основного питания;
- опция самодиагностики и защиты от несанкционированных вмешательств в прибор (фиксация момента взлома, проникновения, воздействия);
- отображение на дисплее потребителя подробной информации об использовании электроэнергии, возможности выбора тарифа электроэнергии;
- контроль лимитов энергопотребления с возможностью управления при его превышении;
- возможность подключения к автоматизированной информационно-измерительной системе коммерческого учёта электроэнергии.

**Результаты исследования и обсуждение.** Обеспечивая высокоточный учёт потребления электроэнергии, интеллектуальные приборы способствуют поддержанию надёжности функционирования электрических сетей и повышению их энергоэффективности за счёт снижения уровня потерь электроэнергии. Опыт ряда

азиатских и европейских стран доказывает, что интеллектуальный учёт потребления электроэнергии позволяет существенно сократить энергопотери в сетях и модернизировать систему формирования счетов и сбора платежей [7].

**Выводы.** Для России внедрение интеллектуальных приборов учёта электроэнергии в масштабах всей страны представляется высокозатратным, но перспективным направлением работы. Уровень интеллектуализации учёта энергопотребления в настоящее время достаточно низок, финансовые убытки вместе с тем значительны. Снижение энергопотерь позволит окупить в частичной или полной мере ввод интеллектуальных приборов, которые, в свою очередь, обеспечат открытость, надёжность процессов снабжения потребителей электроэнергией и управляемость ими. Общероссийское внедрение современных приборов учёта, необходимо учитывать, потребует оценки экономической целесообразности интеллектуализации энергосистемы, определения единой концепции, разработки регламентов и технических нормативов и всесторонней государственной поддержки на всех этапах создания и введения системы интеллектуальных приборов учёта электроэнергии.

#### Список литературы

1. Маслов, И. Н. Расчет экономического эффекта от внедрения интеллектуальных приборов учета электроэнергии / И. Н. Маслов, А. М. Халиева, Г. И. Файзуллина // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием, Иркутск, 20–24 апреля 2021 г. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2021. – С. 263–266.
2. Новые решения в учете энергоресурсов / Ю. В. Абрамов, Н. С. Зитляева, Н. В. Индылова, Р. В. Кулькин // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 5 (26). – С. 34–39.
3. Носков, В. А. Исследование процесса создания контактного соединения двух самонесущих изолированных проводов (СИП) с помощью прокалывающего зажима / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 1 (104). – С. 57–66.
4. Определение места установки реклоузера для повышения надежности электроснабжения / Л. А. Пантелеева, Т. А. Родыгина, И. Т. Русских, Г. М. Белова // Сельский механизатор. – 2020. – № 10. – С. 34–35.
5. Пантелеева, Л. А. Теоретическое исследование контактного соединения проводов СИП и зажима ответвительного изолированного в воздушных сетях на-

пряжением 220/380 / Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7 (122). – С. 38–47.

6. Расчет параметров ВЛ 10кВ при минимуме потерь мощности / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. Н. Иванов, Д. О. Кабанов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 2 (17). – С. 261–266.

7. Ремизова, Т. С. Возможности создания и перспективы развития интеллектуальной системы учета электроэнергии в России / Т. С. Ремизова, Д. Б. Кошелев // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14. – № 2 (359). – С. 347–363.

8. Савина, Н. В. Интеллектуализация учета электроэнергии как инструмент снижения потерь электроэнергии / Н. В. Савина, В. А. Гамолин, Л. А. Мясоедова // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2021. – № 93. – С. 51–56.

9. Шилкин, Д. В. Возможности интеллектуальных приборов учета в борьбе с хищениями электроэнергии / Д. В. Шилкин, Г. Д. Маслова // Энергоэнергетика: XVII Всероссийская (девятая международная) научно-техническая конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конф. В 6-ти томах, Иваново, 11–13 мая 2022 г. – г. Иваново: Ивановский ГЭУ им. В. И. Ленина, 2022. – С. 13.

10. Энергоэффективное управление асинхронным электродвигателем / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелеева, П. Н. Покоев, В. А. Носков // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 4 (95). – С. 100–115.

УДК 628.971-52:711.57(470.51-25)

**А. Г. Злобин, Л. А. Пантелеева, Т. А. Широбокова**  
*Удмуртский ГАУ*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ УДМУРТСКОГО ГАУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ**

В связи с изменением требований к электропроводкам и светильникам возникает целесообразность эксплуатации действующего оборудования, к тому же светотехническое оборудование улучшается с каждым годом, растёт уровень освещения, снижается уровень энергопотребления [3]. Целью исследований является анализ действующей и проектируемой системы уличного освещения с использованием 3D-моделирования. Требуется собрать все необходимые данные с проектируемого объекта и построить несколько моделей. Произвести все необходимые расчеты, анализ результатов и составить проект.

**Актуальность.** С момента монтажа действующей системы освещения Удмуртского государственного аграрного университета прошло немало времени. С тех пор множество раз происходила смена требований к монтажу электропроводок и светильников, уровень энергопотребления светильников существенно снизился при неизменной освещенности, и само оборудование стало непригодным для использования. К примеру, внешняя оболочка кабелей становится менее прочной под влиянием солнечных лучей [6, 8, 9]. Пришло время для замены действующего, устаревшего оборудования на новое, соответствующее новым государственным нормативам, то есть новые светодиодные светильники с низким потреблением, достаточно большим запасом часов эксплуатации и необходимой освещенностью, новые типы кабелей, обеспечивающие безопасность эксплуатации за счет специальной изоляции, не поддерживающей горение, новые автоматические выключатели с тепловыми и электромагнитными расцепителями. Вдобавок есть возможность автоматизировать систему уличного освещения при помощи микроконтроллера, предварительно записав на него программу [2, 5, 7].

**Цель и задачи.** Целью нашего исследования является определение целесообразности замены действующей системы уличного освещения при условии обязательной замены действующей системы уличного освещения и при условии подбора декоративного освещения под общую концепцию благоустройства территории [10].

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда **задач**:

- 1) построение 3D-модели университета и прилегающей территории с новым светотехническим оборудованием;
- 2) расчёт полученной освещенности и сравнение с принятыми для данной территории нормами;
- 3) после подбора необходимого оборудования требуется рассчитать смету и собрать проект в единое целое со всеми необходимыми чертежами.

**Объект и методы.** Демонтаж и монтаж электропроводки мы не можем произвести, даже зная ПУЭ, поскольку нам не известны длины необходимых кабелей. Также мы не можем поставить опоры со светильниками, так как неизвестно, каким будет уровень освещенности, на сколько групп распределить питание светильников и какое количество автоматических выключателей понадобится. Данные трудности мы сможем решить при помощи программных средств проектирования [1].

Проектирование – процесс определения архитектуры, компонентов, интерфейсов и других характеристик системы или её части (ISO 24765). Результатом проектирования является проект – целостная совокупность моделей, свойств или характеристик, описанных в форме, пригодной для реализации системы. Проектирование, наряду с анализом государственных требований, является частью большой стадии жизненного цикла системы, называемой определением системы.

Также существует понятие типового проектирования, но оно применимо, когда проектирование происходит на основе существующего подобного объекта. То есть в нашем случае подобный объект есть, но из-за большого различия в строении зданий и других элементов мы не будем применять типовое проектирование, а разработаем проект с самого начала.

**Результаты исследования и обсуждение.** Начнём проектирование с построения светильников, а затем произведём выбор осветительного оборудования и расчёт освещенности. Для расчёта освещенности воспользуемся программным обеспечением DIALux evo (версия 10.1). С помощью данной программы мы построим 3D-модель объекта проектирования и расставим опоры со светильниками, а после рассчитаем освещенность. Затем нам предстоит циклически перестраивать опоры со светильниками до тех пор, пока мы не добьемся оптимального решения [4].

После того как определились со светильниками, необходимо перенести все расчеты освещенности в программное обеспечение Autodesk AutoCAD 2022 для прокладки кабелей, разработки в части электроснабжения (построения принципиальной электрической схемы), разработки ведомости объемов работ и выдачи чертежей, то есть разработки документации. На основе ведомости объемов работ, зная ориентировочное количество оборудования, мы сможем составить спецификацию оборудования.

Возможно, в ходе проектирования затронем проектирование, моделирование 3D при помощи программного обеспечения Autodesk AutoCAD Civil 3D. Данная программа хорошо подходит для прокладки кабелей на разных отметках уровней, то есть дает более точное представление о том, сколько кабеля и других материалов понадобится для монтажа.

Отметки уровней представляют собой интерактивные многовидовые блоки, используемые для задания значений высоты в чертеже. Они крепятся якорями либо в мировой системе координат

(МСК), либо в пользовательской системе координат (ПСК) с конкретным именем. Отметки уровня используются в первую очередь для измерения высоты таких элементов сооружения, как стены или окна, но могут быть также использованы для измерения в любой точке имеющегося чертежа.

Объектом проектирования является Удмуртский государственный аграрный университет. Требуется разработать систему уличного освещения, управляемое из университета при помощи пульта управления освещением, а также при помощи автоматизированного управления на основе уличного уровня освещенности.

**Выводы.** Уже на начальной стадии проектирования возникает пара небольших проблем. Во-первых, проект не типовой, поэтому строить модель придется с нуля, а во-вторых, стоит заранее задуматься о версиях, поскольку может возникнуть проблема с совместимостью программ.

#### Список литературы

1. Антонов, С. Н. Проектирование систем электрификации: учебное пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине «Проектирование систем электрификации» / С. Н. Антонов. – Ставрополь: АГРУС, 2015. – 92 с.
2. Бутолина, А. А. Проект «Умная теплица» / А. А. Бутолина, Л. А. Пантелеева // Техническое творчество молодежи. – 2021. – № 1 (125). – С. 43–46.
3. Варфоломеев, Л. П. Элементарная светотехника / Л. П. Варфоломеев. – Москва: Световые технологии, 2013. – 288 с.
4. Гоман, В. В. Проектирование и расчет систем искусственного освещения: учебное пособие / В. В. Гоман, Ф. Е. Тарасов. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 76 с.
5. Денисова, Н. В. Проектирование осветительных установок с применением автоматизированного программного продукта DIALux.: методические указания по выполнению лабораторных работ / Н. В. Денисова, Р. Р. Гибадуллин, А. М. Копылов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 64 с.
6. Ерошенко, Г. П. Эксплуатация электрооборудования: учебник / Г. П. Ерошенко, Н. П. Кондратьева. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 336 с.
7. Зотов, Б. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – 2-е изд., перераб. и доп. / Б. И. Зотов, В. И. Курдюмов. – Москва: КолосС, 2014. – 432 с.
8. Носков, В. А. Исследование процесса создания контактного соединения двух самонесущих изолированных проводов (СИП) с помощью прокалывающего зажима / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 1 (104). – С. 57–66.
9. Пантелеева, Л. А. Теоретическое исследование контактного соединения проводов СИП и зажима ответвительного изолированного в воздушных сетях на-

пряжением 220/380 / Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7 (122). – С. 38–47.

10. Редников, В. Л. Организация и управление производством: учебное пособие / В. Л. Редников. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – 66 с.

УДК 621.316.57.064.26

**Р. В. Кривошеков, Л. А. Пантелеева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

Произведен анализ отказов вакуумных выключателей фирмы ВВ/TEL и выявлены наиболее слабые конструктивные элементы данных выключателей. Выполненная работа показывает, что ВВ/TEL представляет собой надежный коммутационный аппарат при соблюдении рекомендаций по эксплуатации.

**Актуальность.** В современной электроэнергетике при реконструкции существующих и возведении новых распределительных устройств класса 10 кВ все чаще отказываются от применения традиционных коммутационных аппаратов – воздушных и масляных выключателей в пользу вакуумных и элегазовых. Это обусловлено тем, что в наши дни энергетикам при эксплуатации высоковольтной техники приходится лавировать между такими естественными ограничениями производства, как экономичность, безопасность, экологичность, и не менее важны высокие эксплуатационные характеристики [1–6, 8–10].

Число продаваемых вакуумных выключателей в нашей стране составляет порядка 50 % от остальных типов. И львиная доля от этого рынка принадлежит «Таврида Электрик». Исходя из этого, можно сделать вывод, что ВВ/TEL является распространенным коммутационным аппаратом в классе напряжения 10 кВ и, следовательно, эксплуатация ВВ/TEL требует тщательного изучения.

**Цель и задачи.** Целью нашего исследования является оценка отказоустойчивости ВВ/TEL, находящихся в эксплуатации регионов Урала. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- анализ основных неисправностей ВВ/TEL;
- определение наименее надежных элементов ВВ/TEL.

**Объект и методы.** В процессе исследования были выявлены наиболее частые повреждения вакуумных выключателей ВВ/ТЕЛ в Уральском регионе в период с 2017 по 2019 год, данные по неисправностям были предоставлены в УЦ «МРСК Урала» г. Екатеринбург. Определён наименее надежный элемент выключателя ВВ/ТЕЛ.

**Результаты исследования и обсуждение.** В ходе исследования были выявлены основные типы отказов КМ ВВ/ТЕЛ:

1. Дефект ВДК (рис. 1). Причина – ошибка на производстве. Следствия: разгерметизация, пробой на 25–30 кВ, увеличение переходного сопротивления, сварка контактов.



Рисунок 1 – Дефект ВДК

2. Отказ вспомогательных контактов (рис. 2). Причина – производственные дефекты, превышения допустимого коммутируемого тока, механическое повреждение.

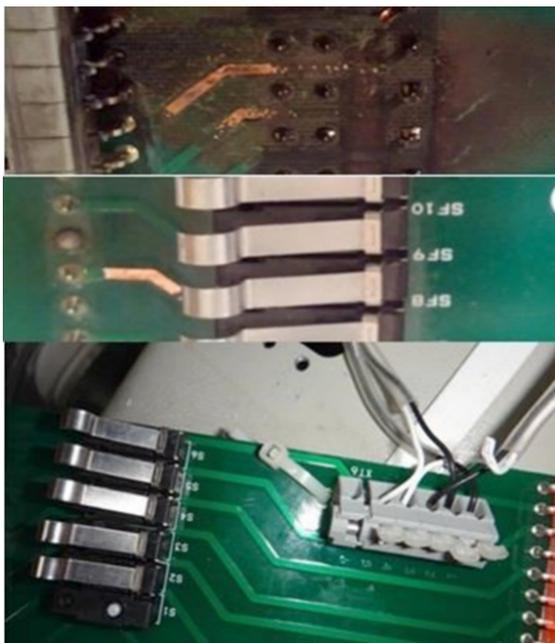


Рисунок 2 – Отказ вспомогательных контактов

3. Отказ вывод-шпилька (рис. 3). Причины – производственный дефект, превышение момента силы, прикладываемого к шпильке вывода, отсутствие герметика.



Рисунок 3 – Отказ вывод-шпилька

4. Отказы привода. Причины – заводской дефект, загрязнение магнитной системы, обрыв электромагнитов.

В таблице 1 приведены все отказы КМ и модуля управления СМ16 в Уральском регионе в период с 2017 по 2019 год [7].

Таблица 1 – Отказы КМ ВВ/TEL и МУ ВВ/TEL в период с 2017 по 2019 г. по Уральскому региону

Тип отказа	Количество
КМ ВВ/TEL	
Влага внутри опорного изолятора	4
Дефект ВДК	2
Дефект вспомогательных контактов	1
Дефект катушки привода	2
Загрязнение привода	2
Отсутствуют компоненты поставки	3
Механические повреждения	7
Неэффективный способ контрления узла вывод-шпилька	7
Неэффективный способ управления вспомогательными контактами	4
Термические повреждения	17
Несоответствие заявленным параметрам	76
МУ ВВ/TEL	
Дефект пайки/сборки	3
Дефект трансформатора питания	35
Дефект компонента в цепи СК	2
Неверно загруженные уставки типа ВВ	22
Отказ MLCC конденсатора	7
Отказ TNY	2

Тип отказа	Количество
Отказ встроенного ПО	32
Отказ входных цепей	39
Отказ входов управления	6
Отказ оптрона	94
Отказ реле	2
Отказ Т-моста	3
Отказ цепей сигнализации	1
Отказ внутренних разъемов	1
Перезаряд конденсаторов ВКЛ или ОТКЛ	10
Подано напряжение на вход ЭМ	2
Установлено неверное ПО	5
Через контакты реле пропущен недопустимый ток	1

Для наглядности построим диаграммы отказов КМ и МУ СМ16 ВВ/ТЕЛ (рис. 4, 5).

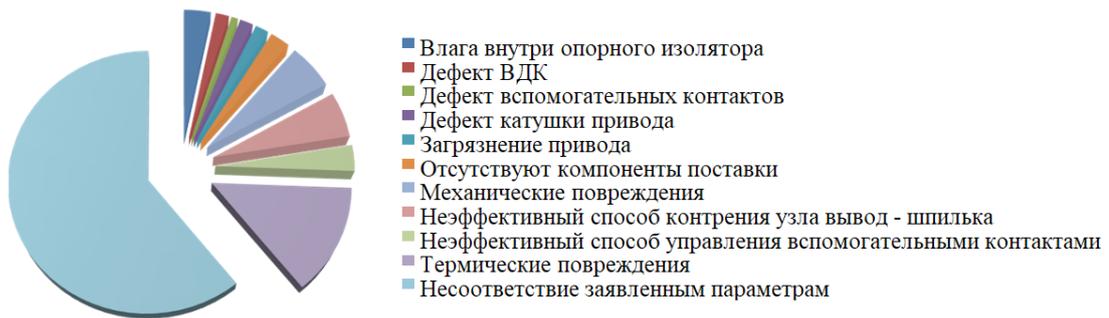


Рисунок 4 – Диаграмма выходом из строя КМ ВВ/ТЕЛ

## Отказы МУ СМ16

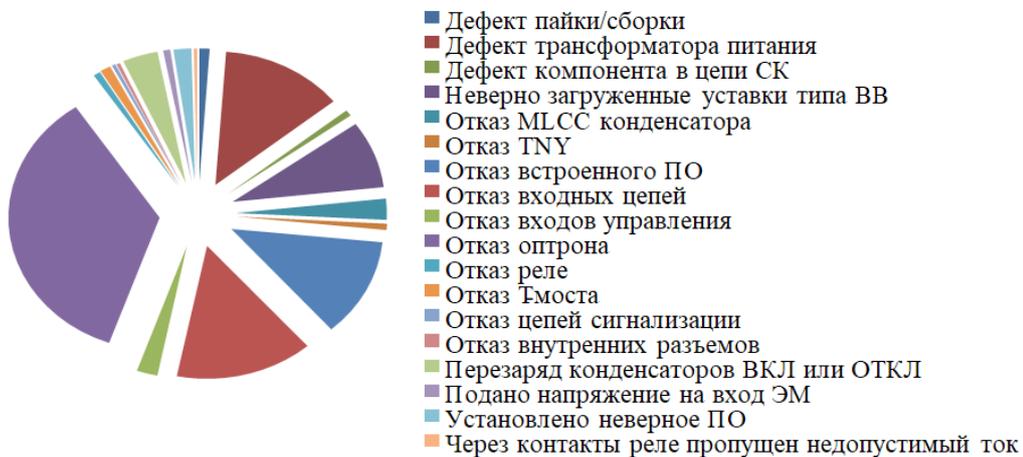


Рисунок 5 – Диаграмма выходом из строя МУ СМ16 ВВ/ТЕЛ

Как видно из диаграммы на рисунке 4, наиболее частой причиной выхода из строя КМ ВВ/TEL является отказ, классифицируемый как «несоответствие заявленным параметрам» – в данном случае подразумевается задержка во времени отключения. В указанный период был массовый отзыв КМ ВВ/TEL в связи с наличием излишка смазки в приводе, все КМ были заменены без каких-либо неудобств для потребителя и отправлены для разбирательств на завод-изготовитель. Подобный тип отказа также может быть следствием затирания тяги ручного отключения – такой случай сам по себе не является отказом и устраняется растачиванием отверстия для кнопки ручного отключения или переделкой конструкции самой тяги.

Следом за вышеупомянутым типом по количеству отказов следуют «термические и механические повреждения», они обусловлены ошибками монтажа, перевозки и эксплуатации потребителем. Для минимизации подобных типов отказов рекомендуется уделять особое внимание рекомендациям, указанным в руководстве по эксплуатации и руководстве по монтажу ВВ/TEL.

Наиболее частой причиной выхода из строя МУ СМ16 ВВ/TEL, как видно из диаграммы на рисунке 5, является отказ в цепи питания из-за низкой надежности элементов данной цепи. Ведутся работы по замене элементов питания на наиболее надежные и составляются рекомендации по эксплуатации модулей управления, находящихся в работе. На втором месте по количеству отказов находится тип отказа, классифицируемый как «Отказ встроенного ПО» – недоработка завода-изготовителя, на уровне производства данная проблема решена с 2016 г., на данный момент все выпускаемые МУ оборудованы усовершенствованным ПО. А те МУ, что были выпущены до 2016 г., планомерно оснащаются ПО силами региональных подразделений.

**Выводы.** На основании анализа отказов выявлено, что наименее надежным узлом вакуумного выключателя ВВ/TEL является модуль управления СМ16. Это связано с тем, что микроэлектронные модули являются более привередливыми в эксплуатации, чем электромеханические, а также с тем, что модуль управления вышел на рынок относительно недавно и все еще находится на стадии обкатки.

Наиболее частой причиной выходов из строя КМ ВВ/TEL является отказ, классифицируемый как задержка во времени отключения. На данный момент такие отказы уже не регистрируются в связи с доработкой конструкции коммутационного модуля.

Наиболее частой причиной выходов из строя МУ ВВ/TEL является отказ в цепи питания по причине низкой надежности элементов данной цепи.

### Список литературы

1. Васильев, Д. А. Повышение энергосбережения при применении частотных преобразователей / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелеева, В. А. Носков // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 3-х т. Ижевск, 14–17 февр. 2017 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – Т. 1. – С. 238–241.
2. Васильев, Д. А. Энергосберегающий режим работы асинхронного электропривода с частотным управлением / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелеева // Сельский механизатор. – 2021. – № 7. – С. 19–21.
3. Виноградов, А. В. Анализ повреждаемости электрооборудования электрических сетей и обоснование мероприятий по повышению надежности электроснабжения потребителей / А. В. Виноградов, Р. А. Перьков // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 12 (55). – С. 12–21.
4. Вуколов, В. Ю. Повышение эффективности электрических сетей 6–35 кВ / В. Ю. Вуколов, В. Л. Осокин, Б. В. Папков // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 12 (55). – С. 28–36.
5. Константинова, Е. Д. Повышение эффективности электрической сети 6–35 кВ при однофазных замыканиях на землю / Е. Д. Константинова, М. Н. Иванов // Актуальные проблемы автоматизации и энергосбережения в ТЭК России: материалы Всероссийского с международным участием научно-практического семинара, Нижневартовск, 06 апреля 2018 г. – Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2018. – С. 23–29.
6. Определение места установки реклоузера для повышения надежности электроснабжения / Л. А. Пантелеева, Т. А. Родыгина, И. Т. Русских, Г. М. Белова // Сельский механизатор. – 2020. – № 10. – С. 34–35.
7. Отказы в работе вакуумных выключателей ВВ/TEL. – URL: <https://ucmrsk-ural.ru> (дата обращения 20.10.2022).
8. Сорокин, Н. С. Повышение эффективности функционирования электрических сетей напряжением 6–35 КВ посредством контроля параметров электрической сети / Н. С. Сорокин // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2015. – № 209-2. – С. 92–95.
9. Тошходжаева, М. И. Повышение надежности системы электроснабжения как фактор устойчивого обеспечения народного хозяйства электроэнергией (на примере г. Худжанда РТ) / М. И. Тошходжаева // Вестник Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики. Серия общественных наук. – 2015. – № 3 (64). – С. 71–77.

10. Энергоэффективное управление асинхронным электродвигателем / Д. А. Васильев, Л. А. Пантелеева, П. Н. Покоев, В. А. Носков // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 4 (95). – С. 100–115.

УДК 621.31.031

**М. Л. Кривощекова, Л. А. Пантелеева**

*Удмуртский ГАУ*

## **СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Рассматриваются основные вопросы применения накопителей электроэнергии, раскрывается вопрос о повышении качества электроснабжения путем применения систем накопления электроэнергии (СНЭ).

**Актуальность.** Развитие генерации на базе возобновляемых источников энергии, увеличивающаяся неравномерность графика нагрузки, а также несбалансированность размещения объектов генерации определяют критическую важность развития технологий накопления и хранения энергии в целях исключения необходимости содержания и строительства новых избыточных резервов мощности.

Для захвата энергии, произведенной за короткий промежуток времени с целью ее использования в дальнейшем, доступны самые разные средства и технологии. Системы аккумуляции электрической и тепловой энергии являются наиболее распространенными, поэтому при проектировании современных объектов и инженерных систем именно они используются предприятиями.

Накопитель электрической энергии – это устройство, способное поглощать электрическую энергию, хранить ее в течение определенного времени и отдавать электрическую энергию обратно, в ходе чего могут происходить процессы преобразования энергии [1, 3].

Принципиальным отличием СНЭ от традиционных источников бесперебойного питания является то, что система накопления подключается не последовательно между сетью и нагрузкой, а параллельно с сетью. Это позволяет, помимо функции обеспечения

бесперебойного питания, реализовать еще ряд полезных функций. СНЭ, по сути, обладает двумя ключевыми возможностями: потребление электроэнергии от генератора (или сети) и возврат электроэнергии в нагрузку или сеть [7–10].

Развитие технологий СНЭ позволит повысить надежность работы энергосистемы, сделает ее более гибкой, сгладит пики потребления, расширит зоны распределенной генерации, внедрит в генерацию большой объем возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ), создаст возможность локального перехода на системы постоянного тока и снизит необходимость строгой одновременности процессов генерации, потребления и экономии ресурсов электроэнергии [2, 4–6].

**Цель и задачи.** Целью нашего исследования является повышение надежности электроснабжения потребителей. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- исследование систем накопления электроэнергии;
- рассмотрение понятия «надёжность»;
- выделение проблематичных мест.

**Объект и методы.** В настоящее время надежности и качеству электроэнергии уделяется особое место. С каждым годом потребители электрической энергии предъявляют высокие требования к поставляемой электроэнергии. Но изначально потребители были разделены на категории потребления электрической энергии.

Категории электроприемников по надежности их электроснабжения в общем виде сформулированы в ПУЭ. Основным критерием, характеризующим надежность, является время перерывов электроснабжения.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания. Электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб предприятию, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, угрозу для безопасности государства, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения. Перерыв в питании допускается на время включения резервного источника питания.

Электроприёмники II категории, нарушение электроснабжения которых связано с массовым недоотпуском продукции,

простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта. Электроприёмники снабжаются по двум независимым линиям, перерыв допускается на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой.

Электроприемники III категории – это все остальные электроприёмники. Перерыв в электроснабжении не вызывает значительного ущерба. Продолжительность перерыва определяется необходимым временем на замену вышедшего из строя электрооборудования, но не более суток.

Степень обеспечения надежности электроснабжения жилых зданий и отдельных потребителей определена в СП 31-110-2003.

В соответствии с этим различные потребители многоэтажных жилых домов, относящиеся к системам безопасности (пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной и охранной сигнализации и т.п.), относятся к I категории.

Жилые 1–8-квартирные дома с электроплитами относятся к III категории.

Жилые дома свыше 5 этажей с газовыми плитами – II категория, до 5 этажей – III категория.

Строения на участках садоводческих товариществ – III категория.

Однако для жилища повышенной комфортности и коттеджей заказчик вправе предъявить требования по обеспечению более высокой степени надежности электроснабжения, чем это предписано нормативными документами.

Для многоэтажных многоквартирных жилых домов, независимо от комфортности отдельно взятой квартиры, надежность электроснабжения общедомовых потребителей решается в проектах электротехнической части всего дома.

Учитывая, что, как правило, к любой квартире в многоквартирном доме проектами обеспечивается только один подвод питания, степень надежности электроснабжения такой квартиры будет определяться надежностью электроснабжения всего дома. Если в квартире имеются потребители, требующие более высокой категории надежности питания (например, компьютеры, системы безопасности – пожарной сигнализации, видеонаблюдения и т.п.), то целесообразно вопросы повышения надежности электроснабжения рассматривать в комплексе с вопросами качества электроэнергии (рис. 1).

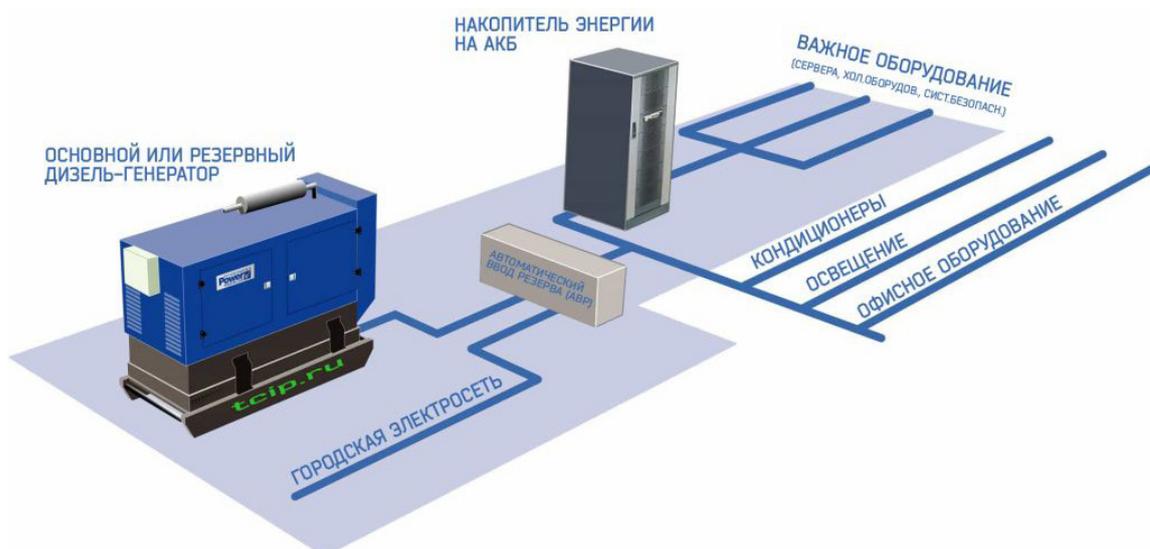


Рисунок 1 – Схема резервирования потребителей

**Результаты исследования и обсуждение.** Повышение надежности электроснабжения может быть достигнуто:

- обеспечением ввода от второго независимого источника питания;
- установкой автономных источников питания дизель-генераторной электростанции или агрегатов бесперебойного питания;
- решением электроснабжения отдельных потребителей в комплексе с вопросами качества электроэнергии.

Из этого следует, что надежность электропитания в основном зависит от принятой схемы электроснабжения, степени резервирования отдельных элементов схемы электроснабжения (линий, трансформаторов, электрических аппаратов и др.). Для выбора схемы и системы построения электрических сетей необходимо учитывать число и мощность потребителей, уровень надежности электроснабжения отдельных электроприемников.

Для надежности работы электрооборудования и приборов необходимо бесперебойное питание их электроэнергией с показателями качества, находящимися в допустимых пределах, регламентированных ГОСТ 13109-97.

Для этой цели используются следующие средства:

1. При длительных перерывах в электроснабжении автономные источники – дизельгенераторные установки (ДГУ), обеспечивающие электроснабжение либо всей установки, либо наиболее ответственных потребителей (в зависимости от требований и возможностей заказчика).

2. При кратковременных посадках или повышениях напряжения, а также отклонениях частоты – применение статических агрегатов бесперебойного питания (АБП) для питания чувствительных к помехам наиболее ответственных потребителей: компьютерной техники, а также систем связи, пожарной и охранной сигнализации.

3. При снижениях или повышениях напряжения питающей сети – стабилизаторы напряжения для обеспечения нормальной работы радио- и телевизионной аппаратуры.

4. При импульсных перенапряжениях – ограничители перенапряжения для защиты всех видов электрооборудования. Стабилизаторы напряжения выпускаются различными фирмами и широко представлены на рынке. Их выбор не зависит от электрооборудования питающей сети и определяется напряжением защищаемого устройства, его мощностью и напряжением питающей сети.

**Выводы.** Для достижения поставленной цели по повышению надежности электроснабжения были рассмотрены системы накопления электроэнергии, понятие надежности и качества электрической энергии, а также выделены параметры надежности и качества, требующие особого внимания.

#### Список литературы

1. Бахтеев, К. Р. Анализ систем автономного электроснабжения на базе традиционных источников и систем накопления электроэнергии / К. Р. Бахтеев // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее: сборник научных статей Всерос. научной конф. В 4-х т. Курск, 17–18 октября 2018 г. / Отв. ред. А. А. Горохов. – Курск: Университетская книга, 2018. – Т. 4. – С. 222–225.

2. Благодатских, И. А. Накопители энергии и их роль в энергосистеме / И. А. Благодатских // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – Т. 2 (13). – С. 1202–1206.

3. Гайснер, А. Д. Опыт применения систем накопления электроэнергии для повышения надежности и экономичности либерализованных систем энергетики / А. Д. Гайснер, Н. Л. Новиков // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Международный научный семинар им. Ю. Н. Руденко, Санкт-Петербург, 30 июня – 04 июля 2014 г. Выпуск 65. – Санкт-Петербург: Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2015. – С. 97–106.

4. Незевак, В. Л. Имитационная модель системы тягового электроснабжения для определения энергетических показателей в условиях работы систем на-

копления электроэнергии / В. Л. Незевак // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3 (67). – С. 70–80.

5. Незевак, В. Л. О сравнении энергетических параметров систем накопления электроэнергии для систем тягового электроснабжения постоянного и переменного тока / В. Л. Незевак // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2022. – Т. 81. – № 1. – С. 38–52.

6. Незевак, В. Л. Определение мощности и энергоемкости систем накопления электроэнергии для улучшения эксплуатационных показателей тягового электроснабжения / В. Л. Незевак // Известия Транссиба. – 2020. – № 2 (42). – С. 9–25.

7. Определение места установки реклоузера для повышения надежности электроснабжения / Л. А. Пантелеева, Т. А. Родыгина, И. Т. Русских, Г. М. Белова // Сельский механизатор. – 2020. – № 10. – С. 34–35.

8. Оценка развития возобновляемых источников энергии в России / Л. А. Пантелеева, В. А. Носков, Д. А. Васильев, С. Д. Булдакова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Ижевск, 16–19 февр. 2016 г. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 2. – С. 239–242.

9. Преображенский, Е. Б. Мобильная система накопления электроэнергии для временного усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока / Е. Б. Преображенский, А. В. Удовиченко, М. М. Никифоров // Известия Транссиба. – 2021. – № 4 (48). – С. 47–56.

10. Хатыленко, Р. М. Анализ эффективности систем накопления энергии для повышения качества электроэнергии в узлах с резкопеременной нагрузкой / Р. М. Хатыленко, В. М. Зырянов // Наука. Технологии, инновации: сборник научных трудов конф., Новосибирск, 30 ноября – 04 декабря 2020 г. Том Часть 4. – Новосибирск: Новосибирский ГТУ, 2020. – С. 94–97.

УДК 621.313.333

**К. В. Мартынов, Р. И. Гаврилов, А. Р. Киршин**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ СОВМЕЩЁННОЙ ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Оценивается потенциал применения переключений схемы совмещённой 12-зонной обмотки с целью улучшения энергетических характеристик или уменьшения пусковых токов. Приводятся результаты опытов холостого тока и короткого замыкания.

На практике хорошо известен способ пуска переключением со «звезды» на «треугольник». Он позволяет уменьшить пусковые токи в сети в три раза, при этом пусковой момент также снижается примерно в три раза. Переключение схемы обмотки может быть использовано не только для уменьшения пусковых токов, но и для регулирования работы двигателя. Так, при переключении обмотки статора с «треугольника» в «звезду» (при номинальном напряжении сети для схемы «треугольник») позволяет повысить КПД и  $\cos\phi$  двигателя при низких нагрузках. На рисунке 1 изображён пример зависимости КПД и  $\cos\phi$  от загрузки двигателя [2].

Кроме того, существуют секционированные двигатели, которые имеют больше ступеней регулирования, благодаря возможности параллельного и последовательного соединения частей обмоток. На рисунке 2 изображена зависимость КПД от загрузки для такого двигателя [11].

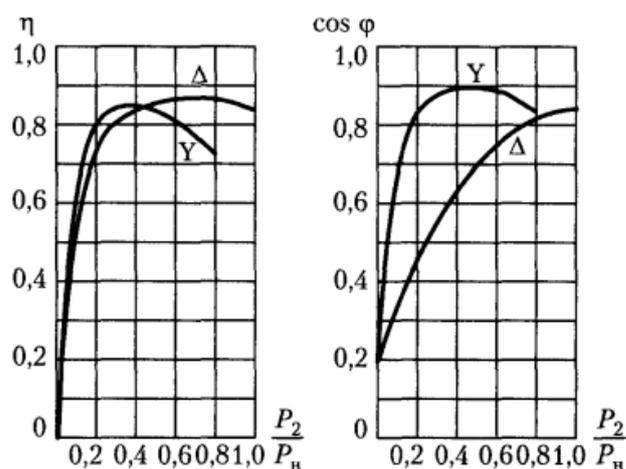


Рисунок 1 – Зависимость КПД (слева) и  $\cos\phi$  (справа) от загрузки двигателя [2]

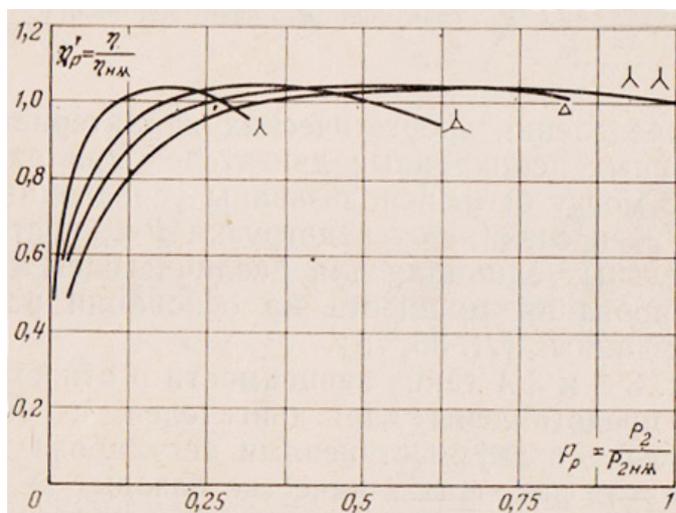


Рисунок 2 – Зависимость КПД от загрузки секционированного двигателя [11]

Регулирование двигателя путём переключения схемы обмотки может быть актуально для производственных процессов с непостоянной нагрузкой, например, обработка кормов и продуктов животноводства [11].

Существуют совмещённые 12-зонные обмотки, конструкцию которых можно представить как две трёхфазные обмотки, одна из которых соединена по схеме «звезда», другая – «треугольник» (рис. 3). Так и обмотки обладают чуть более высокими энергетическими характеристиками по сравнению со стандартными 6-зонными [3–10]. Однако в таких обмотках затруднена реализация способа пуска или регулирования путём переключения схемы обмоток.

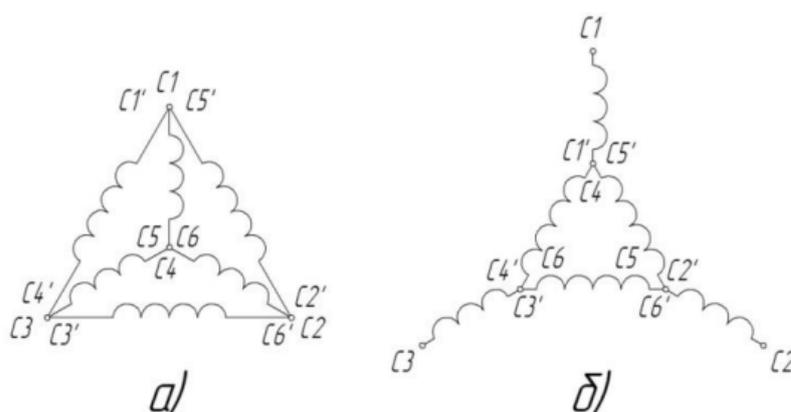


Рисунок 3 – Совмещённая обмотка с параллельным (а) и последовательным (б) соединением

Один из вариантов решения этой проблемы для варианта совмещённой обмотки с последовательным соединением «звезды» и «треугольника» приведён в работе [1]. В ней авторы предлагают смещать магнитные оси магнитных полей относительно друг друга, что приводит к изменению результирующего потока и, как следствие, сказывается на энергетических характеристиках двигателей. На рисунке 4 изображена схема с возможными вариантами углов смещения магнитных осей.

Однако стоит отметить, что данное решение рассматривалось, когда совмещённая обмотка имеет в качестве основного (номинального) соединения – последовательное соединение (рис. 3б). Теоретически, для основного параллельного соединения возможен способ регулирования с переключением на последовательное соединение. Суть его заключается в том, что при соединении, по рисунку 3б, напряжение на фазах двигателя будет примерно в 2 раза ниже, чем при параллельном соединении (рис. 5).

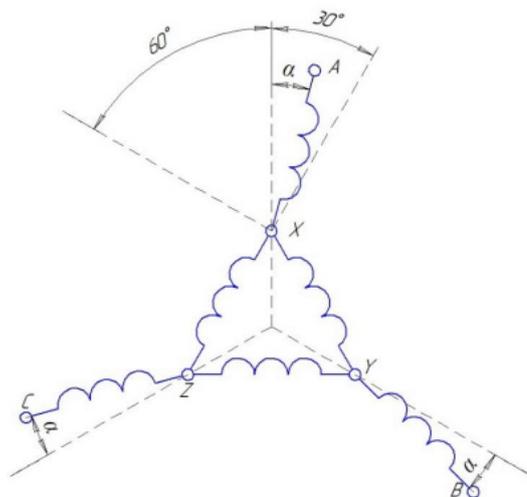
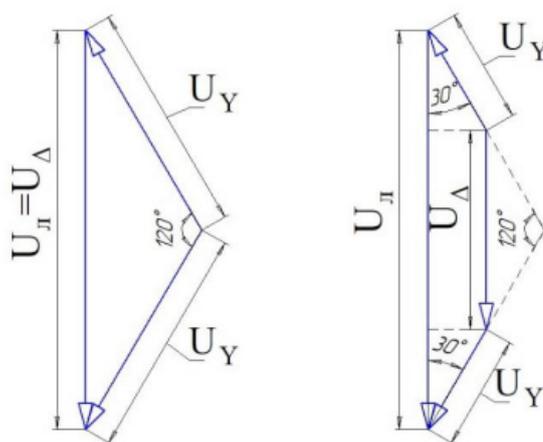


Рисунок 4 – Возможные варианты углов смещения магнитных осей [1]



а) б)

Рисунок 5 – Суммы длин векторов приложенных напряжений к фазам совмещённой обмотки:

а) при параллельном соединении; б) при последовательном соединении

**Цель работы** – оценить потенциал способа переключения между параллельным и последовательным соединением частей совмещённой обмотки для регулирования и пуска асинхронного двигателя.

**Материалы и методы исследования.** Испытания проводились на двигателе АИР71В4, который был предварительно перемотан на совмещённую обмотку. Номинальная мощность двигателя 0,75 кВт. Все 12 выводных концов обмотки были выведены, что позволяет менять её схему соединения.

Основное соединение (соединение, на которое рассчитана обмотка) обмотки двигателя – параллельное (рис. 3а).

Измерения электрических величин проводились с помощью комплекта измерительных приборов К505. Определялись значения линейных токов и потребляемой активной мощности по фазам. Напряжение выставлялось с помощью индукционного регулятора.

Для оценки потенциала способа регулирования путём переключения с параллельного на последовательное соединение был проведён опыт холостого хода. Испытание проводилось при трёх значениях фазного напряжения в линии: 210, 220 (номинальное) и 230 В. Перед испытаниями проводилась обкатка двигателя в течение 10 минут. В начале испытывалось параллельное соединение, затем последовательное.

Для оценки потенциала способа пуска путём переключения с последовательного на параллельное соединение был проведён опыт короткого замыкания: для параллельного соединения при напряжении 70 В, для последовательного при 70 и 140 В. В ходе испытаний определялся пусковой момент с помощью груза, подвешенного на балке.

Обработка результатов проводилась в Excel.

**Результаты испытаний.** В таблице 1 приведены результаты испытаний двигателя на холостом ходу.

В таблице 2 приведены результаты опыта короткого замыкания.

Таблица 1 – Данные опыта холостого хода

Напряжение, U, В	Параллельное соединение (Par.)		Последовательное соединение (Ser.)		Отношение величин (Par./ Ser.)	
	Ток $I_{0par}$ , А	Потери $P_{0par}$ , Вт	Ток $I_{0ser}$ , А	Потери $P_{0ser}$ , Вт	Ток $I_{0p/s}$	Потери $P_{0p/s}$
210	1,35	117,5	0,23	35,5	5,9	3,3
220	1,56	145,0	0,24	37,0	6,5	3,9
230	1,80	177,5	0,25	39,0	7,1	4,6

Таблица 2 – Данные опыта короткого замыкания

Напряжение, U, В	Параллельное соединение (Par.)			Последовательное соединение (Ser.)			Отношение величин (Par./ Ser.)		
	Ток $I_{к.par}$ , А	Потери $P_{к.par}$ , Вт	Момент $M_{п.par}$ , Н/м	Ток $I_{к.ser}$ , А	Потери $P_{к.ser}$ , Вт	Момент $M_{п.ser}$ , Н/м	Ток $I_{к.p/s}$	Потери $P_{к.p/s}$	Момент $M_{п.p/s}$ , Н/м
70	2,43	362,5	1,08	0,62	86,3	0,27	3,9	4,2	4
140	-	-	-	1,24	367,5	1,08	1,96*	0,99*	1*

*Примечание:* сравнивались значения параллельного соединения при 70 В с последовательным при 140 В.

**Выводы и обсуждения.** По результатам опыта холостого хода видно, что при переключении с параллельного соединения на последовательное значительно уменьшается ток и потери холостого хода, причём это изменение не линейно и тем выгодней, чем выше напряжение.

Это связано с сильной зависимостью свойств электротехнической стали от магнитного потока. Из результатов исследований можно сделать предположение, что применение переключения на последовательное соединение позволит улучшить энергетические характеристики двигателя при низких нагрузках. Однако стоит помнить, что снижение магнитного потока приводит к уменьшению перегрузочной способности и к увеличению скольжения двигателя. В результате увеличения скольжения возрастают потери в роторе при нагрузке, а значит необходимо найти диапазон нагрузки, при котором последовательное соединение может быть использовано для повышения эффективности работы двигателя.

По результатам опыта короткого замыкания видно, что применение способа пуска переключением последовательного соединения на параллельное позволяет уменьшить ток в линии и потребляемую активную мощность примерно в четыре раза. Кроме того, хоть в данном исследовании это и не рассматривалось, но можно сделать предположение, что ток, протекающий по фазам двигателя, уменьшится в два раза. Однако наряду с вышеописанными преимуществами, есть и недостаток – снижение пускового момента в четыре раза, что стоит учитывать при реализации данного способа на практике.

Данное исследование является вводным. Впереди необходимо решить множество задач, в частности, определить оптимальное время переключения между схемами во избежание больших бросков тока.

#### **Список литературы**

1. Cistelecan, M. V. Adjustable Flux Three-Phase AC Machines With Combined Multiple-Step Star-Delta Winding Connections / M. V. Cistelecan, F. J. T. E. Ferreira, M. Popescu // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2010. – № 2. – P. 348–355.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб.: Питер, 2010. – 350 с.
3. Мартынов, К. В. Гармонический анализ магнитодвижущей силы асинхронного двигателя с распределённой совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, В. А. Носков // Инновационные технологии для реализации программы научно-

технического развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 151–156.

4. Мартынов, К. В. Гармонический анализ магнитодвижущей силы асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, В. А. Носков // Развитие энергосистем АПК: перспективные технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии. – Троицк: Южно-Уральский ГАУ. – 2018. – С. 94–101.

5. Мартынов, К. В. Испытание асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой в качестве привода вентилятора / К. В. Мартынов, А. С. Корепанов, М. Л. Шавкунов, В. В. Капитонов // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 48–52.

6. Мартынов, К. В. Определение пусковых характеристик асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3 (67). – С. 62–68.

7. Мартынов, К. В. Оценка энергетических характеристик асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, Л. А. Пантелеева, И. А. Благодатских // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – № 6. – С. 109–118.

8. Мартынов, К. В. Совершенствование конструкции обмотки статора асинхронного двигателя / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 1 (26). – С. 5–12.

9. Мартынов, К. В. Перспективы применения совмещённой обмотки для снижения электрических потерь в статоре / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, Д. А. Васильев // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 1 (39). – С. 18.

10. Носков, В. А. Повышение эффективности обмоток машин переменного тока / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, К. В. Мартынов // Электротехника. – 2018. – № 1. – С. 39–43.

11. Регулируемые асинхронные электродвигатели в сельскохозяйственном производстве / В. Н. Адрианов, Д. Н. Быстрицкий, А. В. Павлов, Е. М. Чебуркина; под ред. Д. Н. Быстрицкого. – Москва: Энергия, 1975. – 400 с.

**П. А. Перевозчиков, Л. А. Пантелеева**

*Удмуртский ГАУ*

## **ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВЫХ РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В КАЧЕСТВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

Рассматривается возможность использования ветровой энергии на территории УР и сопутствующие этому проблемы.

**Актуальность.** В наши дни в общемировой практике утвердилась тенденция по увеличению доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии от экологически чистых источников. Устанавливаются в больших масштабах солнечные батареи на крышах домов, проектируются ветряные электростанции малой мощности для электроснабжения частных домов, утилизируется теплота различными способами. Индивидуальные источники электроэнергии подключаются к общей энергосистеме и отдают избыток своей энергии [1–3, 5–7].

**Цель и задачи.** Целью данной работы является оценка возможности и целесообразности применения ветровых ресурсов на территории Удмуртской Республики в качестве возобновляемого источника энергии. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда **задач**:

- 1) сделать краткий анализ проблем применения ветровых ресурсов на территории Удмуртской Республики в качестве возобновляемого источника энергии;
- 2) оценить перспективы внедрения.

**Объект и методы.** Ветряные электростанции производят электричество за счет энергии, создаваемой потоками воздуха – ветром [4, 8]. Для ветряных электростанций с горизонтальной осью вращения минимальная скорость ветра составляет:

- 4–5 м/сек – при мощности электростанции  $\geq 200$  кВт.
- 2–3 м/сек – если мощность электростанции  $\leq 100$  кВт.

В Удмуртской Республике преимущественно дуют ветра юго-западного направления, только в июле ощущается смена направления на северо-западное.

Рассмотрим данные по среднегодовой скорости ветра по районам Удмуртской Республики, представленные в таблице 1 [10].

Таблица 1 – Среднегодовая скорость ветра по районам УР

№	Район	Средняя скорость ветра за год, м/с
1	Алнашский	4,3
2	Балезинский	3,9
3	Вавожский	4,1
4	Воткинский	3,4
5	Глазовский	4,3
6	Граховский	4,0
7	Дебесский	4,2
8	Завьяловский	4,0
9	Игринский	4,1
10	Камбарский	3,6
11	Каракулинский	4,3
12	Кезский	4,2
13	Кизнерский	4,0
14	Киясовский	4,3
15	Красногорский	4,1
16	М.Пургинский	4,1
17	Можгинский	3,7
18	Сарапульский	4,1
19	Селтинский	4,3
20	Сюмсинский	4,3
21	Увинский	4,2
22	Шарканский	3,4
23	Юкаменский	4,0
24	Якшур-Бодьинский	3,9
25	Ярский	4,2
26	г. Воткинск	3,4
27	г. Глазов	3,4
28	г. Ижевск	4,0
29	г. Можга	4,0
30	г. Сарапул	3,4

Как можно заметить из данных, представленных в таблице выше, средняя годовая скорость ветра на территории УР составляет 4,0 м/с. Отклонения от этой величины за последние годы в среднем равняются 0,4 м/с. Максимальное как положительное, так и отрицательное отклонение составляет 1,0 м/с. В зависимо-

сти от того, холодное или же теплое время года, значения средней месячной скорости ветра немного различаются, в теплое время года – немного меньше, а в холодное – несколько больше. Также скорость зависит и от времени суток (табл. 2). Наибольшая средняя месячная скорость ветра (4,8 м/с) приходится на март, наименьшая (3,2 м/с) – на июль.

Таблица 2 – Средняя месячная скорость ветра (м/с) в различные часы суток

Время суток, ч	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
1 <sup>00</sup>	4,3	4,2	4,4	3,3	3,1	2,7	2,3	2,6	3,0	4,1	4,3	4,3
7 <sup>00</sup>	4,2	4,2	4,3	3,6	4,0	3,4	2,8	2,9	3,2	4,3	4,2	4,2
13 <sup>00</sup>	4,1	4,6	5,5	5,1	5,8	5,3	4,4	4,6	5,2	5,4	4,6	4,2
19 <sup>00</sup>	4,3	4,3	4,9	3,8	4,2	3,8	3,2	3,0	3,3	4,3	4,5	4,2

**Результаты исследования и обсуждение.** Несмотря на имеющиеся недостатки ветряных электростанций, а главная – переменная рабочая мощность ветрогенератора в течение суток, которая зависит от скорости ветра, следует говорить о целесообразности их строительства на территории Удмуртской Республики, так как ветра, которые дуют на территории республики, позволяют строить ветряные электростанции без каких-либо ограничений.

Теперь рассмотрим проблемы, по причине которых ветряные электростанции на данный момент не могут быть применены как основные источники питания в Удмуртской Республике [9].

1. Одна из самых значимых проблем – это экономическая эффективность использования, рассчитываемая из прогнозируемой стоимости 1 кВт·ч энергии, и оценивается в сравнении со стоимостью электроэнергии, вырабатываемой на ТЭЦ. Так, для нашей Удмуртской Республики стоимость 1 кВт·ч, вырабатываемого на ТЭЦ, будет дешевле примерно в 20 раз по сравнению с ветровой энергией. Только исходя из этого, можно сказать, что использование ветровой энергии может быть обосновано только на территориях, удаленных от централизованной системы электроснабжения.

2. Проблемы с нормативно-правовой базой в области сбережения энергии и увеличения энергетической эффективности экономики. Законодательство сейчас не стимулирует хозяйствующие субъекты применять возобновляемые источники энергии. Также законодатель не использует отличия в источнике получения энергии, как результат – единые тарифы на все виды источников энергии.

3. Отсутствуют какие-либо льготы при оплате налога на имущество для субъектов, которые вводят объекты генерации на основе возобновляемых источников энергии. Льготы или же снижение налогов позволило бы предприятиям внедрять объекты генерации ВИЭ, следовательно, самим обеспечивать энергетическими ресурсами собственный производственный процесс.

4. Отсутствие непосредственной поддержки от государства, реализуемой при предоставлении субсидий организациям на выплату затрат по процентам за выданные кредиты, полученные на строительство новых или усовершенствование эксплуатируемых установок, предназначенных для выработки энергии.

5. Как таковое отсутствие установок и генерирующих объектов, действующих на основе альтернативных источников энергии. Завышенная стоимость подобных объектов и высокие эксплуатационные затраты – это самые главные и значимые проблемы. Также зачастую у предприятий не бывает свободных финансовых ресурсов, и отсутствует возможность привлекать сторонние инвестиции.

**Выводы.** Из всего представленного выше можно сказать, что своими природными условия, а именно скоростью воздушных потоков, на котором и основан принцип выработки ветровой энергии, Удмуртская Республика очень хорошо подходит для использования ветряных электростанций, так как средняя скорость ветра по всей территории выше всех минимальных значений, значит, это позволит работать им бесперебойно. Поэтому в ближайшее время должна быть поставлена задача решить все препятствующие проблем для внедрения ветряных электростанций. Также решив эти проблемы, во многом откроются возможности использовать не только ветровую энергию, но и другие возобновляемые источники энергии, потенциал которых в Удмуртии довольно обширен.

#### Список литературы

1. Носков, В. А. Выбор трехфазного генератора для энергетической установки при использовании возобновляемых источников энергии малых рек / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1 (30). – С. 24–26.

2. Носков, В. А. Исследование процесса создания контактного соединения двух самонесущих изолированных проводов (СИП) с помощью прокалывающего зажима / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 1 (104). – С. 57–66.

3. Определение места установки реклоузера для повышения надежности электроснабжения / Л. А. Пантелеева, Т. А. Родыгина, И. Т. Русских, Г. М. Белова // Сельский механизатор. – 2020. – № 10. – С. 34–35.

4. Оптимизация аккумулирования энергии в гибридных системах ветроэнергетики и фотовольтаики / Л. М. А. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова. – 2020. – Т. 23. – № 2. – С. 100–108.

5. Пантелеева, Л. А. Теоретическое исследование контактного соединения проводов СИП и зажима ответвительного изолированного в воздушных сетях напряжением 220/380 / Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7 (122). – С. 38–47.

6. Разработка и исследование ферромагнитной пасты повышенной вязкости / И. Ю. Брагин, В. А. Носков, П. Н. Покоев [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 6 (109). – С. 36–47.

7. Расчет параметров ВЛ 10кВ при минимуме потерь мощности / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. Н. Иванов, Д. О. Кабанов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 2 (17). – С. 261–266.

8. Салопихин, Д. А. Перспективы развития ветроэнергетики в России / Д. А. Салопихин, Д. П. Омельченко, К. А. Чебанов // Деловой журнал Neftegaz. RU. – 2016. – № 11–12 (59–60). – С. 50–54.

9. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии / Л. А. Пантелеева, Д. А. Васильев, К. В. Мартынов, В. А. Носков. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – 59 с.

10. Энергосбережение в Удмуртской республике. – URL: <https://dealanenergo.ru/Statiy/vetro-nergetika-v-udmurtii> (дата обращения 29.11.2021).

УДК 621.316.5

**Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, И. А. Кибардин**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕКЛОУЗЕРОВ НА ПРИМЕРЕ ФИДЕРА 10 КВ**

Рассмотрены варианты применения секционирующих реклоузеров на воздушной линии напряжением 10 кВ, рассчитаны показатели надежности электроснабжения, на основе которых определены оптимальные места установки реклоузеров.

**Актуальность.** Основной задачей при использовании электрической энергии в сельскохозяйственном производстве является обеспечение надежного электроснабжения потребителей. Перерывы в подаче электроэнергии приводят к дезорганизации производственных процессов и наносят значительный материальный ущерб. Для повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей [1, 2, 3] необходимы переход к рациональным схемам распределительных сетей и широкое оснащение сельских электросетей современными техническими средствами.

**Цель исследований:** оценка надежности электроэнергетической системы при применении реклоузеров.

**Задачи исследований:** анализ показателей надежности электроснабжения, разработка оптимального варианта секционирования.

**Результаты исследования.** Одним из наиболее эффективных способов повышения надежности электроснабжения в распределительных сетях является реализация автоматического подхода к управлению аварийными режимами, при котором обеспечивается полная независимость работы пунктов секционирования от внешнего управления за счет применения реклоузера. Этот подход также получил название децентрализованного. Каждый отдельный аппарат, являясь интеллектуальным устройством, анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит ее реконфигурацию в аварийных режимах, т.е. локализацию места повреждения и восстановление электроснабжения потребителей неповрежденных участков сети. Основным эффектом от применения реклоузеров является снижение недоотпуска электрической энергии потребителям.

В зависимости от условий установки и выбранного варианта применения реклоузера часто возникает необходимость определения оптимальных мест расположения на ЛЭП. Для решения рассматриваемой задачи необходимо определение критерия оптимизации. Таким критерием является минимизация соответствующих показателей надежности после установки реклоузеров [4, 5]: суммарный годовой недоотпуск электрической энергии; количество и длительность отключений потребителей.

Суммарный годовой недоотпуск электрической энергии ( $\Delta W_{HO}$ ) используется в случае необходимости обеспечения повышения надежности потребителей фидера в целом. При этом опти-

мизация заключается в минимизации показателя по сети в целом. Целевая функция суммарного годового недоотпуска для сети записывается в виде [1, 8]:

$$\Delta W_{HO} = 0,01 \times \omega_0 \times T \times L \times Pp \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$Pp = S_{ном} \times \cos\varphi \times k3, \quad (2)$$

где  $\Delta W_{HO}$  – годовой недоотпуск электроэнергии (кВт·ч / год);

$\omega_0$  – удельная частота повреждений ВЛ 6–10 кВ, единиц на 100 км в год;

$T$  – среднее время восстановления одного устойчивого повреждения, ч;

$L$  – длина участка линии, км;

$Pp$  – расчетная активная мощность нагрузки, кВт;

$S_{ном}$  – полная номинальная мощность нагрузки, кВ·А;

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности;

$k3$  – коэффициент загрузки.

Количество и длительность отключений потребителя или группы потребителей ( $\omega_{II} T_{II}$ ) используются при адресном повышении надежности электроснабжения. Оптимизация заключается в минимизации показателей в отношении конкретного потребителя. Показатели рассчитываются отдельно для потребителей в пределах одного участка между реклоузерами по выражениям [3]:

$$\omega_{II} = 0,01 \times \omega_0 \times L \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $\omega_{II}$  – количество отключений потребителя в год, 1 / год.

$$T_{II} = \omega_{II} \times T \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $T_{II}$  – длительность отключения потребителя в год, ч/год.

Для оценки дополнительного эффекта в расчетные формулы показателей надежности вводится коэффициент  $k_{HV}$ .

Тогда выражения для расчета показателей надежности примут вид [8]:

$$\Delta W'_{HO} = 0,01 \times \omega_0 \times (1 - k_{HV}) \times T \times L \times S_{ном} \times \cos\omega \times k_3; \quad (5)$$

$$\omega'_{II} = 0,01 \times \omega_0 \times (1 - k_{HV}) \times L; \quad (6)$$

$$T'_{II} = \omega'_{II} \times T, \quad (7)$$

где  $k_{HV}$  – коэффициент, учитывающий влияние децентрализованной системы секционирования линий на количество аварийных отключений.

Для расчета показателей надежности электроснабжения потребителей до и после установки реклоузеров необходимо представлять, каким образом автоматическое секционирование ЛЭП с применением реклоузеров может повлиять на эти показатели. Из выражений (1, 4) видна линейная зависимость недоотпуска электрической энергии, количества и длительности отключений от составляющих:  $\omega_0$  – удельной частоты повреждений ЛЭП в год;  $T\Sigma$  – общего времени восстановления электроснабжения в год;  $T \times L \times S_{ном} \times \cos\varphi \times k_3$  – значения отключаемой нагрузки при одном отключении на участке длиной  $L$ .

Для оценки эффекта в расчетных выражениях (2–4) вводится дополнительный коэффициент  $k_{BB}$ . Выражения для расчета показателей надежности примут вид:

$$\Delta W'_{HO} = 0,01 \times \omega_0 \times (1 - k_{HV}) \times T \times k_{BB} \times L \times S_{ном} \times \cos\varphi \times k_3; \quad (8)$$

$$\omega''_{II} = 0,01 \times \omega_0 \times (1 - k_{HV}) \times L; \quad (9)$$

$$T'_{II} = \omega''_{II} \times T \times k_{BB}, \quad (10)$$

где  $k_{BB}$  – коэффициент, учитывающий влияние АПВ на общее время восстановления электроснабжения.

Для протяженных линий возникает задача определения места для оптимальной установки реклоузера. Рассмотрим воздушную ЛЭП 10кВ со следующими техническими данными: головной выключатель  $Q_{ЦП}$  отходящего от ПС фидера оснащен максимальной токовой релейной защитой и системой АПВ однократного действия; общая протяженность линии – 9,88 км. Протяженность ответвлений  $L_{отв1} = 6,638$  км,  $L_{отв2} = 0,269$  км,  $L_{отв3} = 0,069$  км,  $L_{отв4} = 0,13$  км,  $L_{отв5} = 0,13$  км,  $L_{отв6} = 1,6$  км,  $L_{отв7} = 0,13$  км,  $L_{отв8} = 4,05$  км,  $L_{отв9} = 0,26$  км, разделяющих линию на восемь магистральных участков,  $L_{маг1} = 0,58$  км,  $L_{маг2} = 0,45$  км,  $L_{маг3} = 0,39$  км,  $L_{маг4} = 0,39$  км,  $L_{маг5} = 1,1$  км,  $L_{маг6} = 4,7$  км,  $L_{маг7} = 0,52$  км,  $L_{маг8} = 1,75$  км, установлены потребители мощностью  $P1 = 52,312$  кВт,  $P2 = 61,302$  кВт,  $P3 = 30$  кВт,  $P4 = 57,45$  кВт,  $P5 = 63,286$  кВт,  $P6 = 17,724$  кВт,  $P7 = 106,266$  кВт,  $P8 = 47,056$  кВт; удельная частота повреждений ВЛ 10 –  $\omega_0 = 40$  единиц на 100 км в год; среднее время восстановления линии при повреждении –  $T_L = 6$  час.; среднее время восстановления при повреждении одного магистраль-

ного участка линии с ответвлением –  $T_{L1} = 0,35$  час.;  $T_{L2} = 0,27$  час.;  $T_{L3} = 0,24$  час.;  $T_{L4} = 0,24$  час.;  $T_{L5} = 0,67$  час.;  $T_{L6} = 2,85$  час.;  $T_{L7} = 0,32$  час.;  $T_{L8} = 1,06$  час.; устанавливаемый реклоузер снабжен максимальной токовой релейной защитой и системой АПВ.

Используем рассмотренные выше критерии оптимизации: минимум недоотпуска электроэнергии  $\Delta W_{HO}$  при повреждениях линии (1); количество отключений потребителей  $\omega_{II}$  (3); длительность их отключений  $T_{II}$  (4). Определим и сравним численные значения критериев при различных вариантах установки реклоузера в сети.

Рассмотрим варианты технических характеристик сети при установке реклоузера после точки подключения соответствующего ответвления (рис. 1). Реклоузер установлен за точкой присоединения отпайки 1, разделяя ВЛ на две части. Первая часть линии  $L_1$  защищена от короткого замыкания  $K1$  релейной защитой, воздействующей на головной выключатель фидера  $Q_{L1P}$ , вторая часть  $L_2$  защищена от КЗ  $K2$  релейной защитой, воздействующей на выключатель реклоузера  $Q_R$ .

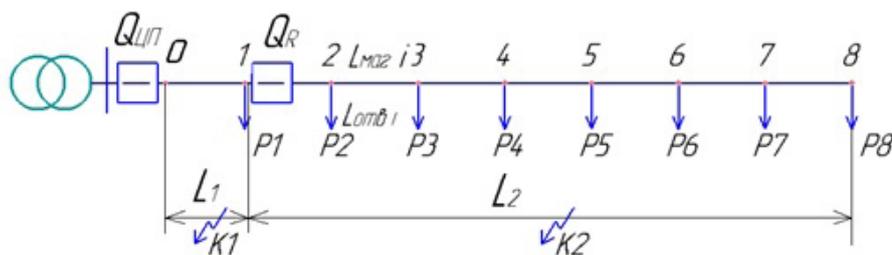


Рисунок 1 – Секционирующий реклоузер установлен за точкой 1

Недоотпуск электроэнергии при КЗ на участках  $L_1$  и  $L_2$  определяется согласно выражению (1). Учитывая влияние АПВ на количество и длительность отключений, используем коэффициенты  $k_{HV}$ ,  $k_{BB}$  и выражение (8). Примем значение  $k_{HV} = 0,2$  в предположении наличия двукратного АПВ на реклоузерах и однократного АПВ в центре питания. Значение  $k_{BB} = 0,6$  принимается в предположении величины эффекта 40 %, тогда недоотпуск электроэнергии на части линии можно определить по выражению:

$$\Delta W_{HO} = 0,01 \cdot w_0 \cdot (1 - k_{HV}) \cdot k_{BB} \cdot T \cdot \left\{ \sum_{j=1}^m (L_{Lj}) \cdot \left[ \sum_{i=1}^n P_{potvi} \right] \right\} \quad (11)$$

где  $T$  – среднее время восстановления линии, ч;

$L_{Lj} = L_{отвj} + L_{магj}$  – длина соответствующего  $j$ -участка части линии, км;

$L_{отвj}$  – длина  $j$  – ответвления, км;

$L_{магj}$  – длина  $j$  – магистрального участка линии, км;

$P_{Li}$  – расчетная нагрузка  $i$  – ответвления линии, кВт.

Количество повреждений  $\omega_{II}$  и длительность отключений потребителей  $T_{II}$  рассчитываются отдельно по выражениям (3) и (4).

При установке реклоузера за точкой присоединения отпайки 1 недоотпуск электроэнергии составляет:

$$\begin{aligned} \Delta W_{HO} = & 0,01 \times 40 \times 0,8 \times 6 \times 0,6 \times ((0,269 + 0,58) \cdot (52,312 + \\ & + 61,302 + 30 + 57,45 + 63,286 + 17,724 + 106,266 + 47,056) + \\ & (6,369 + 9,3) \times (61,302 + 30 + 57,45 + 63,286 + + 17,724 + \\ & + 106,266 + 47,056)) = 7340,77 \text{ кВт ч/год.} \end{aligned}$$

Годовое количество отключений:

$$w_{II} = 0,01 \cdot w_0 \cdot \sum_{j=1}^m (L_{отвj} + L_{магj}) \quad (12)$$

$$\omega_{II1} = 0,01 \times 40 \times (0,269 + 0,58) = 0,340 \text{ год}^{-1};$$

$$\omega_{II2} = 0,01 \times 40 \times (6,638 + 9,88) = 6,607 \text{ год}^{-1}.$$

Годовая длительность отключений потребителей:

$$T_{II1} = 0,340 \times 6 = 2,038 \text{ ч/год.}$$

$$T_{II2} = 6,607 \times 6 = 39,642 \text{ ч/год.}$$

Средняя длительность отключения потребителей всей линии:

$$T_{Icp} = \omega_{II1} \times T_1 + (\omega_{II2} - \omega_{II1}) \times T_2. \quad (13)$$

где  $T_1$  – среднее время восстановления при повреждении магистрального участка линии с ответвлениями до установленного реклоузера;

$T_2$  – после, ч/год.

$$T_{Icp} = 0,34 \cdot 0,352 + (6,607 - 0,34) \times 5,648 = 35,518 \text{ ч/год.}$$

Аналогично рассчитаем недоотпуск электроэнергии  $\Delta W_{HO\Sigma}$ , количество повреждений  $\omega_{II}$  и длительность отключений потребителей  $T_{II}$  для случаев, когда реклоузер установлен за точками 2, 3, 4, 5, 6 и 7 присоединения отпайки к магистрали. Полученные результаты занесем в таблицу 1.

Рассмотрим варианты технических характеристик сети при установке реклоузера перед точкой подключения соответствующей отпайки.

Реклоузер перед точкой присоединения отпайки 2 (рис. 2).

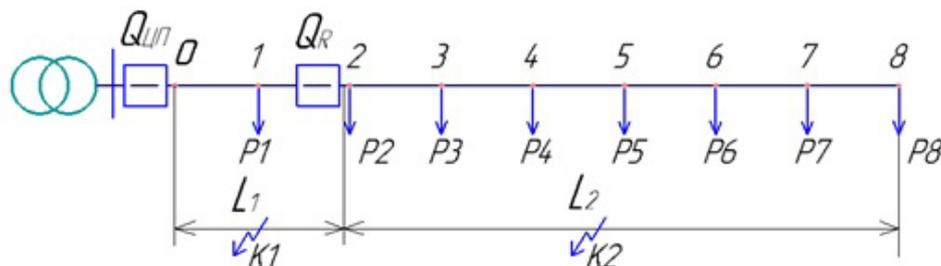


Рисунок 2 – Секционирующий реклоузер установлен перед точкой 2

$$\Delta W_{HO} = 0,01 \times 40 \times 0,8 \times 6 \times 0,6 \times ((0,269 + 1,03) \times (52,312 + 61,302 + 30 + 57,45 + 63,286 + 17,724 + 106,266 + 47,056) + (6,369 + 8,85) \times (61,302 + 30 + 57,45 + 63,286 + 17,724 + 106,266 + 47,056)) = 7367,89 \text{ кВт ч/год.}$$

$$\omega_{п1} = 0,01 \times 40 \times (0,269 + 1,03) = 0,519 \text{ год}^{-1};$$

$$\omega_{п2} = 0,01 \times 40 \times (6,638 + 9,88) = 6,607 \text{ год}^{-1};$$

$$T_{п1} = 0,519 \times 6 = 3,283 \text{ ч/год.}$$

$$T_{п2} = 6,607 \times 6 = 39,642 \text{ ч/год.}$$

$$T_{пср} = 0,519 \times 0,626 + (6,607 - 0,519) \times 5,374 = 33,043 \text{ ч/год.}$$

Аналогично рассчитаем недоотпуск электроэнергии  $\Delta W_{HO\Sigma}$ , количество повреждений  $\omega_{п}$  и длительность отключений потребителей  $T_{п}$  для случаев, когда реклоузер установлен перед точками 3,4,5,6 и 7 присоединения отпаек. Полученные результаты занесем в таблицу 2.

Таблица 1 – Изменение показателей надежности при установке реклоузера за точкой подключения отпайки

Номер точки отпайки	Показатели надежности вариантов на участках $L_1 / L_2$ (усредненное значение показателя)		
	$\Delta W_{HO}$ , кВт·ч/год	$\omega_{п}$ , год <sup>-1</sup>	$T_{п}$ , ч/год
1	7340,77	0,34/6,607	2,038/39,642 (35,518)
2	6302,15	0,547/6,607	3,283/39,642 (32,717)
3	5864,60	0,755/6,607	4,531/39,642 (30,717)
4	5016,80	0,963/6,607	5,779/39,642 (28,719)
5	4810,33	2,043/6,607	12,259/39,642 (22,929)
6	6146,87	3,975/6,607	23,851/39,642 (22)
7	7385,83	5,803/6,607	34,819/39,642 (29,506)

Таблица 2 – Изменение показателей надежности при установке реклоузера до точки подключения отпайки

Номер точки отпайки	Показатели надежности вариантов на участках $L_1 / L_2$ (усредненное значение показателя)		
	$\Delta W_{HO}$ , кВт·ч/год	$\omega_{п}$ , год <sup>-1</sup>	$T_{п}$ , ч/год
2	7367,89	0,519/6,607	3,118/39,642 (33,043)
3	6353,20	0,703/6,607	4,219/39,642 (30,939)
4	5929,12	0,911/6,607	5,467/39,642 (28,917)
5	5271,58	1,403/6,607	8,419/39,642 (24,507)
6	6241,63	3,923/6,607	23,539/39,642 (21,831)
7	6315,84	4,183/6,607	25,099/39,642 (23,23)

Для определения оптимального места установки построим графики зависимости рассчитанных значений суммарного недоотпуска электроэнергии при КЗ в функции варианта места установки реклоузера (рис. 3) и зависимости годовой длительности отключений потребителей при КЗ в функции варианта места установки реклоузера в сети (рис. 4).

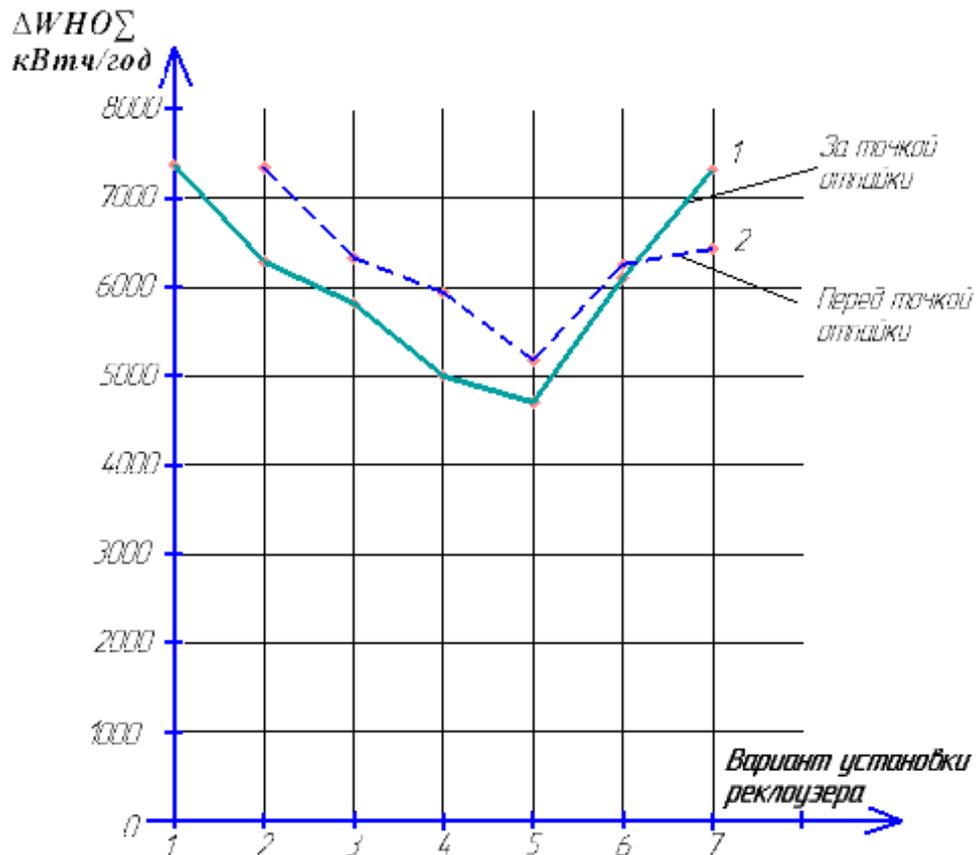


Рисунок 3 – Зависимости суммарного недоотпуска электроэнергии при КЗ в функции варианта места установки реклоузера в сети

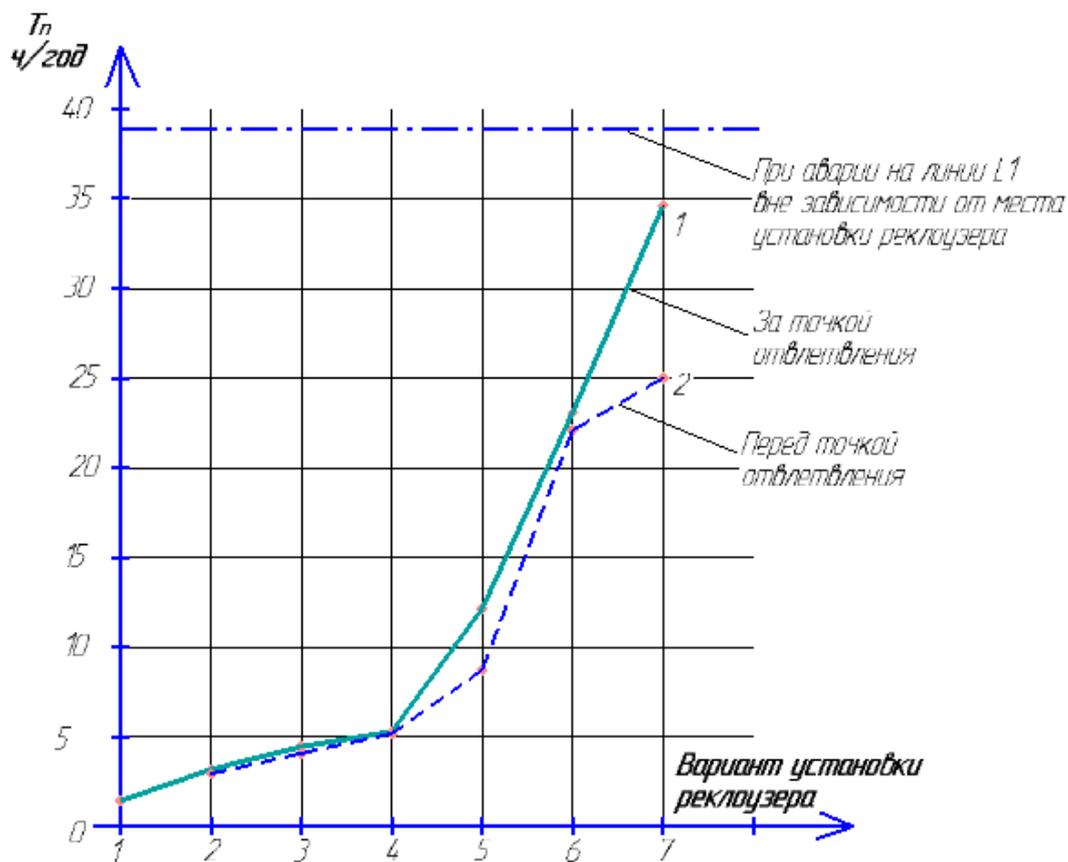


Рисунок 4 – Зависимости годовой длительности отключений потребителей при КЗ в функции варианта места установки реклоузера в сети

**Выводы.** Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Графики показывают, что место установки реклоузера в сети влияет на недоотпуск электроэнергии при перерывах электроснабжения, связанных с поиском и ликвидацией повреждения. При установке реклоузера за точкой присоединения отпайки (1–7) разность между максимальным и минимальным значением недоотпуска электроэнергии составляет 2575,5 кВт·ч / год. При установке реклоузера перед точкой присоединения отпайки (1–7) разность между максимальным и минимальным значением недоотпуска электроэнергии составляет 2096,31 кВт·ч / год.

2. При установке реклоузера за точкой присоединения ответвления (1–7) минимальное значение недоотпуска электроэнергии достигается за точкой присоединения ответвлений 5 и составляет 4810,33 кВт·ч / год., что на 9,8 % меньше, чем минимальное значение на втором графике (рис. 3). Следовательно, это и есть точка оптимальной установки реклоузера в рассматриваемой линии.

## Список литературы

1. Алферова, Т. В. Надежность электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса: учеб. пособ. / Т. В. Алферова, О. Ю. Пухальская, А. А. Алферов. – М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 112 с.
2. Повышение качества электроэнергии для потребления в нефтедобывающей отрасли / И. Г. Поспелова, Т. А. Широбокова, В. Н. Кузьмин [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – Т. 68. – № 1 (42). – С. 23–28. – DOI 10.22314/2658-4859-2021-68-1-23-28. – EDN KTVUFJ.
3. Иванов, И. С. Внедрение реклоузеров в целях повышения надежности электроснабжения / И. С. Иванов, А. В. Вятчанин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА, 2018.
4. Выбор оптимальной конфигурации ВЛ 0,4 кВ села Орловское Сюмсинского района Удмуртской Республики с целью минимизации потерь активной мощности в линии с коммунально-бытовой нагрузкой / Н. П. Кочетков, Т. А. Широбокова, Т. В. Цыркина, И. А. Перминов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 3 (24). – С. 24–27. – EDN QBJCID.
5. Никитенко, Г. В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение сельского хозяйства: учеб. пособ. / Г. В. Никитенко, Е. В. Коноплев. – СПб.: Лань, 2018. – 316 с.
6. Бакиров, С. М. Выбор стратегии технической эксплуатации электрооборудования сельского хозяйства в рыночных условиях / С. М. Бакиров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2011. – № 4. – С. 29–31. – EDN NQVCON.
7. Сазыкин, В. Г. Децентрализованное управление распределительными электрическими сетями 6–10 кВ АПК: коллективная монография / В. Г. Сазыкин, А. Г. Кудряков // Актуальные вопросы технических наук: теоретический и практический аспекты. – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. – 121 с.
8. Лошкарев, И. Ю. Значение диагностики в процессе эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве / И. Ю. Лошкарев, Г. П. Ерошенко, С. М. Бакиров // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 01–30 апреля 2013 г. / Под ред. А. В. Павлова. – Саратов: Буква, 2013. – С. 84–85. – EDN ТТКРIN.
9. Ерошенко, Г. П. Основы технической эксплуатации электрического и электромеханического оборудования / Г. П. Ерошенко, Н. П. Кондратьева, С. М. Бакиров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Научно-издательский центр Инфра-М, 2022. – 295 с. – DOI 10.12737/1058537. – EDN CPPASH.
10. Янукович, Г. И. Электроснабжение сельского хозяйства: практикум / Г. И. Янукович, И. В. Протосовицкий, А. И. Зеленкевич. – Москва: Инфра-М, 2018. – 304 с.

**Р. В. Эжбаев, Л. А. Пантелеева**

*Удмуртский ГАУ*

## **ПРОКАЛЫВАЮЩИЙ ОТВЕТВИТЕЛЬНЫЙ ЗАЖИМ ДЛЯ САМОНЕСУЩЕГО ИЗОЛИРОВАННОГО ПРОВОДА (СИП)**

Описано применение прокалывающего ответвительного зажима для самонесущего изолированного провода. Рассмотрены и проанализированы преимущества прокалывающего зажима, а также его выбор и специфика.

**Актуальность.** Чтобы легко и просто осуществлять соединение проводов, не снимая изоляцию, применяют прокалывающие зажимы [1–8, 10]. Современные технологии нашего общества достигли того, что такое контактное соединение в зажиме должен быть постоянным и герметичным, а самое главное – надежным в течение всего срока службы линий электропередач, а это 40 и более лет [9].

В большинстве случаев прокалывающие зажимы применяются для того, чтобы ввести электричество, подключиться к воздушной линии, при этом можно не проводить отключение.

**Цель и задачи.** Целью нашего исследования является определение перспектив контактного соединения из двух самонесущих изолированных проводов, выполненное с помощью прокалывающего ответвительного зажима. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- исследование характеристик прокалывающего ответвительного зажима;
- выделение ряда преимуществ данного зажима.

**Объект и методы.** При выборе подходящего прокалывающего зажима необходимо обратить внимание на следующие характеристики:

- 1) показатель сечения подключаемого провода. Одноболтный вариант имеет показатель не выше 95–120 мм кв, у двуболтных конструкций он может составлять не больше 240 мм кв;
- 2) число болтов. Зажим имеет 1 или 2 болта. Разница заключается в допустимом сечении провода и максимальной силе тока;
- 3) по типу соединения. Зажимы могут быть соединены между собой: голый провод и СИП или СИП и СИП.

Для подключения ответвляющей линии от магистральной используется прокалывающий зажим. Зажим соединяет два провода методом прокола, а значит, не требуется снимать изоляцию с провода, в то же время снаружи зажим создает надежную изоляцию ответвления. Специфика такова, что необходимо установить на магистральный изолированный провод зажим через предназначенное для этого отверстие и надежно его зафиксировать. Внешний подключаемый провод необходимо провести через второе отверстие. При помощи ключа на 13 или 17 следует закрутить головку зажима. Необходимое усилие создается благодаря тому, что при закручивании, после прокола изоляции обоих проводов внутри зажима и создания надежного контакта, головка срывается, а контакты внутри зажима надежно фиксируются.

**Результаты исследования и обсуждение.** Применение ответвительных зажимов в работе дает множество преимуществ:

1. Возможность работы под напряжением. Зажим позволяет делать отводку от магистрального СИП, не обесточивая линию.

2. Возможность соединения проводов из разных металлов: медь и алюминий, при условии, что они одножильные.

3. Зажим имеет контроль затяжки – с помощью срывной головки, например, в ответвительном зажиме Р95 она алюминиевая, или с помощью динамометра. Срыв головки означает достижение необходимого давления.

4. С помощью второго винта можно подобно осуществить демонтаж зажима.

5. Герметичность корпуса у соответствующих моделей. Испытания на герметичность проводятся в воде током повышенного напряжения.

6. Компенсация температурных расширений.

7. Скорость монтажных работ.

8. Широкий диапазон калибров проводов, которые можно подключить таким способом.

Необходимо знать, что недопустимо использование ответвительных зажимов для стыковки проводов внутри конструкции, причиной тому является отсутствие возможности достижения требуемого уровня герметичности, что может привести к попаданию внутрь влаги, а в конечном итоге к аварии.

Стандартный зажим для самонесущего изолированного провода, в зависимости от производителя и назначения, может выдерживать напряжение в 35 кВ переменного тока и ток до 100 А.

**Выводы.** В ходе исследования прокалывающего ответвительного зажима было выявлено множество достоинств, что успешно влияет на надежность и совершенствование контактного соединения СИП в воздушных распределительных сетях.

#### Список литературы

1. Гаврилов, И. Энергоэффективные ВЛИ 0,4 кВ, или как сэкономить 2000 рублей на прокалывающем зажиме. ООО "СИКАМ" / И. Гаврилов // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2014. – № 1 (22). – С. 84–85.
2. Комплексные решения для ВЛЗ 6-35 кВ. ПО "Форэнерго" // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2018. – № 3 (48). – С. 78–81.
3. Лакомов, И. В. Особенности и основная характеристика проводов марки СИП / И. В. Лакомов, Ю. М. Помогаев, Д. Г. Козлов // Современные научно-практические решения XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 21–22 декабря 2016 г. / Под общ. ред. В. И. Оробинского, В. Г. Козлова. – Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2016. – С. 169–173.
4. Мероприятия по повышению электробезопасности персонала при работе с воздушными линиями на основе СИП / А. В. Закабунин, Т. В. Миги, В. М. Мальцев, А. В. Андреев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 38 (43). – С. 42–47.
5. Морозов, Д. А. Особенности крепления провода СИП на ВЛЗ 6-20 кВ с линейной арматурой без снятия изоляции / Д. А. Морозов // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 3 (60). – С. 62–65.
6. Носков, В. А. Исследование процесса создания контактного соединения двух самонесущих изолированных проводов (СИП) с помощью прокалывающего зажима / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 1 (104). – С. 57–66.
7. Общие требования к линиям электропередач напряжением 0,4–20 кВ / В. М. Расторгуев, Т. В. Ивкина, С. Н. Одзиляев, Д. В. Сорокин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2020. – № 33 (38). – С. 84–88.
8. Пантелеева, Л. А. Теоретическое исследование контактного соединения проводов СИП и зажима ответвительного изолированного в воздушных сетях напряжением 220/380 / Л. А. Пантелеева, А. В. Масленников // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7 (122). – С. 38–47.
9. Расчет параметров ВЛ 10кВ при минимуме потерь мощности / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, А. Н. Иванов, Д. О. Кабанов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 2 (17). – С. 261–266.
10. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения / Е. Е. Привалов, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов, В. А. Ярош. – Москва-Берлин: Директмедиа Паблшинг, 2018. – 1 с.

УДК 631.371:621.384.52

**А. П. Антонов, Р. И. Гаврилов**

*Удмуртский ГАУ*

## **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОЗОНИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Рассмотрены свойства озона и возможности применения технологий озонирования в сельскохозяйственном производстве, обозначены основные проблемы использования технологии.

**Актуальность.** Научно-технический прогресс в наши дни охватывает все отрасли производства, в том числе и сельскохозяйственную. Применение современных технологий дает возможность повышать количество и качество производимой продукции. Также в современных условиях производства на первый план выходят экологически чистые технологические процессы, исключая применение ядохимикатов и вредных веществ. В различных отраслях агропромышленного комплекса используется ряд мероприятий, направленных на уничтожение микроорганизмов на поверхности технологического оборудования, сельскохозяйственной продукции и в воздушной среде сельскохозяйственных объектов. Наиболее распространенным способом дезинфекции сегодня является химический процесс, заключающийся в обработке помещений растворами или парами химических дезинфицирующих средств. Наряду с неоспоримыми преимуществами этого метода, например, такими, как низкая стоимость, простота использования, следует отметить существенные недостатки. Многие химические вещества, используемые для дезинфекции, такие, как формальдегид, фенолы, хлорсодержащие вещества, кислоты, щелочи, попадая после использования на землю, грунтовые воды, воздушную среду, наносят ущерб окружающей среде. Неправильное использование этих веществ может привести к отравлению людей и других живых организмов. Кро-

ме того, длительное воздействие этих веществ может привести к различным хроническим заболеваниям.

Одной из технологий, позволяющих обеспечить дезинфекцию, дезодорацию, стерилизацию как производственных помещений, так и материалов, является процесс озонирования. Озонирование обладает рядом преимуществ: высокие окислительные свойства, хорошая растворимость в воде, бактерицидные свойства, очищение воздуха, пагубное воздействие на большинство вредных микроорганизмов, вирусов, грибков и т. д., что обуславливает высокую перспективность применения в сельскохозяйственном производстве. При этом сводится к минимуму использование химических веществ, таких, как антибиотики, стимуляторы роста, пестициды, вредно влияющие на организм человека и окружающую среду. Указанные выше особенности обуславливают актуальность применения технологий озонирования в сельскохозяйственном производстве.

**Цель исследований:** рассмотреть решения проблемы использования технологий озонирования в сельскохозяйственном производстве.

**Задачи исследований:** рассмотреть свойства озона; произвести обзор применения озонирования в сельскохозяйственных технологических процессах; рассмотреть способы его генерации; выявить основные проблемы использования.

**Материалы и методы исследования.** Используются теоретические и методические основы исследований и работ в области озонирования сельскохозяйственных объектов и продуктов.

**Результаты исследования.** Озон ( $O_3$ ) является очень нестабильной формой кислорода ( $O_2$ ). Он создается естественным образом в атмосфере, солнечными ультрафиолетовыми лучами на кислороде. Любой источник энергии, который достаточно мощный, чтобы разрушить молекулу кислорода, потенциально будет генерировать озон. Озон наиболее эффективен, когда уровень рН (количество кислотности или щелочности) колеблется между 6,0 и 8,5.

Озон является сильным окислителем, тем самым оказывает пагубное влияние на бактерии, плесневые и дрожжеподобные грибки и вирусы, повреждая их клеточную оболочку, уничтожая или предотвращая их способность к размножению. По бактерицидным свойствам озон на порядок эффективнее ультрафиолетовых кварцевых ламп [1].

Для процесса озонирования данный газ можно получать из окружающего воздуха при помощи специальных генераторов, что исключает необходимость его хранения и аккумуляирования. Озон генерируется посредством электрического синтеза кислорода, содержащегося в воздухе [2, 4].

Применение озонирования в сельском хозяйстве имеет достаточно широкий спектр областей: растениеводство, животноводство, рыбоводство, кормопроизводство и хранение продуктов, что обуславливает множество озонных технологий, которые условно можно разделить на два больших направления. Технологии первого направления стимулируют жизнедеятельность живых организмов. С этой целью применяются концентрации озона на уровне ПДК, например, санация помещений с животными и растениями для улучшения комфортности их пребывания. Второе направление связано с подавлением жизнедеятельности вредных организмов или с устранением вредных загрязнений из окружающей атмосферы и гидросферы. Концентрации озона в этом случае намного превышают значения ПДК. К таким технологиям относятся дезинфекция тары и помещений, очистка газовых выбросов птицеферм, свинарников, обезвреживание сточных вод сельскохозяйственных предприятий и т.д. [5, 8].

В сельскохозяйственном производстве использование озона может решить следующие задачи: обработка помещений различного назначения (пищевые цеха, холодильные камеры, животноводческие помещения и т.д.) с целью дезинфекции; стерилизация продукции в молочном производстве; обогащение питательных сред; обеззараживание воды; очистка продукции от пестицидов, антибиотиков, бактерий, личинок паразитов; очистка воздуха от неприятных запахов; очистка воды от хлора и других химических соединений и т.п. В настоящее время наиболее часто озонирование применяется для хранения овощных культур и зерна, предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур с целью повышения посевных качеств и урожайности и устойчивости к внешним вредным факторам, минимизации применения пестицидов, уничтожения вредителей и борьбы с болезнями растений, обеспечения благоприятных параметров микроклимата в животноводческих и бытовых помещениях [5].

Спектр применения озонирования в сельском хозяйстве достаточно обширен, далее рассмотрим проблемы в некоторых технологиях предпосевной обработки зерна.

Одним из способов является обработка семенного материала в емкости с определенной скоростью концентрации озона  $10\text{--}18\text{ мг/м}^3$  в течение  $5\text{--}7$  минут [1]. Проблемой данного способа является то, что для обработки семян применяется озono-воздушная смесь, которая при недостаточной влажности снижает эффективность воздействия озона, образуя кислотные соединения, приносящие вред живым организмам.

Также существует технология, при которой семена обрабатывают в емкости, вращающейся со скоростью  $120\text{--}150$  об/мин, подача озono-воздушной смеси осуществляется производительностью  $30\text{ м}^3/\text{ч}$  с концентрацией озона  $10\text{--}80\text{ мг/м}^3$  [1]. Генератор озона соединен с нагнетательным устройством и вращающейся емкостью с лопастями для перемешивания материала. Достоинством технологии является равномерность обработки и низкая степень повреждения семян. Недостатки данной технологии – техническая сложность, низкая производительность и высокий расход энергоресурсов.

Существует метод озонирования, который предполагает размещение перфорированной трубы в массе зерна, находящегося в замкнутой емкости. При этом размер отверстий в трубах выполнен увеличивающимся в направлении движения озono-воздушной смеси. Озонатор представляет собой генератор кислорода, генератор озона, высокочастотный высоковольтный источник питания, напорный вентилятор, устройство смешивания [1]. Проблемой технологии является низкое качество обработки ввиду неравномерности распределения озона в массе семян и наличия застойных зон.

В общем случае озонирование обладает двумя недостатками, одним из которых является проблема разложения его остатков. При высоких концентрациях (более  $0,2\text{ мг/м}^3$ ) озон пагубно влияет на организм человека. В таблице 1 [7] представлены рекомендуемые значения концентрации озона в зависимости от технологического процесса, из которой можно сделать вывод о сверхвысоких значениях при некоторых случаях. Выше ПДК выброса  $3,3\text{ мкг/м}^3$  выводить данный газ в атмосферу не допускается [7].

Данную проблему применения озонирования возможно устранить путем фотохимического, каталитического и термического методов разложения озона.

Второй проблемой является процесс синтеза озона в условиях сельскохозяйственного производства, требующий высоких затрат. Озон был обнаружен в 1785 г., но широкое практическое применение в сельском хозяйстве он приобрёл только в послед-

ние несколько десятилетий [6, 8]. Основной сдерживающий фактор – высокая себестоимость получения газа вследствие сложной конструкции озонаторов. Однако современный уровень развития техники позволил создать компактные, относительно недорогие устройства озонирования, позволяющие получить экономический эффект от роста качества и количества производимой продукции.

К тому же, как и в случае с другими мощными окислителями, при использовании озона необходимы меры предосторожности. При использовании озона необходимы хорошие системы вентиляции, вытяжки или инактивации, поскольку газ выделяется во время большинства процессов озонирования. Пороговое предельное значение озона (TLV) составляет 0,1 части на миллион (ppm). Все, что выше порога, имеет потенциальные риски для здоровья. При вдыхании озон вызывает сухость во рту, кашель и раздражение носа, горла и грудной клетки. Озон также может вызвать затрудненное дыхание, головные боли или усталость. Запах озона легко ощущается при концентрациях от 0,01 до 0,05 ppm, что означает, что работники, вероятно, почувствуют его запах до того, как он достигнет опасного уровня.

Таблица 1 – Концентрация озона при технологических процессах

Технологический процесс	Концентрация озона, мг/м <sup>3</sup>
Сушка зерна	5–40
Обработка пшеничной муки	50–100
Хранение овощей и мяса	10–15
Дезинфекция зерна	100–500
Предпосевная обработка семян	10–30
Дезинфекция семян	500–1000
Дезинфекция помещений и оборудования	50–800
Стимуляция развития животных	0,8–1,2
Создание микроклимата в животноводческих помещениях	10–15

Мониторинг уровня озона в воздухе может осуществляться с помощью коммерчески доступных тест-полосок. Изменение цвета полосок соответствует стандартной шкале. Доступны более сложные настенные или ручные устройства, которые могут измерять такие факторы, как ультрафиолетовое поглощение, специфичное для озона.

**Выводы.** Использование озонирования в сельском хозяйстве, несмотря на подмеченные нами проблемы и недостатки,

позволит открывать новые перспективы развития. Наиболее распространены данный процесс при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур. При этом в существующих исследованиях отмечаются положительные аспекты применения озона, которые не уступают традиционным технологиям, зачастую вредным для человека. Озонирование обладает широким рядом преимуществ и позволяет добиться ощутимого экономического эффекта. Существующие исследования по применению озона позволяют сделать вывод о необходимости использования инновационной технологии, но для практического применения в сельском хозяйстве следует провести комплексные эксперименты в реальных условиях хозяйств.

#### Список литературы

1. Авдеева, В. Н. Предпосевная обработка семян пшеницы озоном / В. Н. Авдеева, Г. П. Стародубцева, С. И. Любая // Аграрная наука. – 2008. – № 5. – С. 19–20.
2. Баскаков, И. В. Преимущества использования процесса озонирования в растениеводстве / И. В. Баскаков, А. П. Тарасенко, Р. Л. Чишко // Наука и образование в современных условиях: материалы науч. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 173–178.
3. Гаврилов, Р. И. Влияние концентрации нейтральных молекул на скорость образования озона в воздухе помещений / Р. И. Гаврилов, Н. П. Кочетков // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: материалы Всерос. НПК 24–27.10.2017. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 191–194.
4. Гаврилов, Р. И. К выбору режима работы озонатора воздуха / Р. И. Гаврилов, Н. П. Кочетков // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: материалы Всерос. НПК. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 16–20.
5. Гаврилов, Р. И. Электротехнологии озонирования в сельском хозяйстве / Р. И. Гаврилов // Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 27–29 октября 2015 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015. – С. 149–153.
6. Кочетков, Н. П. Выбор кинетической схемы химических реакций озонирования воздуха в помещении коронным разрядом / Н. П. Кочетков, Р. И. Гаврилов // Инновационные направления развития энергетики АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию факультета энергетики и электрификации. – Ижевск, 2017. – С. 68–72.

7. Кочетков, Н. П. Моделирование оптимальной равновесной концентрации озона в воздухе помещения / Н. П. Кочетков, Р. И. Гаврилов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 63–72.

8. Нормов, Д. А. Озон в отраслях АПК / Д. А. Нормов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Краснодар: КубГАУ, 2002. – С. 86–89.

УДК 662.614.4

**Л. П. Артамонова<sup>1</sup>, А. Н. Шмидт<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Удмуртский ГАУ*

<sup>2</sup>*ПАО «Метафракс Кемикалс»*

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В КОТЕЛЬНОЙ**

Большое значение для надежности, бесперебойности и экономичности работы котельной установки имеют ее энергетические характеристики. Одной из основных характеристик является КПД котлоагрегата, его величина определяется значением потерь теплоты. Основную долю тепловых потерь котлоагрегатов составляют потери теплоты с уходящими продуктами сгорания. Известно, что снижение температуры уходящих газов на каждые 10 °С позволяет экономить 1,6 % расходуемого топлива. Самый эффективный путь снижения температуры – увеличение площади хвостовых поверхностей нагрева.

Потери теплоты в котельной с уходящими газами могут составлять от 5 до 10 % располагаемой теплоты. Значение этих потерь зависит от объема уходящих газов и их температуры. При этом температура является важнейшим фактором, влияющим на величину тепловых потерь. Снижение температуры достигается установкой в хвостовой части котлоагрегата экономайзера или воздухоподогревателя. Оптимальная температура продуктов сгорания определяется на основе технико-экономических расчетов при сопоставлении дополнительных капитальных затрат на установку теплоиспользующих элементов и затрат на топливо.

В нашей работе проводились расчеты технико-экономических показателей котла с шагом уменьшения температуры уходящих газов на 10 °С в интервале от действительной температуры газов (155 °С) до минимально допустимой.

В цехе аммиака ПАО «Метафракс Кемикалс» паровая котельная служит для выработки перегретого водяного пара, кото-

рый приводит в действие турбины динамического оборудования (компрессоров, вентилятора, насосов). В котельной установлен паровой котел производства компании Lointek (Испания) с номинальной паропроизводительностью 235,7 т/ч при давлении и температуре на выходе пароперегревателя 40 кгс/см<sup>2</sup> (изб.) и 380 °С.

В процессе анализа работы котельного агрегата было выявлено, что дымовые газы, покидающие котел, имеют довольно высокую температуру, порядка 155 °С, что вызывает значительный непроизводительный расход тепловой энергии. На основании расчета фактического теплового баланса котла (табл. 1) был получен КПД 93,3 %, т.е. потери теплоты составляют 6,7 %, из них 6,093 % приходится на тепловые потери с дымовыми газами.

Таблица 1 – Результаты расчета теплового баланса котельного агрегата до модернизации

Наименование величины	Единицы измерения	Значение
Количество тепла, воспринятое лучевоспринимающими поверхностями нагрева	кДж / м <sup>3</sup>	11500,585
Количество тепла, воспринятое пароперегревателем	кДж / м <sup>3</sup>	6744,004
Количество тепла, воспринятое конвективными пучками	кДж / м <sup>3</sup>	11381,401
Количество тепла, отданное продуктами сгорания в водяном экономайзере	кДж	4527,571
Количество тепла, воспринятое поверхностями нагрева котла	кДж	34153,560
Расчетный расход топлива	м <sup>3</sup> / с	5,150
Теплота сгорания топлива	кДж / м <sup>3</sup>	36642,900
Коэффициент полезного действия котельного агрегата	%	93,3
Полезно использованное тепло котельного агрегата	кДж	34203,306
Невязка теплового баланса	кДж / м <sup>3</sup>	49,746
Невязка теплового баланса котельного агрегата	%	0,15

С целью повышения КПД было принято решение о снижении тепловых потерь за счет уменьшения температуры уходящих газов, так как фактическая температура газов не является минимально допустимой. Для снижения температуры предлагается увеличить площадь существующего экономайзера в хвостовой части котлоагрегата на экономайзер с большей площадью теплообмена.

Для расчета площади поверхности теплообмена экономайзера приняли температуру 125 °С и провели конструкционный расчет экономайзера. Результаты расчета показали, что площадь теплообмена проектируемого экономайзера увеличивается на 303 м<sup>2</sup>, с 9035,4 м<sup>2</sup> до 9338 м<sup>2</sup>, за счет этого увеличения происходит паде-

ние температуры дымовых газов в зоне экономайзера на 312 °С, вместо 260 °С при существующей площади теплообмена. КПД котельного агрегата при этом повысился до 94,7 % (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты расчета теплового баланса котельного агрегата после модернизации

Наименование величины	Единицы измерения	Значение
Количество тепла, воспринятое лучевоспринимающими поверхностями нагрева	кДж / м <sup>3</sup>	11619,234
Количество тепла, воспринятое пароперегревателем	кДж / м <sup>3</sup>	6841,101
Количество тепла, воспринятое конвективными пучками	кДж / м <sup>3</sup>	10784,251
Количество тепла, отданное продуктами сгорания в водяном экономайзере	кДж	5436,964
Количество тепла, воспринятое поверхностями нагрева котла	кДж	34681,550
Расчетный расход топлива	м <sup>3</sup> / с	5,077
Теплота сгорания топлива	кДж / м <sup>3</sup>	36642,900
Коэффициент полезного действия котельного агрегата	%	94,7
Полезно использованное тепло котельного агрегата	кДж	34695,750
Невязка теплового баланса	кДж / м <sup>3</sup>	14,200
Невязка теплового баланса котельного агрегата	%	0,04

**Вывод.** Предлагаемое направление модернизации котельной экономически выгодно. Расчеты показали, что замена старого экономайзера на новый, с большей площадью, позволяет снизить расход природного газа на 263 м<sup>3</sup>/час, что за год составляет 2 114 520 м<sup>3</sup>. Несмотря на то, что капитальные затраты на экономайзер в общей стоимости котлоагрегата увеличились, произошло снижение себестоимости 1 тонны вырабатываемого пара на 4 рубля, что в денежном выражении за год составит 7 580 112 рублей, и это позволит окупить затраты на проект за 1 год 2 месяца.

#### Список литературы

1. Артамонова, Л. П. Использование конденсационного оборудования в крышных котельных / Л. П. Артамонова, В. В. Егоров // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф., февраль 2021 г. – Ижевск, 2021 – С. 280–284.
2. Артамонова, Л. П. Повышения качества водоподготовки в блочно-модульных котельных / Л. П. Артамонова, Г. И. Михайлова // Научные инновации в развитии отраслей АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., февраль 2020 г. – Ижевск, 2020. – Т. 3. – С. 93–97.
3. Скапущенко, Г. А. Возможности энергосбережения в котельных / Г. А. Скапущенко, Е. В. Дресвянникова // Научно обоснованные технологии ин-

УДК 544.6

**И. А. Благодатских, С. И. Юран**

*Удмуртский ГАУ*

## **ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАБОТУ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ**

Описано исследование факторов, воздействующих на процесс получения электрохимически активированных (ЭХА) водных растворов. На основании проведенных экспериментальных исследований, обработки полученных данных и построении кривых зависимостей параметров устройства активации даны рекомендации о внесении технических изменений в устройства для ЭХА, позволяющих достичь поставленной цели. Выявлено, что газообразование и температура активируемого водного раствора оказывают существенное влияние на параметры активации, что позволяет наметить пути снижения влияния этих факторов за счет внесения технических изменений в устройства для ЭХА.

**Актуальность.** ЭХА представляет собой научно-техническое направление, занимающееся исследованием, синтезом метастабильных растворов (веществ) и их дальнейшей реализацией в различных областях человеческой деятельности [1–4, 6–7, 13–14, 16–23, 25–29]. Задача ЭХА – подвергнуть все микрообъемы жидкости воздействию электрического поля возможно более высокой напряженности при максимально возможном химическом воздействии и минимальном тепловыделении [5]. Обработанная вода приобретает свойства химических реагентов и способна выполнять их функции. Реализуют данную технологию устройства, называемые диафрагменными электролизёрами [5, 10–12, 15, 24]. Процесс ЭХА водных растворов сопровождается образованием пузырьков водорода и кислорода на границе электрод – водный раствор, повышением температуры воды, изменением водородного показателя и окислительно-восстановительного потенциала. Вышеперечисленные факторы в своей совокупности оказывают существенное влияние на технические параметры устройства активации и способность обработки раствора [8, 9].

**Цель и задачи.** Целью данного исследования является повышение качества конечного продукта, энергоэффективности и надежности устройства для проведения электрохимической активации. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующего ряда задач:

- проведение опытов и получение требуемых данных;
- обработка полученных данных, в том числе построение кривых зависимостей;
- принятие технических решений с целью минимизации воздействия факторов, оказывающих негативное влияние на процесс ЭХА.

**Объект и методы.** Наибольшее влияние на удельное сопротивление активируемой жидкости оказывают увеличение температуры и газообразование, их мы и будем учитывать. Для этого нам помогут схемы проведения опытов, представленные на рисунке 1. С помощью схемы рисунок 1-а определим удельное сопротивление межэлектродного промежутка, состоящего из водного раствора и диафрагмы, используя переменный электрический ток для минимизации влияния газообразования. Схема рисунок 1-б позволит определить удельное сопротивление диафрагмы, а после и удельное сопротивление жидкости, зная результаты опыта, проведенного по схеме а. Схема рисунок 1-с позволяет снять зависимость удельного сопротивления воды от плотности тока на электродах и определить зависимость коэффициента газообразования от плотности тока.

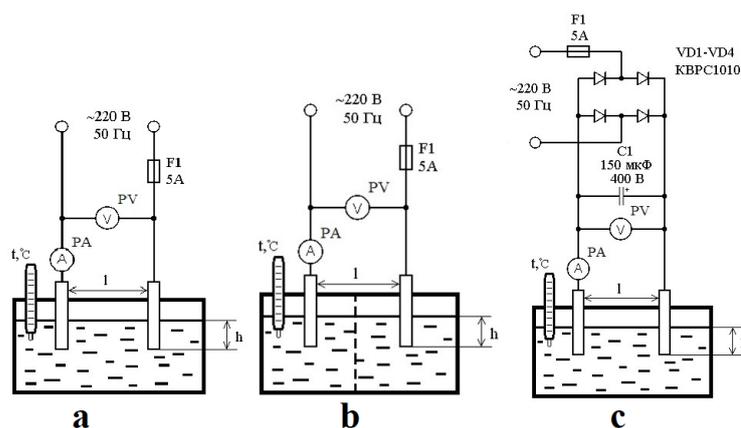


Рисунок 1 – Схемы проведения опытов:

- а – схема для определения удельного сопротивления воды переменному току;
- б – схема для определения сопротивления диафрагмы;
- с – схема для определения зависимости коэффициента газообразования от тока

**Результаты исследования и обсуждение.** На рисунке 2 представлены графики, отражающие режимы работы устрой-

ства активации. Данные характеристики отражают изменение параметров устройства активации при различных режимах работы с учётом коэффициента газообразования и без.

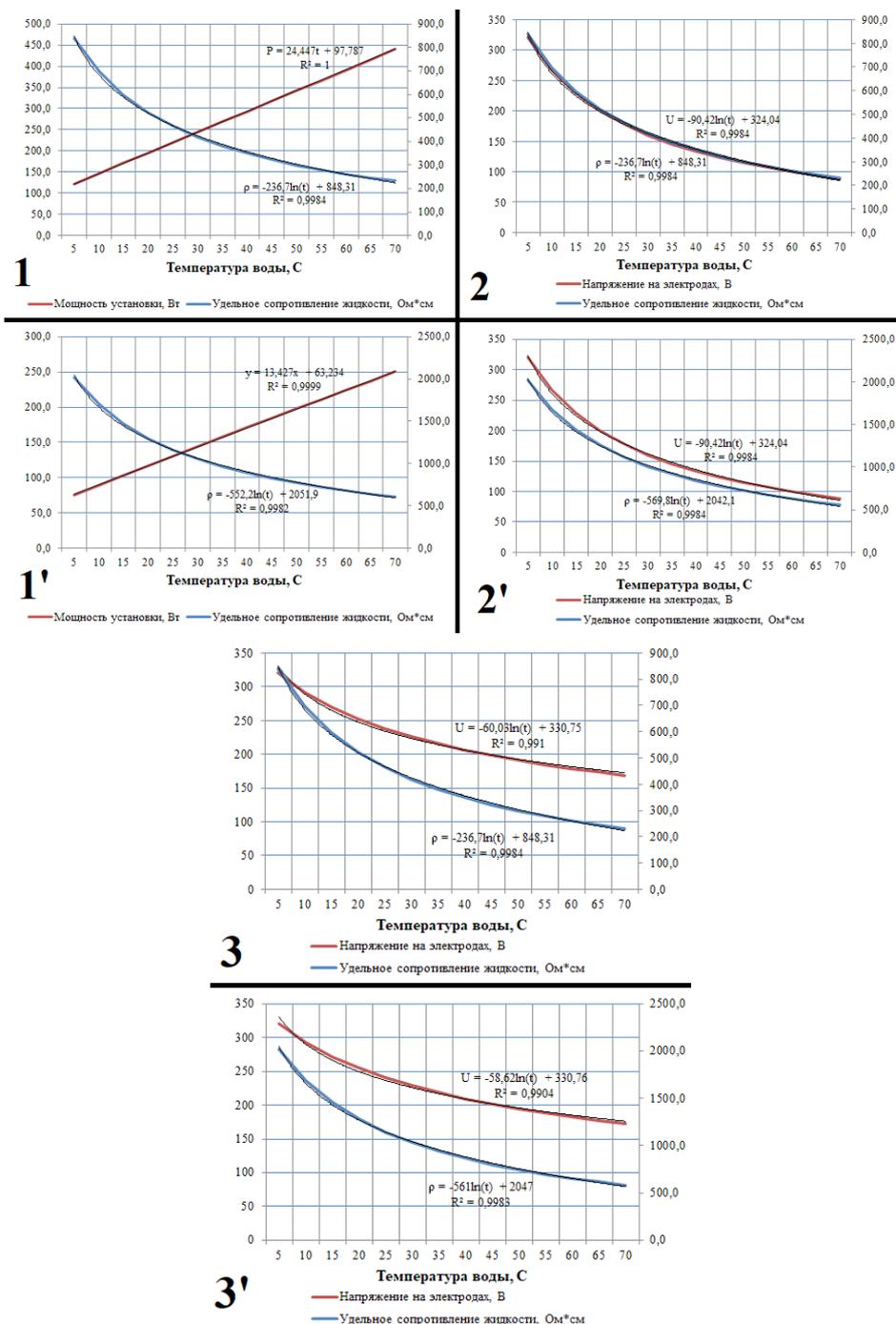


Рисунок 2 – Параметры активации при различных режимах работы: 1, 2, 3 – режимы работы статического активатора без учёта газообразования и без стабилизации параметров (1), при стабилизации тока (2), при стабилизации мощности (3); 1', 2', 3' – режимы работы с введением коэффициента газообразования

**Выводы.** Как видно из зависимостей рисунка 2, газообразование и температура оказывают существенное влияние на параме-

тры активации. С целью минимизировать воздействие вышеприведённых факторов необходимо принятие соответствующих технических решений. Для успешной работы устройств для ЭХА требуется внесение корректив в конструкцию и режимы работы.

#### Список литературы

1. Применение электрохимически активированной воды в производстве биологических материалов для отраслей сельского хозяйства / М. Абдуллаев, Б. Хайитов, А. Пулатов [и др.] // Московский экономический журнал. – 2017. – № 3. – С. 18.
2. Влияние католита на росторегулирующую способность гумата калия при некорневой обработке озимой пшеницы / Э. А. Александрова, Г. А. Шрамко, Т. В. Князева, Я. С. Черных // Труды Кубанского государственного аграрного университета: науч. журн. – 2012. – Т. 1, № 38. – С. 113–117.
3. Исследование антиоксидантной активности электрохимически активированной воды / Э. А. Александрова, Г. А. Шрамко, Б. Е. Красавцев, В. Б. Симкин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2013. – № 4. – С. 40–43.
4. Применение электрохимически активированной (ЭХА) воды при дерматитах паразитарной этиологии у овец / Б. М. Багамаев, А. Н. Симонов, С. П. Складоров [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – № 1 (9). – С. 123–125.
5. Бахир, В. М. Электрохимическая активация: изобретения, техника, технологии / В. М. Бахир. – Москва: Вива-Стар, 2014. – 512 с.
6. Белицкая, М. Н. Установление регламентов применения эха воды в зерновых агроценозах / М. Н. Белицкая, И. Р. Грибуст, Е. Э. Нефедьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 3–8.
7. Белицкая, М. Н. Электроактивированная вода: возможности использования в растениеводстве / М. Н. Белицкая, Е. Э. Нефедьева, И. Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 24. – С. 124–128.
8. Благодатских, И. А. Исследование изменения удельного сопротивления водного раствора в процессе электрохимической активации / И. А. Благодатских, С. И. Юран // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 1195–1202.
9. Благодатских, И. А. Контроль технических параметров статического устройства электрохимической активации / И. А. Благодатских, С. И. Юран // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 334–341.
10. Благодатских, И. А. Электрохимически активированные водные растворы / И. А. Благодатских, Л. П. Коростин // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 1479–1483.

11. Благодатских, И. А. Установка для электрохимической активации водных растворов / И. А. Благодатских, С. И. Юран // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной году науки и технологии в России (24–26 февр. 2021 г., Ижевск). – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. 2021. – С. 83–89.

12. Благодатских, И. А. Электролизёр для униполярной электрохимической активации (ЭХА) воды / И. А. Благодатских, С. И. Юран // Новые направления развития приборостроения: материалы 14-й Междунар. научно-технической конф. молодых ученых и студентов. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 86.

13. Влияние обработки мяса омагниченным и электроактивированным растворами на последующее его хранение в охлажденном состоянии / И. Ф. Горлов, И. М. Осадченко, Д. В. Николаев, Е. Ю. Злобина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 2 (30). – С. 94–97.

14. Хранение мяса животных в охлажденном состоянии с использованием электрохимически активированных средств / И. Ф. Горлов, И. М. Осадченко, Е. Ю. Злобина, Ю. В. Стародубова // Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности: сборник научных трудов к 85-летию ВНИХИ / Под общ. ред. Г. А. Белозерова. – Москва: ФГБНУ ВНИХИ, 2015. – С. 162–170.

15. Промышленная установка для электрохимической активации воды / Б. Е. Красавцев, А. С. Цатурян, В. Б. Симкин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 110. – С. 786–800.

16. Катодит как стимулятор регенерационных процессов и корнеобразования растений / К. О. Кумунжиева, А. Ж. Александров, Б. Е. Красавцев [и др.] // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы XI Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. – Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2017. – С. 537–538.

17. Применение электрохимически активированной воды для защиты растений и активации их роста / К. О. Кумунжиева, Г. Т. Родченко, Г. А. Шрамко [и др.] // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы X Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. – Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2017. – С. 352–353.

18. Лытов, М. Н. Электрохимическая активация оросительной воды в системе экологоориентированных агротехнологий / М. Н. Лытов, А. Н. Чушкин, Е. И. Чушкина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1 (61). – С. 102–106.

19. Эффективность применения воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом при подготовке семян овощных культур к посе-

ву / М. Н. Лытов, Е. И. Чушкина, А. Н. Чушкин, А. Н. Лагутин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37). – С. 203–206.

20. Осадченко, И. М. Новые направления в получении католитов-антиоксидантов методом электроактивации водных растворов и их использование в пищевой промышленности / И. М. Осадченко, И. Ф. Горлов, П. С. Андреев-Чадаев // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 2 (2). – С. 78–82.

21. Разработка эффективного способа обработки мясного сырья для хранения в охлажденном состоянии при использовании электроактивированных растворов / И. М. Осадченко, И. Ф. Горлов, А. С. Филатов, Е. В. Карпенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 200–203.

22. Плутахин, Г. А. Практика использования электроактивированных водных растворов в агропромышленном комплексе / Г. А. Плутахин, А. Г. Коцаев, М. Аидер // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2013. – № 93. – С. 108–123.

23. Практическое применение электрохимически активированных водных растворов / Г. А. Плутахин, М. Аидер, А. Г. Коцаев, Е. Н. Гнатко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2013. – № 92. – С. 254–264.

24. Теоретические основы электрохимической обработки водных растворов / Г. А. Плутахин, М. Аидер, А. Г. Коцаев, Е. Н. Гнатко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 92.

25. Технология дезинфекции ветсанобъектов направленными аэрозолями анолитаПерокс / А. А. Прокопенко, Н. Э. Ваннер, И. В. Куш [и др.] // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2020. – № 3 (35). – С. 322–327.

26. Регулирование численности микроорганизмов в молоке-сырье / Г. В. Родионов, С. Л. Белопухов, Р. Т. Маннапова, О. Г. Дряхлых // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1. – С. 111–119.

27. Семененко, С. Я. Использование электрохимически активированной воды для повышения урожайности картофеля / С. Я. Семененко, М. Н. Белицкая, С. М. Лихолетов // Аграрная наука. – 2012. – № 5. – С. 21–23.

28. Семененко, С. Я. Фитосанитарное оздоровление зерновых и овощных культур с помощью электрохимически активированной воды / С. Я. Семененко, М. Н. Белицкая, С. М. Лихолетов // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 78–82.

29. Харламова, Т. А. Электрохимическая активация в технологиях обогащения и переработки руд, вторичных сырьевых ресурсов и очистке вод / Т. А. Харламова, А. Ф. Алафердов, В. М. Бахир // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 2. – С. 75–81.

**А. А. Братчикова, И. П. Лембак, Е. В. Дресвянникова**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРОВЕДЕНИЕ ЭНЕРГОАУДИТА НА ПРИМЕРЕ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА Д. НОВОЕ ЗАПОЛЬЕ ПЕРМСКОГО РАЙОНА ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Рассматривается один из возможных способов минимизации фактических затрат и предотвращение хищения электроэнергии. Приводится пример универсального комплекса удаленного опроса электросчетчиков. В результате проделанных работ экономические и технические затраты снизились на 80 % и 8 % соответственно.

Деревня Новое Заполье – это относительно недавно сформированный населенный пункт, электроснабжение которого осуществляется путем передачи электроэнергии через электроустановки, принадлежащие на праве собственности территориальной сетевой организации ООО «НПФ «Парма Инжиниринг». Подключение к электроустановке, энергоснабжающей организации ОАО «МРСК – Урала», произведено на опоре ВЛ 10кВ Россия-1 от ПС Протасы 110/10кВ. Граница балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности установлена там же. Однако расчетные приборы учета установлены на оборудовании 0,4кВ в трансформаторных подстанциях 10/0,4кВ (№ 00796 и № 00795). Данная схема не позволяет в полной мере вести баланс электроэнергии и потерь, поскольку фактические потери в высоковольтном оборудовании выводятся посредством формул. В соответствии с федеральным законодательством, с 1 июля 2020 г. ответственность за приборы учета электроэнергии перешла к энергетическим компаниям: гарантирующим поставщикам в многоквартирных домах и к сетевым компаниям в случае с прочими потребителями (к ним, в том числе, относятся потребители в частной жилой застройке).

С переносом с 1 июля 2020 г. ответственности за приборы учета электроэнергии на гарантирующих поставщиков и сетевые компании потребители перестали нести затраты на приобретение и установку приборов учета, что составляет 5–20 тыс. рублей в зависимости от сложности работ по установке и вида самого прибора учета. Также с потребителя снимается вся ответственность за обслуживание и поверку приборов учета. За потребителем осталась обязанность следить за сохранностью прибора учета, если

он установлен в его зоне ответственности (например, в квартире или на земельном участке, где стоит частный дом). Затраты, которые ранее несли потребители, теперь будут нести гарантирующие поставщики и сетевые организации.

**Цель работы:**

- 1) свести к минимуму фактические потери в каждом элементе электрической сети;
- 2) внедрить в работу сетевой организации универсальный комплекс удаленного опроса электросчетчиков.

**Материалы и методы:**

1. Трехфазный многотарифный счетчик активной и реактивной энергии СЕ308-С36 СПОДЭС/DLMS – Многофункциональный трехфазный счетчик электроэнергии с расщепленной архитектурой. Полностью соответствует требованиям ПАО Россети к приборам учета электроэнергии. Счетчик максимально защищен от хищений электроэнергии и используется в составе АСКУЭ для передачи измеренных параметров в диспетчерский пункт по контролю, учету и распределению электрической энергии.



**Рисунок 1 – Трехфазный многотарифный счетчик активной и реактивной энергии СЕ308-С36 СПОДЭС/DLMS**

2. Интеллектуальный трехфазный счетчик электроэнергии СТЭМ-300 – выполняет функции сразу трёх устройств: счетчик электроэнергии, автоматический анализатор качества электроэнергии и телеизмерительный преобразователь; в счетчик интегрированы равноприоритетные интерфейсы связи: два RS-485, Ethernet и GSM, которые работают от широкодиапазонных источников основного и резервного питания.

3. Меркурий 230 ART – счетчики предназначены для однонаправленного многотарифного учета активной и реактивной электрической энергии и мощности, а также измерения параметров

электрической сети в трехфазных трех- или четырехпроводных сетях переменного тока с последующим хранением накопленной информации, формированием событий и передачей информации в центры сбора данных систем АСКУЭ. Будут включаться в схему электроснабжения в качестве контрольных приборов учета.



Рисунок 2 – Интеллектуальный трехфазный счетчик электроэнергии СТЭМ-300



Рисунок 3 – Меркурий 230 ART

4. Трансформатор тока ТТИ-40 400/5А – Трансформаторы тока ТТИ предназначены для применения в схемах учета электроэнергии при расчетах с потребителями, для применения в схемах коммерческого учета электроэнергии, для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам или устройствам защиты и управления.

**Результаты исследования:** после внедрения данных элементов схема учета транспорта электроэнергии выглядит следующим образом: расчетные приборы учета находятся в трансформаторных подстанциях № 00795 и № 00796. Данные приборы учета марки СТЭМ-300 с интеграцией интерфейсов связи, что освобождает от дополнительных закупок GSM – шлюзов для передачи данных.

От каждой трансформаторной подстанции отходят по четыре линии 0,4кВ. На выходе каждой линии после коммутационного аппарата установлен контрольный прибор учета трехфазный трансформаторного включения. Наиболее оптимальным по соотношению цена-качество является ПУ марки Меркурий-230 ART с трансформаторами тока ТТИ-40 400/5А. В совокупности с расчетным ПУ данная система будет помогать для сведения балансов транспорта электроэнергии, отслеживания участка со схемы электропитания с наибольшими потерями, уменьшение времени на проведение рейдов по выявлению фактов кражи электроэнергии.

На каждого потребителя на опорах ВЛ 0,4кВ установлены трехфазные многотарифные счетчики электроэнергии марки СЕ308. Счетчик установлен на высоте не менее 5 м от уровня земли, что делает его максимально защищенным от хищения электроэнергии. Также в данный прибор учета программируется верхняя планка уровня потребления мощности, что позволяет экономить на приобретении и установке дополнительного оборудования: автоматических выключателей, щита с автоматами, прочей линейной арматуры.

**Вывод.** После опытной эксплуатации данной схемы электропитания потребителей в течение 2 месяцев, декабрь 2021 г. – январь 2022 г., экономические потери снизились на 80 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, а технические потери снизились на 8 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Также немаловажно снижение затрат сетевой организации для снятия показаний ПУ, выявления фактов хищения электроэнергии.

#### Список литературы

1. Обмен данными. Протоколы интерфейсы: учеб. пособие. – С.: ПЭИПК, 2018. – 9 с.
2. Сайт Министерство энергетики РФ. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/18203>.
3. Измерительные приборы ТАЙПИТ. – URL: [https://www.meters.taipit.ru/catalog/aiis/sistemyi\\_ucheta/1550/](https://www.meters.taipit.ru/catalog/aiis/sistemyi_ucheta/1550/).

4. Производство интеллектуальных счетчиков электроэнергии Си-Арт. – URL: [https://stem-300.com/?utm\\_source=yandex&utm\\_medium=МК.ОпКонвКIFraz\\_GSM&utm\\_campaign=МК.ОпКонвКIFraz\\_GSM&type=search&source=none&block=premium&position=2&utm\\_term=--autotargeting&\\_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTs3OTY5ODU3NzsxMjkzMDU4NDAxNzt5YW5kZXgucnU6cHJlbW11bQ&yclid=9881860115140182015](https://stem-300.com/?utm_source=yandex&utm_medium=МК.ОпКонвКIFraz_GSM&utm_campaign=МК.ОпКонвКIFraz_GSM&type=search&source=none&block=premium&position=2&utm_term=--autotargeting&_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTs3OTY5ODU3NzsxMjkzMDU4NDAxNzt5YW5kZXgucnU6cHJlbW11bQ&yclid=9881860115140182015).

5. АО «Концерн Энергомера». – URL: [http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce308c36\\_spodes](http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce308c36_spodes).

УДК 631.371:631.234+631.829

**И. Р. Владыкин, М. А. Иванов, А. Н. Хардин**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОДКОРМКИ РАСТЕНИЙ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ**

Ввиду того, что в атмосфере земли невысокая концентрация углекислого газа, выращивание растений в подобных условиях является фактором, ограничивающим урожайность, но с помощью специализированной установки, которая осуществляет подкормку растений  $\text{CO}_2$ , можно добиться увеличения урожайности и контролировать процесс вегетации и цветения растений. Создание экспериментальной установки и проведение экспериментов. Смонтирована экспериментальная установка по дозированной подаче углекислого газа и проведены эксперименты по контролю поддержания требуемого уровня углекислого газа. На основе составленного алгоритма работы микропроцессора подачи углекислого газа были проведены исследования по распылению углекислого газа при помощи созданной экспериментальной установки. Исследования показали, что решить проблему нехватки углекислоты при выращивании растений в сооружении защищенного грунта возможно. Представлены результаты проведенных экспериментов работы электрооборудования подкормки растений защищенного грунта  $\text{CO}_2$ .

**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  $\text{CO}_2$ . При этом улучшается контроль над процессами вегетации и цветения (плодоношения). Контроль концентрации  $\text{CO}_2$  планируется проводить при помощи двух датчиков, расположенных возле растений [1].

С их внедрением открывается много новых возможностей для использования данных устройств подкормки растений  $\text{CO}_2$  в овощеводстве и цветоводстве [11]. Можно будет выбрать для растения любую концентрацию  $\text{CO}_2$ , в то время как корректировка концентрации имеющимся оборудованием ограничена. Установки подкормки растений  $\text{CO}_2$  могут быть полезны для управления культурой, в том числе процессом цветения и габитусом растений: для разных фаз развития культуры или при различной высоте растений будут использоваться форсунки разного сечения, а для отбора газов из котельной будет использована механическая задвижка и воздушный насос.

**Цель исследования:** создание экспериментальной установки и проведение экспериментов.

**Материалы и методы.** Нами была смонтирована экспериментальная установка по дозированной подаче углекислого газа и проведены эксперименты по контролю поддержания требуемого уровня углекислого газа.

**Результаты и обсуждение.** В целях исследования распространения газового облака углекислого газа в сооружениях защищенного грунта, а также для изучения факторов, влияющих на него, нами были проведены экспериментальные исследования параметров газового облака на созданном прототипе установки подачи углекислого газа (рис. 1).



Рисунок 1 – Общий вид установки

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  $\text{CO}_2$  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 будет насыщать воду углекислым газом.

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

В качестве регистрирующего устройства использовались датчики концентрации углекислого газа MQ-135 Gas Sensor (рис. 2), т.к. именно эти датчики обладают идеальным соотношением цена-качество, MQ-135 – это простой в использовании датчик газа, широко применяется в робототехнике и системах автоматизации. Датчик имеет два выхода: аналоговый и цифровой. Когда концентрация газов превысит заранее заданное значение, на цифровом выходе появится логическая единица и загорится зелёный светодиод. Это значение задаётся с помощью подстроечного резистора. Модуль работает при напряжении от 2,5 до 5 В.



Рисунок 2 – Датчик углекислого газа MQ-135

Алгоритм работы электроники следующий: микроконтроллер начинает обзор данных с датчиков, которые реагируют на различную концентрацию углекислого газа в воздухе. Далее, так как при отсутствии напряжения форсунки находятся в закрытом состоянии, микроконтроллер определяет необходимость увеличения или снижения концентрации углекислого газа, следовательно подает команду на включение форсунок. Аналогично проверяется каждое последующее значение концентрации при каждом опросе датчиков, до тех пор, пока значение концентрации не будет находиться в указанном диапазоне. Как только это прои-

зойдет, микроконтроллер подает команду на отключение установки. Вместе с этим закончится работа алгоритма и установки в целом (рис. 3) [8].

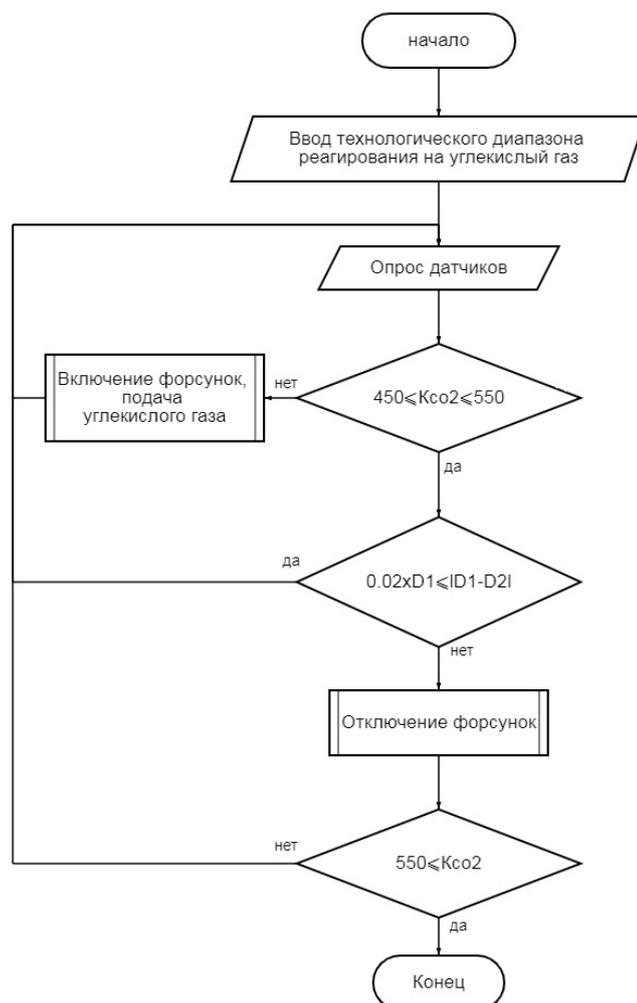


Рисунок 3 – Алгоритм работы микроконтроллера:  
 $K_{co2}$  – текущее значение концентрации газа; D1 – показания датчика № 1;  
 D2 – показания датчика № 2 [5]

В основе работы предлагаемой установки лежит искусственное обеспечение растений требуемыми концентрациями углекислого газа [9]. Нами был использован микроконтроллер с модулем ОВЕН, так как он обладает сравнительно невысокой ценой и подходящими для наших целей функциями.

Таким образом, в качестве воспринимающих элементов использованы датчики, способные определять концентрацию  $CO_2$ . При этом можно использовать несколько рядов с различным количеством форсунок в каждом для более точного контроля концентрации углекислого газа [10].

Также нами был проведен анализ агротехнологических требований к производству овощей в условиях защищенного грунта, представленный в таблице 1, можно сделать вывод, что для различных культур необходимо обеспечивать различные параметры микроклимата.

Таблица 1 – Требования к различным культурам

№ п/п	Тепличная культура	освещенность, клк	CO <sub>2</sub> , %	температура, °С	относительная влажность, %
1.	Огурец	2...2,4	0,3...0,5	22...25	70...80
2.	Томаты	2...20	0,07...0,1	24...28	50...65
3.	Перец	30...40	0,3...0,5	18...25	75...80

Например, для производства огурца не требуется обеспечение высокого уровня естественной освещенности и, наоборот, при культивировании томатов, перца сладкого и розы необходимо поддерживать достаточно высокий уровень естественной ФАР. Что касается температурного режима, то для производства огурца и томатов, поскольку они являются выходцами из экваториальной и субэкваториальных зон южной Америки, необходимо обеспечивать для получения высокого урожая достаточно равномерную и энергозатратную технологию поддержания температуры на требуемом уровне. Влажность также играет немаловажную роль при производстве продукции защищенного грунта. В процессе вегетации биологических объектов ее значения должны находиться в краевых зонах для конкретного растения. Это необходимо для обеспечения высокого урожая и снижения заболеваний у растений, вызываемых высоким или низким уровнем влажности.

Нами были проведены исследования на экспериментальной установке. Эксперименты проводились по одинаковой схеме (рис. 4) замеров значений, изменялся только режим работы установки. В экспериментальной установке мы определили контрольные точки измерения параметров микроклимата.

При исследовании были проведены 4 замера, которые были сделаны с разницей во времени в 2 часа. И получены следующие результаты (табл. 2–5). Как видно из таблиц 1–5, внешние условия сложно контролировать, однако уровень концентрации углекислого газа мы контролировать все же сможем, используя соответствующее оборудование и алгоритмы для микроконтроллера, которые будут учитывать разрастание растения, температуру, освещенность и влажность.

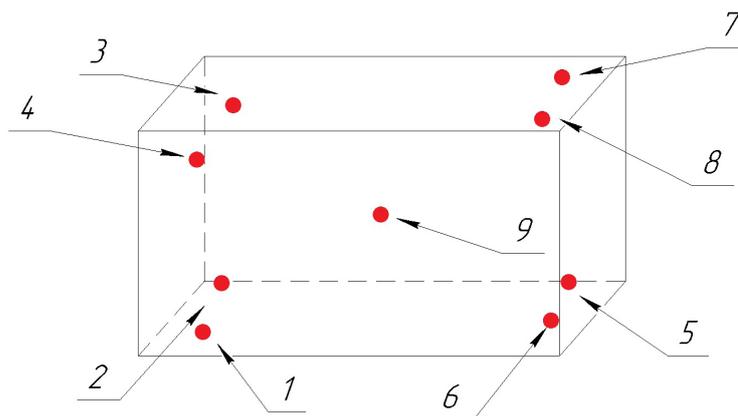


Рисунок 4 – Рисунок месторасположения контрольных точек:  
1, 2, 3...9 – контрольные точки

Таблица 2 – Замеры концентрации углекислого газа

Замер	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Концентрация углекислого газа	ppm	ppm	ppm	ppm
Точка 1	685	708	630	590
Точка 2	661	679	607	583
Точка 3	654	676	607	614
Точка 4	723	656	616	604
Точка 5	694	670	610	606
Точка 6	731	712	626	647
Точка 7	656	670	628	616
Точка 8	659	657	621	633
Точка 9	731	691	625	628

Таблица 3 – Замеры температурного режима

Замер	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Внешняя температура	°C	°C	°C	°C
Точка 1	21,6	21,1	23,3	24,2
Точка 2	21,8	23,2	23,4	23,7
Точка 3	21,7	23,2	23,6	23,5
Точка 4	20,1	21,2	22,7	22,8
Точка 5	19,7	20,9	23,4	23,2
Точка 6	20	21	23,8	23,7
Точка 7	21,2	21	23,9	24,3
Точка 8	20,7	21,4	23,4	24
Точка 9	19,9	21,5	23,2	23,8

Таблица 4 – Замеры освещенности

Замер	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Освещенность культур	Лк	лк	лк	Лк
Точка 1	696	1005	2130	1820
Точка 2	783	1226	2320	2180
Точка 3	708	1061	1856	3190

Замер	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Точка 4	1143	1367	2240	2230
Точка 5	956	1261	2530	2200
Точка 6	914	1041	2430	1995
Точка 7	893	772	1209	1685
Точка 8	1026	1008	1317	1653
Точка 9	938	887	1225	1234

Таблица 5 – Замеры влажности

Замер	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Влажность воздуха	%	%	%	%
Точка 1	59,1	59	46,6	46,6
Точка 2	56,2	43,4	45,6	44,8
Точка 3	51,8	52,3	44,6	48,7
Точка 4	53,1	51,6	46,7	49,9
Точка 5	52,6	50,6	46,7	45,9
Точка 6	52,4	49,5	45,1	47,3
Точка 7	49,7	48,3	50	44,9
Точка 8	50,3	50,9	45,8	45,9
Точка 9	50,1	51,4	45,6	45,9

В современных сооружениях защищенного грунта имеются системы для управления температурой, влажностью, но управление уровнем естественной освещенности не осуществимо, а контроль содержания  $\text{CO}_2$  не проводится. Спроектированная нами установка позволит контролировать углекислый газ и позволит более эффективное использование энергоресурса.

**Выводы.** В целях решения проблемы нехватки углекислоты при выращивании растений в сооружении защищенного грунта нами была создана экспериментальная установка по подкормке растений  $\text{CO}_2$  в макете сооружения защищенного грунта и проведены исследования, которые показали, что контролировать изменение концентрации углекислого газа возможно при помощи соответствующего электрооборудования наравне с аналогичными системами контроля температуры и влажности.

#### Список литературы

1. Владыкин, И. Р. Разработка математической модели уровня углекислого газа с учетом взаимосвязанного влияния микроклиматических параметров в за-

щищенном грунте / И. Р. Владыкин, И. С. Елесин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №. 3 (18). – С. 353–357.

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

3. Владыкин, И. Р. Исследование энергоэффективных технологий подкормки углекислым газом биологических объектов в защищенном грунте / И. Р. Владыкин, И. С. Елесин // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №. 2 (15). – С. 27–29.

4. Владыкин, И. Р. Вентиляционные установки взаимосвязанного управления в защищенном грунте / И. Р. Владыкин, А. В. Соковикова // Сборник научных докладов ВИМ. – 2008. – № 1. – С. 273–282.

5. Владыкин, И. Р. Энергоэффективное регулирование температуры в сооружениях закрытого грунта / И. Р. Владыкин, Е. И. Владыкина, Д. И. Владыкин // Научно-практическая конф., посвященная 100-летию плана ГОЭРЛО: Актуальные вопросы энергетики АПК. – 2021. – С. 22–26.

6. Владыкин, И. Р. Энергоэффективное регулирование температуры в агротехнических сооружениях / И. Р. Владыкин, Е. И. Владыкина // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: науч.-практ. конф. – 2020. – С. 214–219.

7. Иванов, А. И. Актуальные вопросы известкования кислых почв Нечерноземья / А. И. Иванов, А. А. Конашенков, В. А. Воробьёв [и др.] // Агротехнический вестник. – 2019. – № 6. – С. 3–9.

8. Vladykin I. The thermo vision inspection of protective structures of greenhouses / I. Vladykin, V. Loginov, O. Kochurova // Science, Technology and Higher Education: materials of the V International research and practice conference, Westwood, publishing office Accent Graphics communications – Westwood – Canada, 2014. – P. 30–34.

9. Kondratieva N. P. Energy-saving technologies and electric equipment applied in agriculture / Kondratieva N.P., Vladykin I.R., Litvinova V.M., Krasnolutsckaya M.G., Bolshin R.G. // Research in agricultural electric engineering.-2016. – P. 62–68.

10. Vladykin I. Mathematical model of temperature field in a greenhouse / I. Vladykin, V. Loginov, O. Kochurova // Yale Review of Education and Science, 2015, No.1. (16), (January-June). Volume VI. “Yale University Press”, 2015. – Connecticut, USA. – P. 157–164.

11. Vladykin I. The investigation of energy-efficient technologies of carbon dioxide fertilization of biological objects in greenhouses [Text] / I. Vladykin, I. Elesin, O. Kochurova // Yale Review of Education and Science, 2015, No.1. Volume 5. “Yale University Press”, 2015. – Connecticut, USA. – P. 760–769.

**П. Л. Лекомцев, Е. В. Дресвянникова, Л. Н. Прокопьев**  
*Удмуртский ГАУ*

## **АЭРОЗОЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

Рассмотрено понятие «аэрозоль» и возможности их применения как в повседневной жизни человека, так и на производствах и в сельском хозяйстве. Указаны основные характеристики аэрозолей для каждого вида применения.

**Актуальность.** Аэрозоли – дисперсные системы, в которых дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой – мельчайшие частицы твердого или жидкого вещества. Они широко распространены в природе, к ним относятся туманы, облака, почвенная и вулканическая пыль, взвешенная в воздухе, и т.д. Также они образуются в результате производственной деятельности человека при измельчении горных и рудных пород, добыче каменного и бурого угля, сверлении, шлифовке различных материалов, неполном сгорании топлива в силовых установках, при сельскохозяйственных работах, переработке сельскохозяйственной продукции и др. Пыльца многих растений распространяется ветром в виде аэрозоля. Так же распространяются многие семена и особенно споры.

**Цель и задачи.** Целью данной работы является изучение основных видов аэрозолей и сферы их применения.

### **Объект и методы.**

*Аэрозоли в технике.* Технические аэрозоли (спреи) – это специализированные жидкости, упакованные в аэрозольные баллончики и предназначенные для обработки различных поверхностей. Технические спреи получили популярность в промышленности и предназначены для выполнения самых разных типов задач. При этом состав каждого спрея отличается и определяет сферу его применения.

Технические аэрозоли применяются для:

- обезжиривания и очищения поверхностей;
- смазки конструктивных элементов в подвижных частях механизмов и оборудования;
- облегчения откручивания прикипевших гаек или болтов;

- защиты поверхностей от коррозии и других проблем;
- охлаждения поверхности элементов.

Использование технических спреев также помогает при проведении сварочных, слесарных, отделочных и иных видов работ.

*Аэрозоли в медицине.* В медицинской практике применяют две группы аэрозолей: ингаляционные и аэрозоли для наружного применения.

Для введения лекарственных веществ ингаляционным путем в носоглотку и дыхательные пути размер частиц при распылении должен составлять от 0,5 до 5–10 мкм. В зависимости от величины частиц лекарственное вещество может проникать и всасываться в различных отделах органов дыхания. Частицы крупнее 10–15 мкм полностью осаждаются в полости носа, а при вдыхании через рот не проникают дальше бронхов.

В медицинской практике аэрозоли для наружного применения широко используются в дерматологии, гинекологии, акушерстве, проктологии, хирургии. Лечебные составы из аэрозольной упаковки наносятся на кожу, слизистые оболочки, раневые и ожоговые поверхности в виде мазей, линиментов, пен, эластичных пленок. Вязко-пластичные массы с тонкодиспергированными лекарственными веществами оказывают противовоспалительное, анестезирующее, ранозаживляющее, контрацептивное, защитное действие, а быстрое испарение пропеллента из них вызывает охлаждение кожи, снижение болевого эффекта.

Душирующие аэрозоли перспективны в форме мази и линимента, где лекарственные и вспомогательные вещества составляют 30–60 %, жидкий пропеллент – 70–40 %. Размер распыляемых частиц 100–200 мкм. Технология мази-концентрата заключается в растворении мазевой основы (ВМС, высокомолекулярные жирные кислоты и др.), вспомогательных (эмульгаторы, масла растительные, силиконы) и лекарственных веществ в пропелленте. Важное значение душирующие аэрозоли приобрели в практике лечения ожогов и лучевых поражений кожи. Аэрозольные препараты обеспечивают быстроту, равномерность, безболезненность нанесения, возможность оказания помощи в минимально короткие сроки.

Пенные аэрозоли получены в 1950 г. Пены представляют собой сравнительно грубые высококонцентрированные дисперсии газа в жидкости (размер пузырьков газа 1–8 мм). Пенные аэрозоли являются разновидностью душирующих. Пены широко при-

меняют в дерматологии при различных заболеваниях кожи; в гинекологии при воспалении матки и как противозачаточные средства; в проктологии при поражениях прямой кишки. Они хорошо проникают в складки слизистых оболочек, создают охлаждающий эффект. Лекарственные вещества используются без потерь. В аэрозольной упаковке для получения пен должно содержаться 90–70 % лекарственного вещества, раствор ПАВ и только 10–30 % эвакуирующего газа – испаряющегося пропеллента. Пузырьки разделены тонкими жидкостными прослойками, которые образуют дисперсионную среду.

*Аэрозоли в сельском хозяйстве.* В современном сельском хозяйстве придается большое значение борьбе с различными вредителями и возбудителями болезней, которые угрожают животным и урожаю. Использование современных генераторов горячего и холодного тумана позволяет значительно снизить трудозатраты на проведение обработки растений или животных, сократить количество поступающих в почву и стоки токсичных веществ, повысить эффективность санитарных мероприятий по защите растений и животных.

*Аэрозольная защита растений.* Проблема контроля вредных насекомых возникает каждый период культивации. Традиционный метод с использованием пульверизатора непопулярен, так как он трудоемок и часто наносит вред здоровью растений. До 80 % распыленной жидкости стекает с растений и проникает в почву, воздействуя на почвенную фауну с полезными организмами, а также на грунтовые воды. Не менее важный фактор – конфликтующие условия при использовании пульверизатора: требуемое большое количество воды и контроль грибковых заболеваний. Если бы вы перевели один литр жидкости в капли диаметром 10 мкм и распределили полученное в итоге количество капель равномерно на площади 1 га, теоретическое покрытие составило бы 19,000 капель/см<sup>2</sup>. Этот математический расчет объясняет, почему общий объем раствора может быть снижен до 1/100 без потери эффективности контроля вредителей. При использовании оборудования пульсФОГ объем 1,5–3 л/1000 м оказался эффективным.

*Дезинфекция в животноводстве.* В помещении, где содержится большое количество животных или птицы, велик риск размножения патогенных микроорганизмов. Опасные ситуации очень часто остаются незамеченными и обнаруживаются слишком поздно, чтобы избежать потерь. Однако операции по уборке, подметанию

и мытью обычно ограничиваются полом и нижней частью стен, а их верхняя часть, сама ферма и другие надземные части зданий часто не очищаются эффективно. Генераторы пульсФОГ предназначены для преобразования растворов в ультрамелкие капли, которые затем равномерно распределяются по всему объему помещения. Капли остаются взвешенными в воздухе, прежде чем они осядут на поверхности, образуя защитную бактерицидную пленку.

Борьба с вредителями и переносчиками болезней. Воздействие биоцидов на комаров и других вредителей определяется не только самим активным ингредиентом, но также выбранным составом и методом нанесения (размером капель). Согласно спецификациям ВОЗ, против взрослых эффективны капли размером <16 мкм. Аэрозоли обычно определяются как капли или частицы, взвешенные в воздухе, размером <50 мкм (1 мкм = 1/1000 мм). Генераторы холодного и горячего тумана предназначены для получения капель требуемого спектра. Генератор тумана пульсФОГ производит огромное облако аэрозоля, которое остается в воздухе около уровня земли, дрейфуя через целевую область, часто недоступную для людей. Термомеханическое туманообразование оказалось наиболее эффективным методом борьбы с комарами, мухами и вредными насекомыми также в жилых районах.

*Предотвращение прорастания картофеля.* Эффективный контроль прорастания картофеля – важный компонент в управлении его качеством. Если не поддерживать надлежащий контроль прорастания, произойдет значительное ухудшение качества клубней и ухудшится способность к хранению в течение продолжительных периодов времени. Видимые ростки на картофеле, продаваемом населению, неприемлемы для потребителей. Хлорпрофам обычно распыляется генератором горячего тумана и циркулирует в хранилище за счет работы системы вентиляции. Данный метод не подходит для эффективного распыления более летучих соединений. Для распыления эфирных масел (например, мяты перечной, мяты кудрявой, гвоздики) используются генераторы холодного тумана.

*Защита от заморозков и промерзания.* Весенние заморозки в период цветения серьезно снижают будущий урожай. Было разработано несколько различных методов борьбы или уменьшения их разрушительного воздействия. Метод туманообразования в основном заключается в покрытии местности слоем тумана на водной основе, который как искусственное облако снижает тепловое излучение от почвы и растительности, создавая

разницу температур до 5 °С. Чтобы туман был эффективным, его необходимо распылять достаточно рано, пока в почве и в растениях еще есть тепло. Это означает, что распыление должно начинаться при температуре от + 4° до + 2 °С. Для получения стабильного и видимого тумана рекомендуется добавлять в воду глицерин (концентрация глицерина в растворе от 20 % до 50 %). Для обработки площади не менее 10 га хватит одного генератора горячего тумана PulsFOG K-30 или PulsFOG K-50.

**Выводы.** Как видно из вышеперечисленного, аэрозоли нашли своё применение во многих аспектах жизни человека. С каждым годом сфера применения аэрозолей будет увеличиваться, а сами способы хранения и транспортировки будут только улучшаться.

### Список литературы

1. Дресвянникова, Е. В. Улучшение технологических параметров сельскохозяйственного производства посредством аэрозольных технологий / Е. В. Дресвянникова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 3-х т. Ижевск, 14–17 февраля 2017 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 247–251.
2. Дресвянникова, Е. В. Генерация электроаэрозоля пневматической форсункой / Е. В. Дресвянникова, П. Л. Лекомцев // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: материалы Междунар. научно-технической конф. – 2008. – Т. 3. – С. 386–389.
3. Дресвянникова, Е. В. Электроаэрозольный метод увлажнения воздуха в культивационных сооружениях / Е. В. Дресвянникова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1 (30). – С. 19–21.
4. Лекомцев, П. Л. Электроаэрозольные технологии в сельском хозяйстве: монография / П. Л. Лекомцев ; П. Л. Лекомцев. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 219 с. – ISBN 5-9620-0070-6.
5. Лекомцев, П. Л. Управление электроаэрозольным увлажнением сельскохозяйственных помещений / П. Л. Лекомцев, Е. В. Дресвянникова // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Ижевск, 16–19 февр. 2016 г. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. – С. 217–224.
6. Шавкунов, М. Л. Анализ способов обеззараживания воздуха в сельскохозяйственных помещениях / М. Л. Шавкунов // Научные труды студентов факультета энергетики и электрификации ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА: посвященные 80-летию канд. тех. наук, доцента, почет. раб. ВПО РФ В. А. Носкова: электр. изд. / Отв. за вып. Н. М. Итешина. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 19–20.

7. Сильнов, А. В. Аэрозоли и их применение / А. В. Сильнов, Е. Н. Френкель // Студенческий научный форум 2017: материалы IX Междунар. студенческой электронной научной конф., 15 февраля – 31 марта, 2017 г.

УДК 681.518

**Н. Л. Олин, И. В. Баженов, А. М. Ниязов,  
Р. И. Гаврилов, М. Л. Шавкунов**  
*Удмуртский ГАУ*

## **СХЕМОТЕХНИКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Рассматриваются основы конструирования систем управления технологическими процессами с применением программируемых контроллеров.

Широкое распространение микропроцессорных устройств привело к тому, что системы управления на основе микропроцессорных устройств стали внедряться для использования в технологических процессах агропромышленного комплекса. Они выгодно отличаются от существующих на сегодняшний день регуляторов, обладают компактностью, надёжностью, высокой точностью и гибкостью регулирования [1, 2].

В основе микропроцессорной системы управления лежит программно-управляемое устройство, которое осуществляет приём, обработку и выдачу цифровой информации. Такое устройство реализуется с использованием логических элементов в форме микросхемы или нескольких микросхем и называется микропроцессором [3]. Микропроцессор – это функционально законченное устройство, изготовленное в виде большой интегральной схемы и выполняющее операции с данными в соответствии с управляющей программой [9].

В настоящее время системы управления объектом включают в себя как аналоговые устройства, так и цифровые (рис. 1).

Основой системы управления является контроллер. Использование микропроцессоров при создании контроллеров позволяет сделать их более гибкими с точки зрения работы. В свою очередь, контроллеры, которые управляют различными устройствами, мо-

гут быть абсолютно одинаковы по конструкции, но отличаться управляющими программами [6, 11].



Рисунок 1 – Идеализированная схема управления объектом

В общем случае микропроцессорная система может выполнять следующие операции:

- Запись данных в память центрального микропроцессора.
- Считывание центральным микропроцессором данных из памяти.
- Запись данных из центрального микропроцессора в периферийное устройство.
- Считывание центральным микропроцессором данных из периферийного устройства.
- Обработку прерываний.
- Прямой доступ к памяти под контролем центрального микропроцессора.

Перечисленные операции – это результат выполнения команд управляющей программы. Практически все выполняемые микропроцессорной системой операции можно отнести к одному из этих типов. В свою очередь, выполнение системой всех этих операций не является обязательным условием функционирования, существуют специализированные системы, которые выполняют лишь часть из них.

Как отмечалось ранее, любая микропроцессорная система управляется программой – упорядоченной последовательностью команд [8], объединенной логикой. Состав программного обеспе-

чения вычислительной системы называют программной конфигурацией. Аналогично связям между физическими узлами и блоками, между программами также существует взаимосвязь. Многие программные модули работают, опираясь на другие подпрограммы более низкого уровня. Самый низкий программный уровень называют базовым. Базовое программное обеспечение отвечает за взаимодействие с базовыми аппаратными средствами. За взаимодействие прочих программ микропроцессорной системы с программами базового уровня отвечают программы системного уровня. А за взаимодействие с конкретными устройствами отвечают программные модули, которые называют драйверами устройств, они входят в состав программного обеспечения системного уровня. Особый класс программ системного уровня обеспечивает взаимодействие микропроцессорной системы с пользователем, их называют средствами обеспечения пользовательского интерфейса [4, 5, 7].

Низкая стоимость микропроцессоров, их высокая надёжность, малые габариты, а также существенные вычислительные возможности, дают им перспективу широкого применения в тех областях, где использование обычных вычислительных машин является невыгодным. Контроллеры на основе микропроцессоров успешно используются в системах управления технологическими процессами, такими, как управление системами микроклимата, погодозависимое регулирование теплоснабжения, обеспечение функционирования подстанции с высоким уровнем автоматизации с цифровой передачей информационных данных и многими другими [10].

Разработка схемотехнических решений и реализация систем управления технологическими процессами с применением микропроцессоров – это важнейшее направление технического развития промышленности.

#### Список литературы

1. Баженов, И. В. Триггеры микроконтроллеров фирмы ONI / И. В. Баженов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – Т. 1 (12). – С. 1463–1468. – EDN XMUZSI.
2. Баженов, И. В. Этапы модернизации систем управления микроклиматом / И. В. Баженов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – Т. 2 (13). – С. 1187–1191. – EDN RZYKUB.
3. Разработка системы управления гравировальным станком / В. А. Петров, Н. Л. Олин, А. М. Ниязов, П. Л. Лекомцев // Аграрная наука – сельскохо-

зяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 томах, Ижевск, 12–15 февр. 2019 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 129–130. – EDN UTCYGK.

4. Олин, Н. Л. Проблемы нормирования и спектральный состав оптического излучения в животноводстве / Н. Л. Олин, А. М. Ниязов, Е. Н. Ефремова // Научная жизнь. – 2016. – № 1. – С. 13–22. – EDN VUCGNH.

5. The impact of the optical radiation spectrum of artificial lighting on the milk producing ability of cows / N. L. Olin, E. N. Efremova, A. M. Niyazov, P. L. Lekomtsev // International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021): International Scientific and Practical Conference, Tyumen, 19–20 июля 2021 г. Vol. 36. – Tyumen: EDP Sciences, 2021. – P. 05016. – DOI 10.1051/bioconf/20213605016. – EDN KWPEM.

6. Влияние частоты тока на металлоемкость индукционных водонагревателей / Р. И. Гаврилов, П. Л. Лекомцев, Н. Л. Олин, М. Л. Шавкунов // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Ижевск, 15–18 февр. 2022 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – Том I. – С. 257–260. – EDN RTPSVU.

7. К вопросу о повышении эффективности котлов, работающих на газовом топливе / А. М. Ниязов, Н. Л. Олин, П. Л. Лекомцев, Е. В. Дресвянникова // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы Нац. науч.-практ. конф., Ижевск, 04–06 декабря 2018 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 67–69. – EDN DCVNQR.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022662678 Российская Федерация. Программа для автоматического регулирования микроклимата в овощехранилище в режиме хранения : № 2022661508: заявл. 22.06.2022: опублик. 06.07.2022 / И. В. Баженов, Н. Л. Олин, Т. А. Широбокова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN SQBPBO.

9. Баженов, И. В. Процесс создания программ для микроконтроллера ONI / И. В. Баженов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сб. ст. / Отв. за выпуск Н. М. Итешина. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – Т. 1 (14). – С. 1967–1971. – EDN PVAXNI.

10. Niyazov, A. M. Problems of Optical Radiation Regulation and the Impact of Its Spectral Composition in Cattle Breeding / A. M. Niyazov, N. L. Olin, E. N. Efremova // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2016. – Vol. 7. – № 4. – P. 1627–1630. – EDN XBХЕНВ.

11. Программируемые логические автоматы (ПЛА) / Б. Г. Терехов. – СПб.: СУПЕР, 2022. – 192 с.

**П. Н. Покоев, Л. А. Пантелеева**

*Удмуртский ГАУ*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАМАГНИЧИВАЮЩЕЙ СИЛЫ ТРАНСФОРМАТОРА**

Проведены теоретические и экспериментальные исследования характеристик магнитопровода трансформатора при заполнении его воздушного зазора материалом с различной магнитной проницаемостью. Увеличение относительной магнитной проницаемости материала, заполняющего воздушные зазоры сердечника, снижает намагничивающую силу трансформатора на 4...6 %.

**Актуальность.** Ферромагнитные материалы обладают уникальными свойствами, имеют высокую по значимости магнитную проницаемость по отношению ко всем другим слабомагнитным материалам [2]. Это позволяет сконструировать трансформатор с высоким коэффициентом полезного действия, снизить магнитное сопротивление и намагничивающую силу для создания основного магнитного потока заданной величины.

Магнитная система трансформатора собирается (шихтуется) из заранее заготовленных пластин электротехнической рулонной стали. В углах магнитной системы возникают воздушные зазоры между стыкуемыми листами. При шихтовке магнитопровода стыки листов одного слоя перекрываются стыкуемыми листами следующего слоя. Из-за наличия воздушных зазоров и несовпадения направления магнитного потока с направлением прокатки листов угловые зоны магнитопровода становятся зонами повышения напряженности магнитного поля, увеличения потерь активной и общей намагничивающей мощности трансформатора.

При шихтовке магнитопровода с целью упрощения технологии производства каждый слой составляется не из одного, а из двух-трех листов. Такой способ дополнительно увеличивает магнитное сопротивление в зоне стыка, общую намагничивающую мощность и потери активной мощности трансформатора [3].

Для снижения магнитного сопротивления зазора в местах стыка пластин магнитопровода целесообразно заполнить его ферромагнитным материалом с высокой магнитной проницаемостью [4, 5, 6].

**Цель исследования:** провести теоретические и экспериментальные исследования тока намагничивания трансформатора

при заполнении воздушных зазоров в стыках магнитопровода веществом с высокой магнитной проницаемостью.

**Задачи.** Подобрать для проведения исследований магнитопровод и ферромагнитный материал для заполнения стыков пластин сердечника трансформатора, разработать лабораторную установку и провести испытания.

**Материал и методы.** Для проведения испытаний исследуемых материалов разработана лабораторная установка. За ее основу выбрана магнитная система силового трансформатора ТС-280. Магнитопровод трансформатора состоит из двух симметричных сердечников, выполненных из электротехнической стали марки 3412. Размеры магнитной системы: средняя длина магнитной линии одного сердечника – 155 мм; площадь поперечного сечения – 1250 мм<sup>2</sup>; величина воздушного зазора – 0,4 мм. Намотаны намагничивающая W1 и измерительная W2 обмотки (рис. 1).

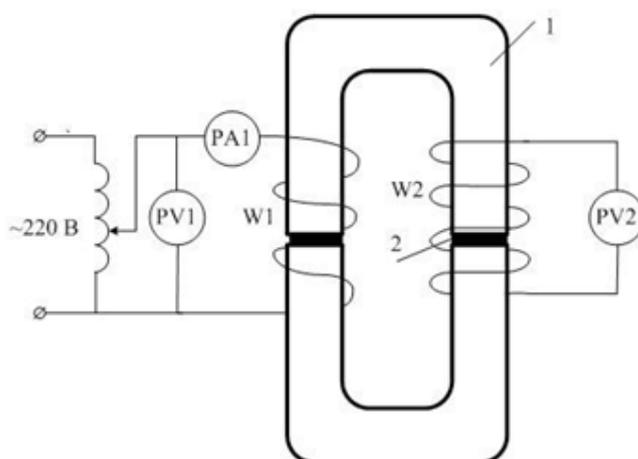


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки:

1 – магнитопровод трансформатора ТС-280; 2 – воздушный промежуток;  
W1 и W2 – намагничивающая и измерительная катушки

**Результаты исследований.** Для теоретических исследований трансформатора проведены расчеты вебер-амперных характеристик магнитопровода при замене его воздушного зазора материалами с различной магнитной проницаемостью.

На основании закона полного тока для магнитной системы трансформатора можно записать [1]

$$F = I_1 \cdot W_1 = 2 \cdot H_c \cdot L_c + 2H_\delta \cdot \delta, \quad (1)$$

где  $F$  – намагничивающая сила;

$H_c, H_\delta$  – соответственно, напряженность магнитного поля в сердечнике и в воздушном зазоре магнитопровода.

Магнитный поток в сердечнике

$$\Phi = B \times S, \quad (2)$$

где  $B$  – магнитная индукция, Вб;

$S$  – площадь поперечного сечения сердечника, м<sup>2</sup>.

Результаты расчета характеристик представлены на рисунке 2.

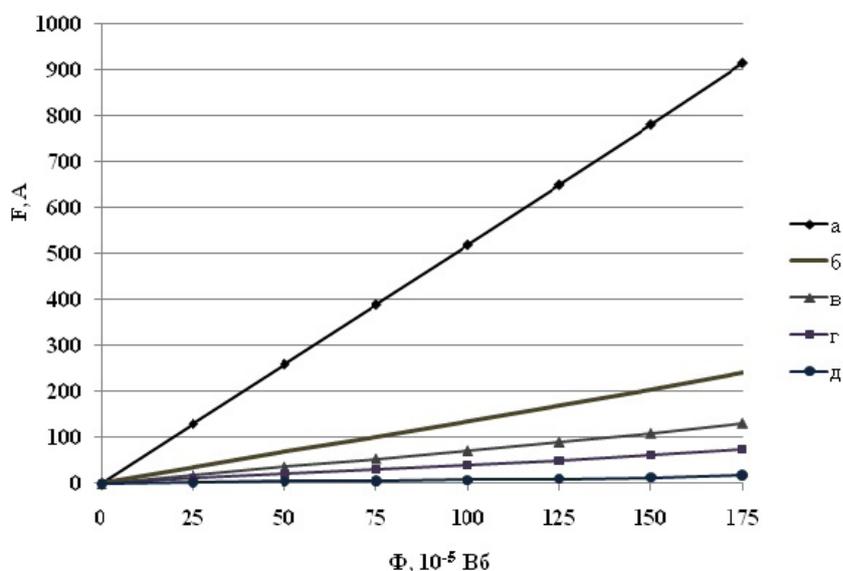


Рисунок 2 – Вебер-амперные характеристики

На рисунке 2 представлены графики вебер-амперных характеристик трансформатора, полученные расчетами при изменении воздушных зазоров магнитопровода материалами с различной магнитной проницаемостью:

а – относительная магнитная проницаемость зазора  $\mu = 1$  (воздух);

б – относительная магнитная проницаемость зазора  $\mu = 4$ ;

в – относительная магнитная проницаемость зазора  $\mu = 8$ ;

г – относительная магнитная проницаемость зазора  $\mu = 16$ ;

д – без воздушного зазора (сталь 3412).

Как видно из графиков, при увеличении магнитной проницаемости зазора уменьшается намагничивающая сила трансформатора.

В работе также проведены сравнительные оценки теоретических и экспериментальных испытаний намагничивающей силы трансформатора при заполнении воздушного зазора сердечника ферромагнитной пастой, разработанной на основе ферромагнит-

ного порошка Р-10 и графитной смазки с относительной магнитной проницаемостью  $\mu = 7,2$  [5, 6].

Экспериментальные испытания проводились на лабораторной установке (рис. 1).

По результатам экспериментов проведены расчеты намагничивающей силы:

$$F = I_1 W_1,$$

где  $I_1$  – ток намагничивания первичной обмотки.

Магнитный поток в магнитопроводе:

$$\Phi = \frac{E_2}{4,44 \cdot f \cdot W_2},$$

где  $E_2$  – ЭДС измерительной обмотки, В;

$f$  – частота тока, А.

Результаты теоретических и экспериментальных испытаний представлены на рисунке 3.

Как видно из графиков (рис. 3), результаты теоретических расчетов и экспериментальных испытаний совпали. По мере увеличения магнитного потока происходит постепенное насыщение ферромагнитной пасты, и его магнитная проницаемость начинает уменьшаться. Возрастает разница в намагничивающих силах опыта и расчета.

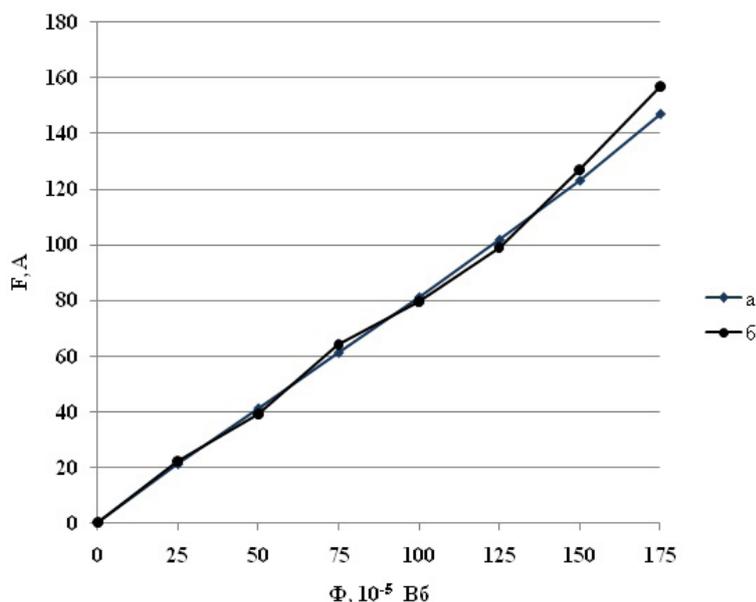


Рисунок 3 – Результаты испытаний:  
а) расчет; б) эксперимент

### **Выводы:**

1. При увеличении величины относительной магнитной проницаемости материала в зазоре магнитопровода в два раза намагничивающая сила трансформатора уменьшается на 4...6 %.

2. Ферромагнитную пасту на основе порошка Р-10 и графитной смазки с относительной магнитной проницаемостью 7,2 можно использовать для заполнения воздушных пустот сердечника с целью снижения намагничивающей силы и мощности потерь трансформатора.

### **Список литературы**

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник / Л. А. Бессонов. – 10-е изд. – Москва: Гардарики, 2002. – 638 с.

2. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы: учебник для вузов / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков. – Москва: Энегоатомиздат, Ленинградское отделение, 2008. – 304 с.

3. Вольдек, А. И. Электрические машины: учебник / А. И. Вольдек. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Энергия, 1978. – 832 с.

4. Куликов, М. Н. Зависимость тока намагничивания катушки от материала, заполняемого в зазор магнитной цепи / М. Н. Куликов, В. А. Носков // Инновация в науке, технике и технологиях: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 28–30 апреля 2014 г. – Ижевск: Удмуртский университет, 2014. – С. 141–143.

5. Покоев, П. Н. Испытание ферромагнитной пасты / П. Н. Покоев, В. А. Носков // Научное обоснование технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 2017 г., г. Ижевск. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – Т. 3. – С. 301–303.

6. Покоев, П. Н. Испытание трансформатора по уменьшению намагничивающей мощности / П. Н. Покоев, В. А. Носков // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 16–19 февр. 2016 г., г. Ижевск. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 2. – С. 243–245.

**И. Г. Пospelова, Т. А. Широбокова,  
И. В. Титов, С. А. Холмогоров**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЧВЫ**

Исследуется целесообразность применения установок для обеззараживания почвы. Определено, что установка для обеззараживания почвы и субстрата ИК-излучением с программным регулированием является наиболее эффективной системой электрического обеззараживания почвы.

**Актуальность.** Последние 20 лет население планеты стремительно увеличивается, а вот площадь обрабатываемой земли – нет. В связи с этим появляется необходимость получения большего количества продукции с той же площади посева. В связи с этим **целью работы** является определение наиболее экономически эффективного способа обработки почвы.

**Объект и методы.** Почва является благоприятной средой для обитания множества микроорганизмов, болезнетворных бактерий, спор грибов, яиц насекомых в связи с наличием в ней питательных веществ и влаги. Наиболее обильно населен поверхностный слой (глубина 1...10 см), так как он постоянно обогащается питательными веществами за счет отмерших растительных организмов, сточных вод. Для предотвращения болезней рассады и растений, проводят обеззараживание почвы. Основными методами обработки земли являются обработки паром, химикатами и электричеством. Методы получили широкое распространение, но это не говорит об отсутствии недостатков. Так, у метода обработки паром маленькая производительность, так как каждый участок нужно длительное время подготавливать. Химический способ существенно изменяет состав почвы, что может усугубить урожайность. Водный метод подразумевает под собой термическую обработку большого количества воды, что в больших масштабах не рентабельно. Системы электрического обеззараживания почвы по конструктивному исполнению можно подразделить на электродную, элементную, электроискровую и лучистую. Для обеззараживания почвы электрическим током используют стационарные и передвижные устройства. Все устройства объединяет исполь-

зование плоских металлических электродов, находящихся в вертикальном положении в почве по отношению к ее поверхности. Нагрев почвы происходит за счет превращения электрической энергии [1, 2, 3, 4]. Для реализации автоматизации процесса обеззараживания почвы и субстрата, а также повышения энергоэффективности разработано устройство для обеззараживания почвы и субстрата ИК-излучением с программным регулированием [5, 6] (табл. 1).

**Результаты исследования и обсуждение.** Для оценки эффективности применения способов обработки почвы приведем расчеты с учетом капиталовложений за год эксплуатации установок.

Капитальные затраты складываются из стоимости материалов и оборудования, монтажных работ, включая транспортные расходы. Капиталовложения на установку дополнительного оборудования определяются как [7]:

$$K = K_y + K_m + K_t, \quad (1)$$

где  $K_y$  – стоимость нового оборудования, тыс. руб.;

$K_m$  – затраты на монтаж нового оборудования (принимаются 0,15 от стоимости установки), тыс. руб.;

$K_t$  – транспортные расходы (принимаются 0,1 от стоимости установки), тыс. руб.

Объем обрабатываемых площадей закрытого грунта представим на примере АО «Тепличный комбинат «Завьяловский» Удмуртской Республики. Для обработки почвы в 12 га время работы установки составит 120 ч, или 15 смен. Обеззараживание почвы и субстрата в защищенном грунте увеличивает урожай огурцов (примерно) на 9 % (рис. 1).

Таблица 1 – Сравнение методов обработки почвы

	Стоимость установки, тыс. руб.	Стоимость обработки 1 м <sup>2</sup> руб/м <sup>2</sup>	Срок окупаемости, лет
Установка для обеззараживания почвы эл. током	476,00	40	0,19
Установка для обеззараживания почвы опрыскиванием	550	35	0,21
Установка для обеззараживания почвы паром	530	47	0,21
Установка для обеззараживания почвы и субстрата ИК-излучением с программным регулированием	277,72	20	0,11

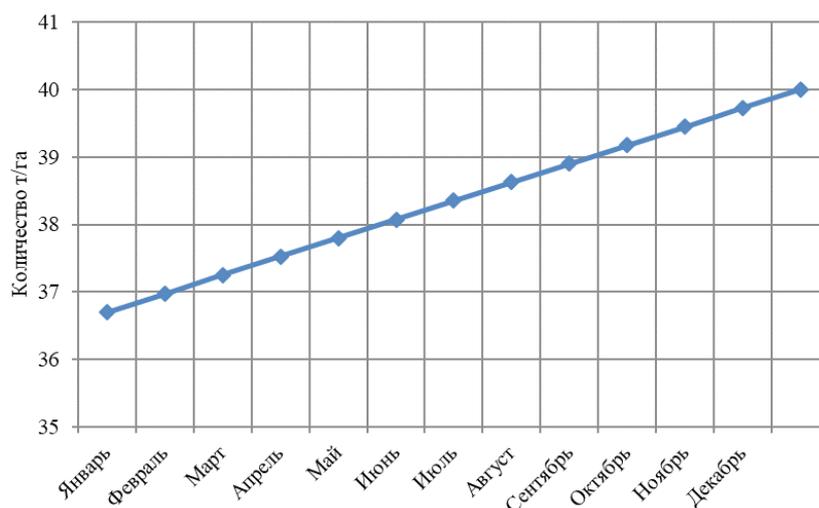


Рисунок 1 – Прогнозируемое увеличение урожайности при применении установки для обеззараживания почвы и субстрата ИК-излучением с программным регулированием

Анализ прогнозирования повышения урожайности от применения установки для обеззараживания почвы и субстрата ИК-излучением с программным регулированием показал, что повышение урожайности с 1 га огурцов составит 40 т, ожидаемая прибавка урожайности составила 31,5 т/год.

**Выводы.** По данным рисунка 1 следует, что установка для обеззараживания почвы и субстрата ИК-излучением с программным регулированием по сравнению с другими установками имеет наименьшую стоимость, срок окупаемости, при этом обеспечивает повышение урожайности на 9 процентов.

### Список литературы

1. Применение термоэлектродгенераторов Пельтье для автономной системы электроснабжения установки обеззараживания поверхностей ИК-излучением / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, И. Р. Владыкин, А. М. Ниязов // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Ижевск, 15–18 февр. 2022 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 287–292. – EDN IOFWCE.
2. Широбокова, Т. А. Разработка энерго-ресурсосберегающих осветительных установок для АПК / Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова, М. А. Набатчикова [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67. – N3 (40). – С. 95–102.
3. Современные термоэлектрические источники питания электронных устройств. – URL: <https://kryothermtec.com/assets/dir2attz/passive%20air%20cooling.pdf>(дата обращения 16.05.2022).

4. Пелипенко, В. Н. Газовые горелки инфракрасного излучения: учеб. пособие. / В. Н. Пелипенко, Д. Ю. Слесарев. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 118 с.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663878 Российская Федерация. Программа работы в комплексе промышленной автоматизации для работы электрооборудования установки обеззараживания поверхностей ИК-излучением в защищенном грунте : № 2022618609: заявл. 13.05.2022 : опубл. 21.07.2022 / И. Г. Поспелова, И. Р. Владыкин, И. В. Возмищев, И. В. Титов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN BWKGIF.

6. Патент на полезную модель № 205568 U1 Российская Федерация, МПК А01М 17/00. Устройство для обеззараживания почвы с механической обработкой: № 2021111346 : заявл. 20.04.2021: опубл. 21.07.2021 / И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев, И. Р. Владыкин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – EDN PVKGKP.

7. Водяников, В. Т. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / В. Т. Водяников. – М., 1998. – 219 с.

УДК 628.16.087

**Л. Н. Прокопьев, М. Л. Шавкунов**  
*Удмуртский ГАУ*

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Рассмотрены основные способы очистки воды электрохимическим методом. Проанализированы плюсы и минусы каждого способа и выявлен наиболее эффективный метод очистки воды электрохимическим методом.

**Актуальность.** В современном мире вода часто загрязнена и не подходит для питья. Поэтому очистка воды является одной из важнейших задач, решаемых для улучшения качества жизни человека. Существует несколько способов очистки воды, а именно:

- 1) механическая фильтрация;
- 2) ионный обмен;
- 3) обратный осмос;
- 4) электрохимическая очистка;

- 5) дистилляция;
- 6) сорбция.

Проанализируем электрохимические способы очистки воды [4, 5].

**Цель и задачи.** Целью данной работы является анализ способов очистки воды и выявление наиболее эффективного метода очистки.

**Объект и методы.** Электричество применяется для очистки воды в течение последних десятилетий, но технологические ограничения и высокие эксплуатационные затраты в сравнении с другими способами обработки не позволили полномасштабно применять электричество в качестве основного метода очистки сточных вод. Однако ужесточение экологических ограничений на сброс сточных вод стало отличным стимулом для развития технологий электрохимической очистки воды. Принцип, лежащий в основе технологий электрохимической очистки воды, весьма прост: электроды используются для воздействия на воду электрическим током с целью получения требуемой реакции. Несмотря на всю простоту, предсказать результат такого воздействия весьма сложно, поскольку процесс протекает на стыке гидро- и электрохимии.

Технологии электрохимической очистки воды можно условно разделить на три различных вида [6]:

1. Электрокоагуляция.
2. Электрофлотация.
3. Электроокисление.

Наиболее известным из перечисленных методов является электрокоагуляция, при которой электричество используется для растворения металла из одноразового электрода (анода) в очищаемую воду. После чего растворенный металл вступает в реакцию как с примесями в воде, так и с самой водой, что приводит к коагуляции. При электрохимической очистке в воду не добавляются соли, как при традиционной очистке осаждением. Наиболее распространенными материалами электродов для электрокоагуляции являются железо и алюминий благодаря их подтвержденной эффективности, невысокой стоимости и доступности.

В электроокислении в качестве анода используется инертный электрод, покрытый, например, титаном, или электрод из легированного бором алмаза. При электроокислении вместо реакции растворения происходит образование кислорода в результате

электрической диссоциации воды. В некоторых случаях возможно образование хлора, однако он легко вступает в реакцию с гипохлоритом, который ведет себя как сильный окислитель, повышая эффективность процесса [6, 7].

Газы, выделяющиеся на электродах во время диссоциации воды при электрохимической очистке воды, можно использовать для флотации образовавшихся частиц в случае электрокоагуляции или других примесей в воде [2]. Этот процесс называется электрофлотацией. Обычно электрофлотация рассматривается как часть электрокоагуляции или электроокисления, однако она может использоваться в виде отдельного процесса [6, 7].

**Результаты исследования и обсуждение.** Основными факторами, влияющими на электрохимическую очистку воды, являются плотность тока или подаваемый ток, а также время пребывания в камере или расход. Под плотностью тока понимается количество тока, подаваемого на площадь поперечного сечения электрода; кроме того, это основной фактор, определяющий, какие электрохимические реакции будут происходить на поверхности электрода [3]. От плотности тока также зависит интенсивность растворения электрода, образование пузырьков и потенциал в камере, поэтому рентабельность процесса очистки сильно зависит от этого фактора [1]. Загрузка материала определяет количество электрической энергии, подаваемой на электролит по объему. Она прямо пропорциональна количеству растворенного электрода, и от нее зависит дозировка металла. Загрузка материала состоит из подаваемого тока и расхода, совмещая оба основных параметра техпроцесса. Также можно сказать, что загрузка материала является уровнем очистки технологического процесса [6, 7].

Технология электрохимической очистки воды подтвердила свою эффективность в широком диапазоне температуры и рН. Кроме того, процесс электрохимической очистки воды естественным образом повышает уровень рН до слабощелочного (рН 8–9), нейтрализуя раствор и позволяя, как правило, выполнять прямой сброс. При проектировании системы электрохимической очистки воды следует учитывать, что алюминиевые электроды легче поддаются пассивации при определенных уровнях рН, а электроды из железа более гибкие [7] (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что некоторые примеси, такие, как мышьяк и никель, вступают в реакцию раньше сурьмы. Поэтому результаты очистки зависят от общего содержания растворенных

твердых веществ, которые вступают в реакцию в процессе электрохимической очистки.

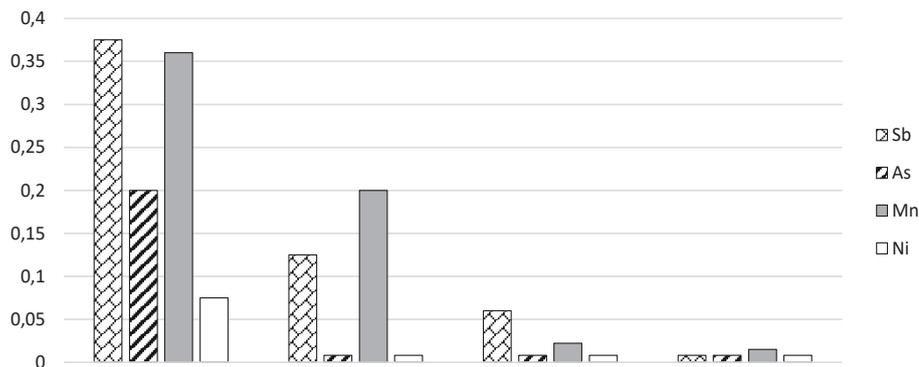


Рисунок 1 – Пример очистки воды с различными примесями

**Выводы.** Проанализировав вышеприведенные данные, можно отметить, что использование электрокоагуляции при очистке воды электрохимическим способом является наиболее эффективным.

#### Список литературы

1. Гаврилов, Р. И. Электротехнологии озонирования в сельском хозяйстве / Р. И. Гаврилов // Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2015. – С. 149–153.
2. Патент 2305071 Российская Федерация, МПК C02F 1/46. Электрохимический способ и устройство непрерывного действия для очистки воды: № 2305071: заявл. 08.08.2005; опубл. 27.08.2007 / заявитель и патентообладатель Ханин А. Б., Будыкина Т. А. – 11 с.: ил.
3. Трофимова, Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – Москва: Академия, 2006. – 560 с.
4. Шавкунов, М. Л. Анализ способов очистки воздуха в сельскохозяйственных помещениях / М. Л. Шавкунов, П. Л. Лекомцев // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 235–238.
5. Шавкунов, М. Л. Анализ способов обеззараживания воздуха в сельскохозяйственных помещениях / М. Л. Шавкунов // Научные труды студентов факультета энергетики и электрификации ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, посвященные 80-летию канд. тех. наук, доцента, почет. раб. ВПО РФ В. А. Носкова. Отв. за вып. Н. М. Итешина. – Ижевск, 2018. – С. 19–20.
6. Электрохимическая очистка воды: Mogroup.com – база данных. – URL: <https://www.mogroup.com/ru/insights/blog/mining-and-metals/comply-with-strict-environmental-water-discharge-limits-with-electrochemical-water-treatment/>.

7. Электрохимическая обработка воды: Diesel Engineering – интернет-портал. – URL: <https://diesel.ru/article/elektrohimicheskaya-ochistka-vody/>.

УДК 631.531.027.34

**Н. С. Тронин, Е. В. Дресвянникова**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ЛАЗЕРНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН**

Современное растениеводство сталкивается с большими трудностями. Это связано с использованием технологий, которые потребляют меньше энергии для устойчивого повышения урожайности и качества продукции. В этом отношении также важно снижение ресурсоемкости и уровня технического и антропогенного загрязнения окружающей среды и получаемой сельскохозяйственной продукции. Чтобы снизить влияние неблагоприятных факторов на сельскохозяйственное производство, следует искать методы, повышающие как качественные, так и количественные показатели в различных климатических условиях не зависимо от состояния семенного материала. Одним из методов, обычно используемых в этой области, является лазерная обработка семян.

В связи с этим целью исследований являлось проведение оценки семян пшеницы после обработки лазерным облучением. В задачи входило изучение особенностей роста и развития семян пшеницы в процессе лазерной предпосевной обработки. В настоящем исследовании представлены результаты опытов воздействия лазерного облучения на семена пшеницы перед посадкой с помощью аппарата «Рикта-01». Облучение при частоте 1000 Гц в течение 10 и 25 минут показало стимулирующий эффект на прорастание семян (всхожесть), удлинение стебля и корня, и эти показатели уменьшались с увеличением времени облучения.

**Актуальность.** В настоящее время наиболее распространены разные минеральные удобрения для повышения урожайности различных сельскохозяйственных культур. В то же время все более широкое использование минеральных удобрений негативно сказывается на полезности сельскохозяйственной продукции для жизни и здоровья человека. Таким образом, использование альтернативных методов и методов для повышения урожайности в настоящее время является многообещающим направлением исследований.

Перспективной альтернативой химическим методам является разработка и внедрение лазерной технологии, которая включа-

ет предпосевную обработку семян, обеззараживание зерновых, технических и овощных культур, стимулирование роста и развития растений во время полевой обработки, а также индукцию устойчивости ко многим заболеваниям вегетационного периода. Технология лазерного земледелия используется в сочетании с другими традиционными методами ведения сельского хозяйства для адаптации к существующим сельскохозяйственным рядам с минимальными затратами.

Крайне маловероятно, что лазерное излучение может положительно повлиять на функциональную активность растительных клеток. Такие эффекты описаны многими авторами в различных источниках, посвященных изучению воздействия лазерного излучения на различные биологические мишени. Исследования определили лазерное излучение как высокоэффективный метод, оказывающий значительное влияние на продуктивность растений.

В данной работе рассматривается одна из актуальных проблем современной радиобиологии – стимулирующее действие оптимальных доз лазерного излучения при предпосевном облучении семян пшеницы с помощью аппарата РИКТА-01.

Основные физические факторы устройств квантовой терапии, включая лазерный аппарат РИКТА-01, влияют на живые организмы. Импульсное инфракрасное лазерное излучение – диоды на арсениде галлия с длиной волны 890 нм. Мощность лазерного импульса составляет не менее 8 Вт на ширину импульса от 90 до 130 нс. Индуцированное магнитное поле  $35 \pm 10$  мТл. Такого рода индукции достаточно для перенаправления дипольных молекул в жидких средах.

А. М. Кузин разработал теоретическую основу предпосевного облучения, которая объясняет влияние излучения на возбуждающую дозу с физической и химической точек зрения [3]. Согласно этой теории, облучение сухих семян в воздухе гамма-лучами приводит к образованию в них долгоживущих центров свободных радикалов, которые накапливают поглощенную энергию фотонов. Эта энергия, проходящая через упорядоченную белковую систему облучаемого организма, проявляется в наиболее реактивных центрах.

В почке, как и в самой влажной части семени, энергия рассеивается быстро, поэтому радиационное облучение меньше. Образующиеся под воздействием радиации радикалы запускают радиохимические процессы, которые приводят к образованию в семенах сильно окисленных веществ, таких, как пероксиды и вещества, от-

носящиеся к хинон-радиотоксиновой группе. Высокореактивный радиотоксин активирует многие оксидазы, такие, как пероксидаза, полифенолоксидаза, аскорбиноксидаза, каталаза и другие, на самых ранних стадиях пробуждения облученных семян. Усиление окислительных процессов приводит к более быстрой мобилизации запасных питательных веществ в семенах. Практически все ранее проведенные эксперименты показывают увеличение энергии прорастания семян под действием облучения.

Неудивительно, что повторные окислительные процессы во время предпосевного облучения семян можно рассматривать как один из факторов, способствующих прорастанию, росту и развитию растений в течение вегетационного периода. Накопление пероксидных соединений в облученных семенах и усиление окислительных процессов, обусловленных активностью оксидазы во время гамма-облучения, происходят неоднородно в разных частях семян. Во время скрининга эти процессы активируются сильнее, чем эндосперм и зародыши, что приводит к неоднородности облученных семян. Считается, что это явление – один из факторов, способных стимулировать рост и развитие растений, а также гибридный гетерозис [3, 6].

Образование при облучении высокореактивных, сильно окисленных метаболитов оказывает длительное влияние на все метаболические процессы, происходящие в растениях, выращенных из облученных семян. В этом случае происходит цепочка последовательных биохимических изменений, в том числе имеющих экономическое значение.

Возникающие биохимические изменения сопровождаются различными морфологическими отклонениями от нормы. Некоторые из них приводят к увеличению урожайности, образованию дополнительных початков на кукурузе и дополнительных стеблей на картофеле, гречихе и волокнистых растениях.

С помощью аппарата «РИКТА» определяли биологическую реакцию растений на облучение в зависимости от частоты облучения и степени радиационного воздействия.

**Цель исследований:** провести качественную оценку семян пшеницы после обработки лазерным облучением.

**Задачи исследований:** изучить особенности роста и развития семян пшеницы в процессе лазерной предпосевной обработки.

**Материалы и методы исследований.** Высушенные семена пшеницы (50 шт.) подвергали воздействию лазерного излуче-

ния с частотой 50 Гц и 1000 Гц на аппарате «Рикта-01», МИЛТА-ПКПГИТ. Энергия фотонов лазерного излучения в полупроводниковых арсенид-галлиевых диодах составляет менее 1,5 эВ, что слишком мало для того, чтобы вызвать ионизацию органических молекул, нарушить естественные процессы или разорвать биополимерные связи. Был изучен рулонный метод, изменения всхожести облученных семян, рост и развитие растений пшеницы. Облученные семена помещали в рулоны и помещали в стакан с водой для прорастания. Контрольные семена не были облучены.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Почвенные и климатические условия прорастания также значительно изменяют радиочувствительность растений. Оптимальная доза для южных районов выращивания с сильным пребыванием на солнце и высокими температурами должна быть значительно выше, чем для северных районов.

Увеличивается объем научных материалов, исследующих факторы, изменяющие стимулирующее действие гамма-лучей на основные продукты, и учет влияния этих факторов позволяет повысить воспроизводимость действий оптимальных доз стимуляторов. Простой тест на прорастание семян (процесс прорастания, который начинается с набухания и заканчивается появлением зародышевых корешков) дает информацию о потенциальной урожайности выживших семян определенного вида. Авторы исследования [7, 8] обнаружили, что существует высокая корреляция между лабораторной и полевой всхожестью семян озимой и яровой пшеницы, которая снижается при прорастании семян при скорости прорастания менее 60 % (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние лазерного излучения на рост пшеницы

Мощность	Частота	Время	Длина		Сух. вес		Всхожесть
			см		г		
Вт	Гц	мин	Корни	Стебли	Корни	Стебли	%
1	Контроль	–	17,5 ± 0,7	12,4 ± 0,8	0,34	0,57	75
	50	10	20,4 ± 0,9	16,0 ± 1,0	0,36	0,57	82
	1000	10	21,4 ± 0,8	19,4 ± 0,8	0,41	0,58	85
		25	19,2 ± 0,7	13,8 ± 0,7	0,44	0,66	89
		45	20,6 ± 0,5	13,6 ± 0,6	0,47	0,67	91
		60	20,4 ± 0,6	13,2 ± 0,5	0,48	0,71	90

В экспериментальном варианте исследования, в котором семена пшеницы облучали лазерным излучением с частотой 1000

Гц, всходы появлялись за 6 дней до контроля. Высокая всхожесть семян наблюдалась через 25, 45 и 60 минут после воздействия лазерного излучения 1000 Гц и составила более 90 %, 85 % после 10 минут воздействия и 75 % для контроля (табл. 1). Есть основания полагать, что на повышенную всхожесть семян влияет лазерное излучение на ранних стадиях развития. В дальнейшем облученные опытные растения вступали в каждую новую стадию развития пшеницы перед контрольной. В полевых условиях обработка семян электромагнитными полями увеличивает всхожесть до 99 % за счет эффекта биостимуляции, вызывает активизацию процессов роста в течение вегетационного периода, регулирует качество урожая и способствует насыщению почвы кислородом. Увеличивает содержание питательных веществ и гумуса, снижает заболеваемость грибковыми и вирусными заболеваниями, улучшает качество почвы [5].

Учет продуктивности растений проводился путем взвешивания сухого веса стеблей и корней пшеницы для каждого варианта эксперимента. Изучение динамики содержания сухого вещества в ростках пшеницы через 3 недели наблюдения показало, что воздействие на ростки пшеницы частоты 1000 Гц в течение 45 и 60 минут увеличивало содержание сухого вещества на 1,5 % по сравнению с контрольной группой. Количественные различия между облученными и контролируемыми ростками пшеницы проявлялись в первую очередь в различиях в скорости прорастания семян (90 % против 75 дек.%). По мере роста растений наблюдалась тенденция к увеличению надземной длины стеблей и длины корней с увеличением частоты от 50 до 1000 Гц.

Предварительно декоммунизированное лазерное облучение семян с частотой 1000 Гц приводит к увеличению длины стебля и уменьшению длины стебля с увеличением времени воздействия с 10, 25, 45 до 60 минут. Здесь продолжают проявляться радиобиологические эффекты, как раздражение корней, так и некоторое торможение роста корней с колеблющимися внешними проявлениями. Биологические эффекты различных частот воздействия лазерного излучения, по-видимому, более заметно влияют на соответствующие процессы роста и развития корня и стебля. Возбуждение лазерным облучением заметно проявляется в увеличении всхожести семян и увеличении длины стебля и стебля при облучении с частотой 1000 Гц в течение 10 минут. Снижение всхожести семян и подавление процесса роста происходит при частоте

те 1000 Гц в течение 45 и 60 минут, несмотря на стимулирующее действие радиации на ранних стадиях развития.

В других экспериментах изучалось влияние лазерного облучения на рост и развитие облученных растений после охлаждения зародышей пшеницы (50 шт.) при  $t = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 24 и 48 часов. Половину семян (25 шт.) поместили в темноту, а другую половину поместили на свет. Всходы появились через 4 дня. Длина стебля (22,9 см) пшеницы, прорастающей после 24 часов облучения и охлаждения в темноте, на 6,9 см больше, чем длина стебля (16,0 см), прорастающего на свету. У семян, охлажденных в течение 2 дней, наблюдается увеличение длины на 8,0 см по сравнению с длиной стебля растений на свету (14,9 см) и на 7,9 см по сравнению с контрольными (15 см) (табл. 2, рис. 1). Такое прорастание семян происходит в результате воздействия лазерного облучения на фитохромную систему. Механизм действия фитохромов: влияние на метаболизм гиббериллина, активация потенциально активных генов, влияние на клеточные мембраны [7]. Ростки пшеницы, помещенные в темное время суток, имеют длину стебля примерно в 1,5 раза больше, чем те, которые растут на свету. По мнению авторов [8], ключевыми аспектами прочности саженцев, растущих в темноте, являются скорость прорастания семян, скорость удлинения побегов и корней, а также эффективность использования резервного материала эндосперма для роста саженцев.

Таблица 2 – Влияние лазерного облучения на рост корня и стебля (в темноте и на свету)

Продолжительность, ч	Длина, см	
	Корни	Стебли
Темнота		
24	16,0 ± 0,9	22,9 ± 0,9
Свет		
24, охлажденные семена	22,0 ± 0,8	16,0 ± 1,1
48, охлажденные семена	21,1 ± 0,9	14,9 ± 1,0
контроль, охлажденные семена	20,4 ± 1,1	15,0 ± 0,8
контроль, неохлажденные семена	18,9 ± 0,9	13,9 ± 0,9

Данные исследований показали стимулирующее влияние лазерного облучения на прорастание семян при частоте 1000 Гц в течение 10 и 25 мин., активацию ростового процесса в течение вегетационного периода.

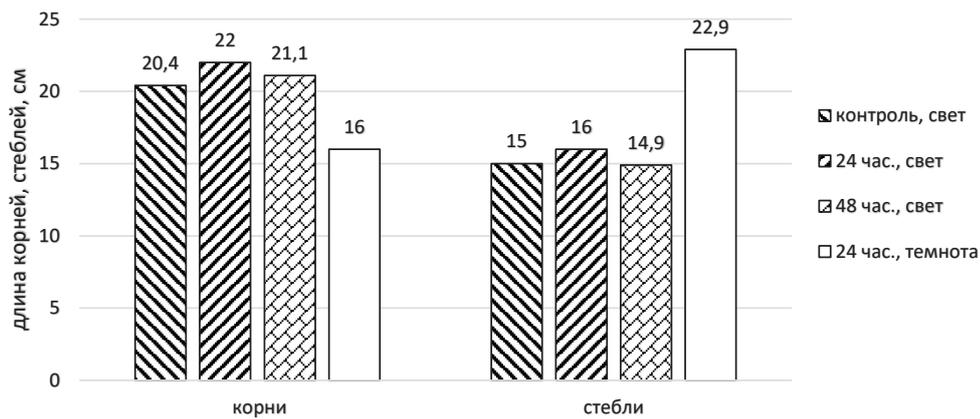


Рисунок 1 – Зависимость роста корня и стебля от темной и светлой фаз

**Вывод.** Стимулирующий эффект лазерного излучения с частотой 1000 Гц в течение 10 и 25 минут был обнаружен для прорастания зародышей пшеницы.

Активация и подавление процесса роста зародышей пшеницы в течение вегетационного периода (при хранении).

Было обнаружено, что стебли пшеницы, прорастающие из семян, облученных и охлажденных в течение 24 часов в темноте, имеют большую длину, чем стебли, прорастающие на свету.

Увеличение длины стебля пшеницы наблюдалось у семян, охлажденных в течение 48 часов.

#### Список литературы

1. Дворенко, Н. И. Предпосевная лазерная обработка семян зерновых и овощных культур // Вестник КСХИ. – Кемерово, 1995. – С. 34–36.
2. Журба, П. С. Лазерная технология промышленного возделывания сельскохозяйственных культур / П. С. Журба, Е. П. Журба // Фотоника. – 2010. – № 3. – С. 34–38.
3. Кузин, А. М. Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных культур. – Москва: АН СССР, 1963. – 175 с.
4. Лазерная обработка семян // 16 апреля 2020. – URL: <https://agbz.ru/articles/lazernaya-obrabotka-semyan/> (дата обращения: 18.12.2022).
5. Некоторые закономерности воздействия магнитного поля на семена злаков // Сб. трудов РАСХН и Агрофизического НИИ. – 1993. – 140 с.
6. Сабинин, Д. А. Избранные труды по минеральному питанию растений. – Москва: Наука, 1971. – 512 с.
7. Mackay D. B., Tonkin J. H. 1965. Studies in the laboratory germination and field emergence of sugar, beet seed. Proc. Int. Seed test. Ass. – 1965, 30. – P. 661–676.
8. Black M. Light-controlled germination of seeds. – Symp. Soc. Exp. Boil, 1969. – № 23. – P. 193–217.

**И. А. Чирков, Л. Н. Прокопьев, Л. А. Пантелеева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Проведен обзор проблемы сжигания твердых бытовых отходов с преобразованием тепловой энергии в электрическую, а также использования ее в качестве сырья для изготовления новых предметов быта.

**Актуальность.** Ежедневно человечество производит немалое количество твердых бытовых отходов. Для избавления от них практикуются следующие методы:

- захоронение;
- компостирование;
- брикетирование;
- переработка (термическая, химическая и механическая).

**Цель и задачи:** проанализирована термическая технология переработки твердых бытовых отходов. Целью работы является анализ эффективности использования твердых бытовых отходов в качестве возобновляемого источника энергии путем его сжигания на мусоросжигательных заводах [6].

**Объект и методы.** Сжигание ТБО, помимо снижения объема и массы, позволяет получать дополнительные энергетические ресурсы, которые могут быть использованы для централизованного отопления и производства электроэнергии [1]. К числу недостатков этого способа относится выделение в атмосферу вредных веществ, а также уничтожение ценных органических и других компонентов, содержащихся в составе бытового мусора.

В настоящее время топливо из бытовых отходов получают в измельченном состоянии, в виде гранул и брикетов [1]. Предпочтение отдается гранулированному топливу, так как сжигание измельченного топлива сопровождается большим пылевыносом, а использование брикетов создает трудности при загрузке в печь и поддержании устойчивого горения. Кроме того, при сжигании гранулированного топлива намного выше КПД котла [2]. Мусоросжигание обеспечивает минимальное содержание в шлаке

и золе разлагающихся веществ, однако оно является источником выбросов в атмосферу [1].

**Результаты исследования и обсуждение.** На 2021 год в Удмуртии проживает 1 493 400 человек. В среднем на одного человека производится 200 килограммов твердых бытовых отходов в год [3]. Из несложных вычислений мы получаем, что в год в Удмуртской Республике вырабатывается около 298 680 000 килограммов или 298 680 тонн мусора [3]. По данным из сети Internet, при сжигании одной тонны мусора получают 300–400 кВт/ч энергии [2]. То есть при сжигании всего мусора можно получить 89 604 000–119 472 000 кВт/ч или 89 604–119 472 МВт/ч энергии. На 2020 год потребление энергии в Удмуртии составило 9,7 млн МВт/ч [4], в то время как выработано было всего 3,52 млн кВт/ч.

А теперь рассмотрим, стоит ли сжигать твердые бытовые отходы для получения энергии. Для этого рассмотрим график (рис. 1).

На рисунке 1 показано количество полученной энергии при сжигании мусора (на данном графике рассмотрен пример бумаги) и сколько энергии экономится при его переработке для повторного использования при одном и том же объеме твердых бытовых отходов. По диаграмме видно, что при переработке происходит экономия энергии примерно в 4,5 раза больше, чем получается при его сжигании [7].



Рисунок 1 – Количество выработанной и сохраненной энергии

**Выводы.** Сжигание твердых бытовых отходов может стать источником возобновляемой энергии в том случае, если при сжигании 1 тонны мусора будет получаться энергии больше, чем экономится при ее переработке. Но на данный момент данная технология себя не может оправдать и конкурировать с другими источниками возобновляемой энергии. Также в расчетах не были

учтены затраты на транспортировку мусора до мусоросжигательных или до мусороперерабатывающих заводов. Еще не стоит забывать, что при сжигании мусора вырабатывается много химических элементов, которые пагубно влияют как на состояние здоровья людей, так и на состояние окружающей среды.

#### Список литературы

1. Твердые бытовые отходы как возобновляемый источник энергии. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=525160>.
2. Опыт работы мусоросжигательного завода № 2 г. Москвы. – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2810](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2810).
3. Об установлении нормативов накопления твердых бытовых отходов на территории Удмуртской Республики. – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2810](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2810).
4. Выработка и потребление электроэнергии в Удмуртии за 2020 год. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4652856>.
5. Патент № 2265773 С2 Российская Федерация, МПК С04В 2/10, F23G 5/00. Способ и устройство для сжигания твердых бытовых отходов: № 2003114185/03: заявл. 13.05.2003: опубл. 10.12.2005 / В. А. Арсентьев, А. В. Петров.
6. Высокотемпературная переработка твердых бытовых отходов / О. Б. Барышева, Р. А. Садыков, Ю. Х. Хабибуллин, М. А. Таймаров // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 2 (48). – С. 307–314.
7. Рамазанов, Р. С. Свалочный газ как альтернативный источник энергии / Р. С. Рамазанов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2021. – Т. 25. – № 2. – С. 23–34.

УДК 631.371:621.31-047.645

**Д. Н. Чукарев, И. А. Баранова**  
*Удмуртский ГАУ*

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК

Рассматривается возможность реализации энерго- и ресурсосберегающих технологий, а также предлагаются пути по снижению потребления энергоресурсов, что достигается за счет рационального применения энергосберегающих технологий. Данная тема актуальна, поскольку в последние годы большое внимание уделяется агропромышленному комплексу, но при этом не уделено должного внимания внедрению энергосберегающих технологий (ЭСТ) в сельском хозяйстве, как одного из немаловажных и быстро окупаемых методов снижения себестоимости сельхозпродукции.

Важной составляющей отраслью в агропромышленном комплексе является энергосбережение [1–3]. На современном этапе электроэнергетические системы, системы теплоснабжения и электроснабжения являются достаточно сложными многосвязными объектами, которые функционируют в условиях неоднородности их структуры, а также неопределенности режимов работы при низкой наблюдаемости, что позволяет сделать вывод о сложности задач управления и высокого уровня актуальности их оптимизации. Данные проблемы особенно актуальны на современном этапе, поскольку обострились противоречия между поставщиками и потребителями электрической и тепловой энергии [4]. Исходя из этого, главная задача развития энергетики АПК состоит в надежном и экономичном энергоснабжении сельскохозяйственных потребителей, повышении энергетической эффективности производства на основе внедрения современных технологических процессов, создании комфортных условий жизни населения.

**Целью** данной работы является оценка путей и способов снижения потребления энергоресурсов за счет рационального применения энергосберегающих технологий, а также действенность их применения.

**Материалы, методы.** В качестве методов исследования авторами использовались такие научные методы, как наблюдение, сравнение, анализ, гипотеза и предположение. Анализ эффективности использования различных видов энергии показывает, что в последнее время рост производства сельскохозяйственной продукции и повышение производительности труда достигались в основном за счет использования более мощной техники, роста потребления топлива, металла и электроэнергии.

Особенностью функционирования отрасли сельского хозяйства является то, что в качестве объекта воздействия машинных технологий наиболее часто выступают такие объекты, как почва, животные, растения [5–7]. Также важной особенностью энергосберегающих технологий является недооценка роли энергетики в развитии сельскохозяйственного производства и социальной сферы, низкий уровень финансирования энергетики, обострение проблемы технического сервиса, низкий уровень внедрения современных технологий. Данные объекты оказывают влияние на особенности потребления и распределения энергии и ресурсов.

Главным направлением сбережения электроэнергии выступает высокопродуктивное расходование путем согласования мощ-

ностей оборудования с потребностями; четкое соблюдение графика работы электрооборудования, а также поддержание электрооборудования в исправном состоянии, которое способствует устранению отклонений от нормативного состояния [2]. Например, резервом уменьшения расходов электроэнергии на освещение является замена ламп накаливания, которые, в свою очередь, превращают в свет 5–8 % энергии, люминесцентными лампами, отдача от которых более 20 %.

Необходимо отметить, что практически половину экономии энергии можно обеспечить с помощью внедрения энергосберегающих машин, технологических процессов и оборудования [8]. Инновационной составляющей в производственном секторе выступает исследование условий эксплуатации мобильных энергетических средств при выполнении технологических операций и других средств механизации при использовании энергосберегающих технологий во всех сферах АПК. Также отметим, что в ряду энергосберегающих свойств тягово-транспортных систем устойчивость и управляемость движения МЭС выступают важными показателями качества [8].

Наиболее значимым аспектом энергосбережения в АПК является включение в севооборот культур, которые предназначены для их использования в качестве биотоплива. Например, масло рапса представляет собой альтернативу дизельному топливу, которое на данный момент применяется в АПК, при этом топливо из рапса является экологически безопасным по воздействию на атмосферу.

Основными способами энергосбережения на данный момент являются: теплоизоляция, которая действует за счет применения материалов с низкой теплопередачей; установка различных типов фундамента, а также утепление их специальными теплоизоляционными материалами, одним из таких вариантов является использование «утепленной шведской стены» [9]. Также распространенным методом энергосбережения является энергосбережение при строительстве крыши, которая является основным источником теплопотерь в зданиях АПК. При этом эффективным методом является правильное конструирование крыши, начиная со стадии проекта. Отметим, что крыша может выступать еще как установка для генерации электроэнергии от солнца и ветра, сбора и очищения дождевой воды. Существует еще множество методов, которые являются действенными и применяются для энергосбе-

режения в АПК: эффективное использование электричества, электроэнергии, воды и тому подобное.

В Российской Федерации данное направление достаточно медленно развивается, что представляет собой значительную проблему в настоящее время. Важно, что энергосберегающие технологии необходимо внедрять последовательно и профессионально.

**Результаты исследования.** Несмотря на принятую энергетическую стратегию Российской Федерации до 2030 г., которая предусматривает ускорение развития технических средств и устройств, реализующих потенциал возобновляемых источников энергии, видно, что проблема невысокого уровня внедрения альтернативных энергосберегающих технологий в АПК остается нерешенной и не происходит внедрения данных технологий в массы [9]. Данная проблема затрагивает и технологии, которые обеспечивают переходные процессы проектов к объектам в низкорентабельном секторе экономики АПК [10].

Таким образом, в условиях ускоренного роста цен на электроэнергию и топливо автономная энергетика в России должна развиваться опережающими темпами. Поскольку на данный период времени существует множество технических разработок, которые позволяют при малом ресурсном потенциале подключать к серийному производству электрогенерирующие устройства, необходимо использовать данные возможности и улучшать энергосберегающие технологии в АПК.

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что проблемой энергетики Российской Федерации является отсутствие проектов, которые направлены на совмещение двух разноприкладных исследований в едином конструкторском исполнении, таких, как энергосберегающие устройства альтернативного плана и современных модулей. Можно сказать, что создание автономных энергооперационных агрегатов для отраслей АПК является актуальной задачей.

#### Список литературы

1. Широбокова, Т. А. Способы адаптивного управления уличным освещением в сельской местности / Т. А. Широбокова, Т. В. Цыркина, И. А. Баранова // Актуальные вопросы энергетики АПК: материалы Нац. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию плана ГОЭРЛО, Ижевск, 03–04 декабря 2020 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 87–90.

2. Энергосберегающее оборудование и расчет его параметров / С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, И. А. Баранова, К. С. Иксанова // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 2 (129). – С. 56–64.
3. Автоматизированные электромеханические системы и средства обеспечения микроклимата в животноводстве / Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, И. А. Баранова, А. И. Батулин // Современному АПК – эффективные технологии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, засл. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой, Ижевск, 11–14 декабря 2018 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 112–122.
4. Коновалов, В. Ф. Ресурсосбережение в агропромышленном комплексе: инновации и опыт / В. Ф. Коновалов, В. С. Тихонравов. – Москва: Росинформагротех, 2006. – 328 с.
5. Баранова, И. А. Разработка математической модели поддержания микроклимата в коровнике в теплое время года / И. А. Баранова // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Ижевск, 15–18 февр. 2022 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 252–256.
6. Сравнение влияния различных режимов облучения на увеличение площади листьев меристемных растений статистическими методами / И. А. Баранова, Н. П. Кондратьева, А. И. Батулин, К. А. Батурина // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 5 (132). – С. 55–64.
7. Batanov, S. D. Non-contact methods of cattle conformation assessment using mobile measuring systems / S. D. Batanov, O. S. Starostina, I. A. Baranova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 20–22 июня 2019 г. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. – P. 32006.
8. Прогрессивные электротехнологии и электрооборудование / Н. П. Кондратьева, С. И. Юран, И. Р. Владыкин [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 2 (57). – С. 49–57.
9. Поппель, О. С. Возобновляемые источники энергии в регионах РФ: недостатки и перспективы // Энергосовет. – 2011. – № 5 (8). – С. 22–26.
10. Разработка системы автоматического управления электрооборудованием для реализации энергосберегающих электротехнологий / Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, И. А. Баранова [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 6 (85). – С. 36–49.

**Е. А. Шкляев**

*Удмуртский ГАУ*

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Данное исследование помогло определить уязвимые места котельных установок, а именно взрыв топлива, недостатки водоподготовки, понижение уровня воды, загрязнение котловой воды, механические повреждения труб, нарушение технологии продувки. Также в ходе исследования были предложены методы решения проблем эксплуатации котельных.

**Актуальность.** Котельные уже давно стали неотъемлемой частью жизни людей. Установка центрального отопления в отдаленных зданиях зачастую невозможна и нерентабельна. Обогрев некоторых этажей в зимние холода, подача горячей воды на верхние этажи и все батареи, обеспечение обогрева системы теплого пола – все это возможно только после строительства котельной.

Котельная установка отвечает за преобразование химической энергии сгорания топлива в тепловую (рис. 1). Тепловая энергия сгорающего топлива передается теплоносителю (вода, пар, антифриз) и доставляется потребителю по магистральному трубопроводу различного назначения. Это отопление помещений всех типов и объемов, снабжение хозяйственно-бытовой и производственной горячей водой, подача пара для технологических процессов в различных отраслях промышленности.

Котельные установки делятся по назначению, на такие, как: отопительные водогрейные котлы и котельные установки; отопительно-производственные котельные установки; производственные паровые котлы и котельные установки. Эти агрегаты используются для отопления, горячего водоснабжения и вентиляции.

**Целью** данной работы является анализ наиболее распространенных аварий (проблем) при эксплуатации котельных установок.

**Задачей** данной работы является устранение проблем, возникших в ходе работы с котельными установками, и повышение надежности данного оборудования.

**Материалы и методы:** обзор литературных источников, анализ опытов.

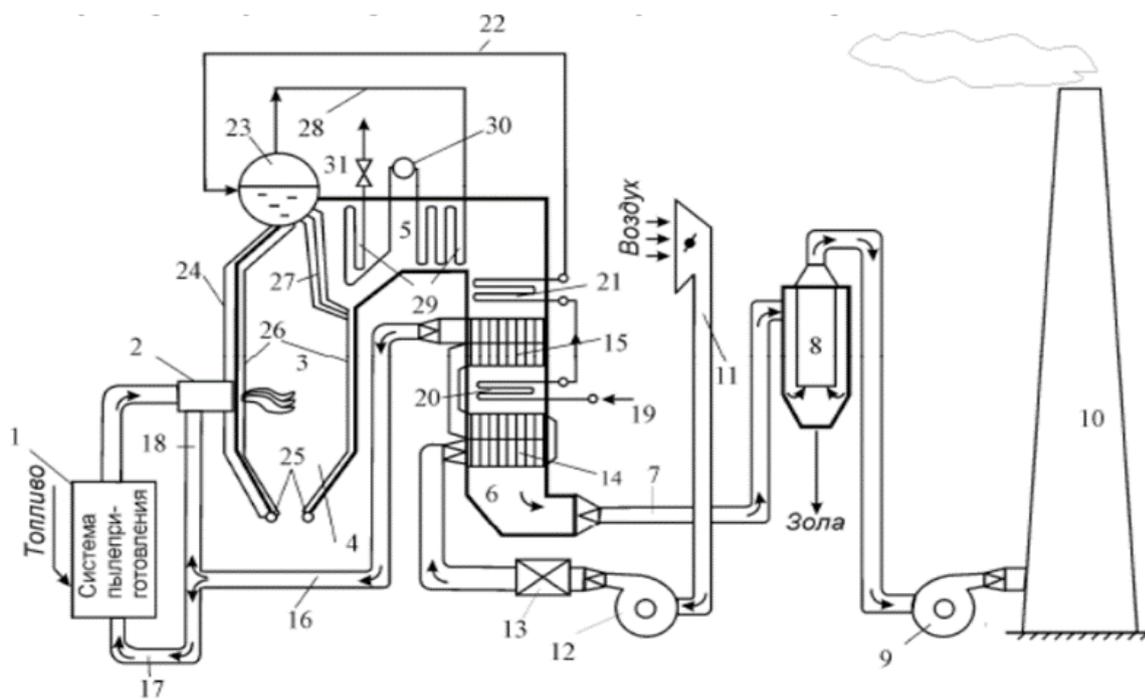


Рисунок 1 – Общая схема котельной установки с естественной циркуляцией, работающей на твердом топливе:

I. Топливный тракт: 1 – система пылеприготовления; 2 – пылеугольная горелка;

II. Газовый тракт: 3 – топочная камера; 4 – холодная воронка;

5 – горизонтальный газоход; 6 – конвективная шахта; 7 – газоход;

8 – золоуловитель; 9 – дымосос; 10 – дымовая труба.

III. Воздушный тракт: 11 – воздухозаборная шахта; 12 – вентилятор;

13 – калорифер; 14 – воздухоподогреватель 1-й ступени;

15 – воздухоподогреватель 2-й ступени; 16 – воздуховоды горячего воздуха;

17 – первичный воздух; 18 – вторичный воздух.

IV. Пароводяной тракт: 19 – подвод питательной воды; 20 – водяной экономайзер

1-й ступени; 21 – водяной экономайзер 2-й ступени; 22 – трубопровод питательной

воды; 23 – барабан; 24 – опускные трубы; 25 – нижние коллекторы;

26 – экранные (подъемные) трубы; 27 – фестон; 28 – паропровод сухого

насыщенного пара; 29 – пароперегреватель; 30 – пароохладитель;

31 – главная паровая задвижка (ГПЗ)

**Результаты исследований.** Котельные установки не только несут комфорт, они могут представлять серьезную опасность при нарушении некоторых правил использования. Отказ котла может привести к взрыву с катастрофическими последствиями. Наиболее частыми причинами аварий являются:

- взрыв топлива;
- недостатки водоподготовки;
- понижение уровня воды;
- загрязнение котловой воды;
- механическое повреждение труб;
- нарушение технологии продувки.

Рассмотрим как сами опасные факторы, так и способы предосторожности, которые позволят не опасаться и использовать безопасную работу котлов.

*Взрыв топлива.* При эксплуатации котла можно столкнуться с опасной ситуацией – взрыв в топке. Большинство взрывов вызвано недостаточной очисткой топки или перенасыщением горючей смеси топливом. Перенасыщение горючей смеси происходит в результате накопления несгоревшего топлива в топке. Это может произойти по ряду причин, таких, как колебания давления подачи топлива, повреждение оборудования и сбой регулятора.

Чтобы предотвратить взрыв топлива, необходимо своевременно проверять работу регулятора, отмечать колебания давления подачи топлива, чистить топливные форсунки и продувать отключенную топку воздухом.

*Недостатки водоподготовки.* В трубах накипь образуется из-за наличия магниевой или кальциевой жесткости в воде. Ионы жесткости удаляются при очистке воды. Накипь приводит к перегреву труб, предназначенных для отвода тепла от котла. Накипь уменьшает диаметр трубы, добавляет изолирующий слой и ухудшает теплопередачу. В результате может произойти местное прогорание трубы.

Для предотвращения этого процесса содержание солей жесткости в котловой воде не должно превышать допустимых пределов. По мере увеличения рабочих температур и давлений в котельных увеличиваются и требования к водоподготовке (рис. 2).

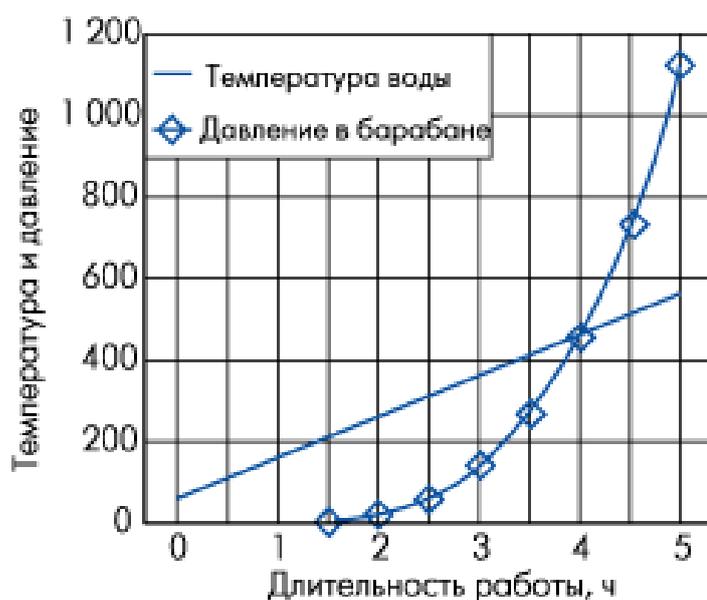


Рисунок 2 – Стандартный график разогрева типового котла

*Понижение уровня воды.* Учитывая температуру горения топлива, становится понятно, что топка требует постоянного охлаждения, организованного движением воды в системе. Испарение, физическое свойство воды, может привести к тому, что охлаждающие трубы потеряют свои свойства. Избежать плавления труб можно посредством остановки системы при понижении уровня воды до критического. Датчики контроля обычно устанавливаются для надежного контроля этого процесса.

*Загрязнение воды.* В процессе движения по трубам вода накапливает различные примеси, такие, как металлы, химикаты, масла, смолы и кислород. Все это представляет прямую угрозу безопасности системы. Прогрессивные модели котельных оснащены нагревателями-деаэраторами. Их назначение – поглощать свободные молекулы кислорода.

При превышении пороговой концентрации воздуха в воде коррозия металла труб происходит на небольших участках (где скапливается кислород). Сквозная ржавчина является причиной выхода из строя всей системы. Эта проблема устраняется регулярной проверкой работы деаэрата. Превышение предельной концентрации смолы в воде приводит к засорению котла. Установка ловушки для смолы устраняет эту проблему.

Превышение критических концентраций других примесей в воде (загрязненный возвратный конденсат) может привести к отказам в работе уплотнений, теплообменников и насосов. Регулярный контроль качества сточных вод позволяет своевременно устранять неисправности.

*Механическое повреждение труб.* Трубопровод топливной системы отличается различной конфигурацией и толщиной используемого металла от 2 до 3 мм. Такая толщина экономически привлекательна и технически оправданна, так как достаточна для работы установки, но подвержена повреждениям, вызванным ударами, неправильным направлением воздуха при продувке, использованием влажного пара. Риск серьезного механического повреждения, разрыв, коррозия или деформация труб – все это результат механических повреждений.

Проектирование новых котлов увеличивает толщину стенок труб. Это приводит к увеличению затрат, но обеспечивает запас прочности. Кроме того, толщина стенки в месте изгиба уменьшается, и первоначальная тонкая толщина в месте изгиба может не соответствовать критериям приемлемости.

*Нарушение технологии продувки.* Постоянная продувка системы и периодическая промывка поддонов снизят концентрацию взвешенных веществ в котловой воде. Превышение концентрации загрязнителей котловой воды может вызвать такие проблемы, как вспенивание воды в барабане и нестабильный уровень воды. Это может привести к загрязнению пароперегревателя, удалению влаги паром и ложным срабатываниям сигнализации уровня воды.

Хорошо спроектированная система продувки контролирует котловую воду и удерживает скорость продувки для поддержания приемлемого уровня примесей. Промывка грязевиков и поддонов предотвращает накопление шлама. Однако длительное продувание экранообразующих секций топки может привести к их повреждению из-за перегрева вследствие изменения естественной циркуляции воды. Вместо этого рекомендуется каждый раз при выключении котла открывать клапан продувки секции до тех пор, пока давление в системе не упадет до атмосферного.

**Вывод.** В заключение стоит отметить, что все неполадки в котельном оборудовании рано или поздно дают о себе знать. Эксплуатация неисправного оборудования может привести к печальным последствиям. Соблюдайте все меры предосторожности и не игнорируйте правила эксплуатации газового оборудования.

Данный анализ помог рассмотреть проблемы и решения эксплуатации котельных установок. Были разобраны наиболее распространенные аварии и предложены методы их устранения для общего повышения надежности и безопасности котельных установок.

#### Список литературы

1. Котельные установки и их обслуживание / Л. В. Деев, Н. А. Балахничев // Практическое пособие для ПТУ. – Высшая школа, 1990.
2. Компоновка и тепловой расчет парового котла: учебное пособие для вузов / Ю. М. Липов, Ю. Ф. Самойлов, Т. В. Виленсий, 1988.
3. Котельные установки и их эксплуатация: учебник для начального профессионального образования / Б. А. Соколов, 2007.
4. Котельные установки и парогенераторы / Е. А. Бойко, Т. И. Охорзина, 2003.
5. Котельные установки / Р. И. Эстеркин. – 1989.
6. Паровые котлы: учебное пособие / Е. А. Бойко. – 2005.
7. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / В. М. Фокин. – 2006.

УДК 378.147.091.33-027.22:303.687.4

**И. В. Баженов, Е. Н. Гусенников, А. М. Ниязов**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МОТИВАЦИИ ОБУЧЕНИЯ У СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Поднимается и анализируется тема повышения уровня мотивации обучения у студентов. Проводится обзор решения данной проблемы путём внедрения в обучающий процесс игровых технологий.

**Актуальность.** Сегодня повышение мотивации обучения у студентов является важной задачей. Работа над методами повышения мотивации ведётся с давних пор, поэтому в арсенале любого педагога имеются проверенные и отточенные классические методы повышения мотивации обучающихся. Однако прогресс не стоит на месте, и исследователи по всему миру ищут новые способы повышения мотивации к учёбе у студентов. Одним из них являются игровые технологии.

**Целью** работы является исследование роли игровых технологий в мотивации обучения студентов в вузе. В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ научной литературы по теме исследования.
2. Проанализировать результат и сделать выводы.

**Материалы и методы.** Исследование проведено на основе подбора релевантных теме научных источников. Использовались такие методы работы с данными, как сбор, описание, анализ, сравнение, обобщение и систематизация.

**Результаты исследования и обсуждение.** Учебная деятельность очень сложна и многогранна [7, 12]. Одними из ключевых факторов успешности учебной деятельности являются личностные мотивационно-потребностные предпосылки успеваемости,

в число которых и входит учебная мотивация. Мотивация в учебной деятельности имеет иерархическую структуру: доминирующая, определяющая учебную деятельность и её место в жизни человека, и подчинённая, создающая дополнительное стремление к учению [2]. Мотивация наиболее явно объясняет поведение ученика и его отношение к учёбе, что доказывалось мировыми исследователями, такими, как А. А. Реан, А. Н. Леонтьев, Г. А. Мухина, В. А. Якунин и другие [3].

В своих работах М. В. Матюхина и П. М. Якобсон выделяли следующие группы мотивов [11]:

- Мотивы, которые закладываются в саму учебную деятельность. Они связаны с прямым продуктом обучения.
- Мотивы, завязанные с продуктом преподавания, например, с результатом обучения.

На основе опыта преподавателей профессиональных дисциплин можно заметитьстораживающую тенденцию: мотивация, связанная напрямую с уровнем компетентности будущего специалиста, является ведущим фактором лишь у одной пятой части обучающихся. В подтверждение данному мнению можно отнести проведённый эксперимент, в котором у студентов направления «Пожарная безопасность», не обладающих высоким уровнем мотивации на занятиях, был спад успеваемости к концу программы обучения [9].

Исходя из вышесказанного, можно отметить, что успешность обучения зависит не только от уровня интеллектуального развития студента, но и от соотношения мотивационного и интеллектуального факторов. Исследования А. А. Реана, В. А. Якунина и Н. И. Мешкова [11] выявили следующее предположение: «сильные» и «слабые» студенты отличаются друг от друга не по уровню интеллекта, а по мотивации к учебной деятельности. Так, например, для «сильных» студентов характерна мотивация, связанная с получением профессиональных знаний, умений и навыков. Поэтому исследователи склонны к мнению, что высокий уровень мотивации может компенсировать учебные результаты в случае невысоких способностей студента в конкретной дисциплине [4].

На сегодняшний день в условиях всемирной глобализации в сфере образования для существенного роста качества преподавания возникает потребность в освоении новых методов и подходов к обучающему процессу. Одним из решения данной проблемы является внедрение и развитие игровых технологий обучения

в образовательную программу. В сфере образования игровые технологии принято разделять на шесть основных методов [6]:

- Имитационные методы – методы, направленные на подражание и формирование определённых производственных навыков.
- Сюжетно-ролевые методы – методы, используемые на занятиях, в которых важным аспектом является отношение субъектов.
- Инновационные методы – методы, использование которых связано с новыми техническими технологиями, например, VR.
- Организационно-деятельностные методы – методы профессионального обучения, в которых основной акцент делается на общение участников процесса.
- Игры-соревнования – игровые методы, которые способствуют закреплению пройденного материала посредством интеллектуальных игр.
- Игры-путешествия – игровые методы, нацеленные на освоение нового материала путём перемещения в реальном или виртуальном пространстве.

В качестве примера внедрения игровых технологий в проведение занятий можно привести VR-технологии. Исследователи Стэнфорда смогли выявить, что использование VR-технологий помогает в усвоении и запоминании материала. Они помогают студентам погрузиться в образовательную среду и улучшить качество восприятия материала, при этом они в прямом смысле дают возможность студенту по-своему взглянуть на преподаваемый материал [10, 17].

Так, в качестве примера можно привести использование игровой формы рейтинга успеваемости. При связи привычных нам оценок с системой игрового вознаграждения и поощрения у учеников повышается мотивация обучения за счёт осознания «выгоды» вне рамок образования. Такой метод может выработать привычку у ученика учиться качественно, благодаря чему можно будет постепенно убирать награду из поощрений взамен на осознание пользы процесса обучения для самого учащегося [16].

Одна из главных задач в развитии образовательной сферы – это постоянное повышение уровня мотивации студента к восприятию и усвоению преподаваемых знаний, при этом стоит отметить, что исследованию роли мотивации посвящено много работ [5, 8, 13]. На практике с этой задачей отлично справляются игровые технологии, поскольку они кардинально изменяют процесс восприятия информации. Компьютерные технологии позволяют ученикам

активно взаимодействовать с элементами обучающей программы. Такой глубокий уровень интерактивности в обучении за рубежом называется case-study [15]. Благодаря обучающим играм раскрываются широкие возможности для образовательного пространства, что способствует раскрытию творческого потенциала студентов.

В Кубанском государственном университете был проведён эксперимент. Суть эксперимента – сравнительный анализ значения критериев качества обучения представителей двух групп: группа с классическим обучением и группа с использованием игровых технологий. По результатам эксперимента было выявлено расхождение в ответах после прохождения эксперимента среди студентов разных групп. В основном различия заключались в личностной сфере взаимодействия ученика и обучающего материала. У группы, для которой внедрялись игровые технологии, замечалось повышение уровня самоконтроля и самомотивации во время обучения. По мнению исследователей, повышение мотивации связано с увеличением уровня понимания студентами связи преподаваемого материала и их будущей профессиональной деятельности.

Педагоги, которые занимаются исследованием темы связи игровых технологий и мотивации к обучению студентов, отмечают, что внедрение игровых технологий в обучение позволяет повышать общую успеваемость студентов. Так, исследования показывают, что в группах с использованием игровых технологий в среднем повышается эффективность прохождения тестов на 30 % [16]. Также исследователи отмечают [1]:

1. Внедрение игровых технологий повышает уровень мотивации к обучению.
2. Игра является удобным инструментом для оценки успеваемости студента.
3. Игры помогают развивать общекультурные компетенции студентов.
4. Игровая форма помогает адаптироваться новым ученикам.
5. Преобразование классической программы в игровую форму позитивно сказывается на отношении студентов к преподавателю.

Однако внедрение игровых технологий в обучение накладывает жёсткие требования на весь обучающий процесс, несоблюдение которых может снизить эффект повышения уровня мотивации у студентов [14]:

1. Для организации и проведения игр в процессе обучения требуется выделение для них дополнительного пространства.

2. Преподаватель должен особо внимательно следить за ходом развития игры, чтобы обучающая игра не перешла в полностью развлекательный формат.

3. Игровые технологии не должны полностью заменять классические методы обучения, а должны идти в комплексе.

**Выводы и рекомендации.** Вероятно, использование игровых технологий является одной из наиболее прогрессивных сфер повышения качества образования, так как даже самые простейшие игровые формы способны увлечь человеческий мозг, что положительно сказывается на мотивации к обучению, а это, в свою очередь, способствует повышению успеваемости студентов, их активности на занятиях и качеству усваиваемых профессиональных знаний и умений.

#### Список литературы

1. Абдыкеров, Ж. С. Игровые технологии как инструмент мотивации и повышения качества подготовки студентов / Ж. С. Абдыкеров, О. М. Замятина, П. И. Мозгалева // Высшее образование сегодня. – 2017. – № 5. – С. 20–25.

2. Бабаева, А. А. Актуальность применения игровых методов в современной системе обучения / А. А. Бабаева, Л. Н. Калашникова // Вопросы педагогики. – 2020. – № 10–1. – С. 10–14.

3. Бахметьева, И. А. Игрофикация в образовании / И. А. Бахметьева, Р. Н. Яйлаева // Colloquium-Journal. – 2019. – № 21–3 (45). – С. 10–12. – DOI 10.24411/2520-6990-2019-10683.

4. Григорьева, Н. Г. Мотивированная учебная деятельность как фактор успешного обучения студентов / Н. Г. Григорьева // Высшее образование сегодня. – 2016. – № 2. – С. 60–63.

5. Жученко, О. А. Повышение уровня познавательной мотивации будущих профессионалов аграрного вуза в смешанном обучении / О. А. Жученко, О. Н. Малахова // Пензенский психологический вестник. – 2020. – № 1 (14). – С. 3–16. – DOI: 10.17689/psy-2020.1.1.

6. Идиатулин, В. С. Дидактические игры на основе тестового контроля / В. С. Идиатулин, И. Т. Русских // Новые образовательные технологии и педагогические новации в системе высшего образования: материалы VIII науч.-метод. регион. конф., 28–30 мая 1996. – Ижевск: ИЖГСХА, 1996. – С. 29–30.

7. Малахова, О. Н. Аутентичность в мультикультурных структурах образования третичного уровня / О. Н. Малахова // Коммуникативные стратегии информационного общества: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. 20–23 ноября 2013. – СПб.: Санкт-Петербургский политех. ун-т, 2013. – С. 135–136.

8. Малахова, О. Н. Развитие учебной мотивации в высшей школе: исследовательский акцент / О. Н. Малахова, Л. С. Мосина // *Studia Humanitatis*. – 2022. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-uchebnoy-motivatsii-v-vysshey-shkole-issledovatelskie-aktsenty> (дата обращения: 1.12.2022). – DOI: 10.24412/2308-8079-2022-1-11.
9. Майстренко, Е. В. Динамика мотивации студентов технических направлений к обучению в вузе и овладению профессией / Е. В. Майстренко, В. И. Майстренко // *Высшее образование сегодня*. – 2019. – № 7. – С. 68–71. – DOI 10.25586/RNU.NET.19.07. P.68.
10. Мудракова, О. А. Использование виртуальной реальности в образовании во время пандемии / О. А. Мудракова, Н. И. Решко // *Вопросы педагогики*. – 2022. – № 2 (2). – С. 132–136.
11. Мешкова, Г. А. Особенности учебной мотивации / Г. А. Мешкова // *Вопросы педагогики*. – 2019. – № 5–2. – С. 237–239.
12. Назарова, О. В. Применение игровых технологий в высшей школе как фактор повышения качества обучения студентов / О. В. Назарова, А. В. Назаров // *Colloquium-Journal*. – 2019. – № 15–7 (39). – С. 48–50. – DOI 10.24411/2520-6990-2019-10479.
13. Русских, И. Т. Исследование мотивации учебной деятельности среди студентов первого курса аграрного вуза / И. Т. Русских, В. Д. Кузьминых // *Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 15–18 февр. 2022*. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 288–293.
14. Русских, И. Т. Исследование адаптации студентов первого курса заочной формы обучения к учебному процессу / И. Т. Русских // *Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 16–17 дек. 2021*. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – С. 497–502.
15. Case-study – Википедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Case\\_study](https://ru.wikipedia.org/wiki/Case_study) (дата обращения: 18.11.2022).
16. Сухорукова, Д. В. Рейтинговые системы как инструмент мотивации обучающихся в высшем образовании / Д. В. Сухорукова // *Вопросы педагогики*. – 2019. – № 6–1. – С. 136–145.
17. Чернышева, И. В. Игровой метод как средство адаптации студентов к новым условиям обучения / И. В. Чернышева, М. В. Шлемова // *Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе*. – 2009. – Т. 6. – № 10 (58). – С. 177–179.

**А. Г. Ефремов, Р. И. Иванов, И. Р. Владыкин**  
*Удмуртский ГАУ*

## **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ НА МЛАДШИХ КУРСАХ АГРАРНЫХ ВУЗОВ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ВНУТРЕННЕЙ УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ**

На основании результатов анкетирования актуализируется проблема внутренней учебной мотивации. Анализируются возможности и значение мотивации в активизации исследовательского потенциала будущих специалистов АПК.

**Актуальность.** Система научно-исследовательской работы студентов (НИРС) способствует развитию и реализации творческих способностей студентов, самостоятельности, инициативы в учёбе и будущей специальности, она наиболее полно обеспечивает индивидуальность подхода и дифференцированность в процессе обучения. Осуществление единства обучения и научного творчества студентов создаёт реальные предпосылки для повышения качества подготовки выпускаемых специалистов агропромышленного комплекса.

**Целью** работы является исследование роли научно-исследовательской работы со студентами как фактор развития внутренней учебной мотивации. В соответствии с целью были поставлены **задачи**:

1. Провести обзор научной литературы по теме исследования.
2. Проанализировать результаты и сделать выводы.

**Материалы и методика.** Исследование проведено на основе подбора научных источников. Использовались такие методы, как сбор, описание, анализ, сравнение, обобщение и систематизация.

**Результаты исследования.** В настоящее время НИРС можно классифицировать на два кластера: работа, предусмотренная учебным планом и включённая в учебный процесс, и работа, выполняемая во внеурочное время. Включение НИРС в учебный процесс позволяет создать более совершенную систему организации научной работы студентов, служит основой дальнейшего совершенствования уровня подготовки специалистов, способных творче-

ски применять в практической деятельности достижения научно-технического прогресса в условиях перехода сельского хозяйства на рыночные отношения. Рассмотрим виды НИРС.

1. Учебная НИРС, предусмотренная действующими учебными планами. К этому виду НИРС можно отнести курсовые работы, выполняемые в течение всего срока обучения в вузе, а также итоговую квалификационную работу. Во время выполнения курсовых работ студент делает первые шаги к самостоятельному научному творчеству. Он учится работать с научной литературой (если это необходимо, то и с иностранной), приобретает навыки критического отбора и анализа необходимой информации. Если на первом курсе требования к курсовой работе минимальны и написание её не представляет большого труда для студента, то уже на следующий год требования заметно повышаются, и написание работы превращается в действительно творческий процесс. Так, повышая с каждым годом требования к курсовой работе, вуз способствует развитию студента как исследователя, делая это практически незаметно и ненавязчиво для него самого. Такая работа позволяет студенту проявить себя, свою аутентичность [6], позволяет приобрести навыки саморазвития [8].

Выполнение итоговой квалификационной работы имеет своей целью дальнейшее развитие творческой и познавательной способности студента, и, как заключительный этап обучения студента в вузе, направлено на закрепление и расширение теоретических знаний по выбранной теме. На старших курсах многие студенты уже работают по специальности, и это чаще всего учитывается при выборе темы для исследовательского проекта. В данном случае кроме анализа литературы в итоговую исследовательскую работу может быть включён собственный практический опыт по данному вопросу, что только увеличивает научную ценность итоговой работы.

К НИРС, предусмотренной действующим учебным планом, можно отнести и написание рефератов по темам практических занятий. При этом следует сказать о том, что чаще всего реферат является или переписанной статьёй, или, что ещё хуже, конспектом главы какого-то учебника. Назвать это научной работой можно с большим сомнением. Но некоторые рефераты, написанные на основе нескольких десятков статей и источников, по праву можно назвать научными трудами, и включение их в список видов НИРС вполне оправданно.

2. Внеучебная НИРС – исследовательская работа сверх тех требований, которые предъявляются учебными планами. Внеучебная форма НИРС является наиболее эффективной для развития исследовательских и научных способностей у студентов. Кроме того, это становится фактором мотивации и эмоциональной стабильности студента, что, по мысли исследователей, является сегодня одной из актуальных проблем в системе высшей школы [4, 5, 7, 10]. При этом отмечается роль личности преподавателя-педагога и его педагогической деятельности как фактора, напрямую оказывающего влияние на этот процесс [3], и в этой связи поднимается вопрос о необходимости корректировки балльно-рейтинговой системы оценивания педагогической деятельности преподавателя [2]. Это легко объяснить: если студент за счёт свободного времени готов заниматься вопросами какой-либо дисциплины, то снимается одна из главных проблем преподавателя, а именно – мотивация студента к занятиям. Студент уже настолько развит, что работать с ним можно не как с учеником, а как с младшим коллегой. То есть студент из «сосуда», который следует наполнить информацией, превращается в «источник» последней. Он следит за новинками литературы, старается быть в курсе изменений, происходящих в выбранной им науке, а главное – процесс осмысления науки не прекращается за пределами вуза и подготовки к практическим занятиям и экзаменам.

Исследуя работы различных авторов (Л. И. Божович, С. Т. Григорян, И. А. Зимняя, Л. Ф. Фридман, Л. М. Попов), можно выделить две основные группы мотивов исследовательской деятельности – внутренние и внешние [1]. Под внешней мотивацией понимается такая, которая исходит из внешней по отношению к действующему человеку среды, которая создаёт стимул к деятельности. Причём иногда этот стимул может быть доминирующим в творческом движении. Внешняя мотивация может возникнуть не только как стимул извне, она создаётся и как необходимость реализовать свои собственные морально-нравственные, мировоззренчески установочные, эмоционально-волевые доминирующие качества личности. Внутренними мотивами научно-исследовательской деятельности являются интерес к процессу обучения, интерес к способам деятельности, желание получить как можно больше знаний, интерес к содержанию учебного материала, стремление к систематизации знаний, интерес к самостоятельному выполнению работы, стремление к прео-

долению трудностей, стремление получить удовольствие от интеллектуальной исследовательской работы. Особенную значимость приобретают внутренние мотивы исследовательской деятельности, так как именно они определяют личностное, эмоциональное переживание познавательной потребности студентов. Эти мотивы являются составляющими познавательного интереса, что актуализирует проблему развития внутренней мотивации научно-исследовательской деятельности студентов на младших курсах.

Одним из составляющих внутренних мотивов научно-исследовательской деятельности специалиста агропромышленного комплекса является уровень внутренней учебной мотивации. Нами было проведено исследование уровня внутренней учебной мотивации, ориентированной на формирование исследовательской компетентности, среди студентов младших курсов аграрного вуза по тест-опроснику направленности учебной мотивации Т. Д. Дубовицкой (ОНУМ) [1].

Исследование показало высокий уровень внутренней мотивации у 54 % респондентов, средний уровень – у 37 % и низкий – у 9 %. Высокий уровень мотивации влияет на профессиональную исследовательскую деятельность, на развитие самообразования и познавательной способности. Люди с высоким уровнем внутренней мотивации тщательно планируют свою жизнь, отличаются стремлением к достижению ощутимых и конкретных результатов, а точнее, в учебной, научной и профессиональной деятельности. Высокая внутренняя учебная мотивация, ориентированная на формирование исследовательской компетентности будущих специалистов АПК, говорит о том, что будущие специалисты сельскохозяйственного профиля понимают всю необходимость приобретения исследовательских знаний, умений и навыков, которые им будут нужны для того, чтобы стать высококвалифицированными специалистами.

**Выводы и рекомендации.** В результате проведённого анализа можно сделать следующий вывод о том, что одна из составляющих исследовательской компетентности является внутренняя учебная мотивация, направленная на научную и исследовательскую деятельность специалиста АПК. Уровень данного показателя у студентов агрономических специальностей достаточно высок, что свидетельствует об их стремлении к повышению и развитию своих исследовательских качеств.

### Список литературы

1. Дубовицкая, Т. Д. К проблеме диагностики учебной мотивации. – URL: [http://gatchina-psi.narod.ru/06\\_daijest/06-02\\_motivacija.htm](http://gatchina-psi.narod.ru/06_daijest/06-02_motivacija.htm) (дата обращения: 10.12.22).
2. Емельянов, П. В. Об определении эффективности педагогической деятельности преподавателя высшей школы: аксиологический аспект / П. В. Емельянов, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2022. – № 11–1 (74). – С. 151–155. – DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-1-151-15.
3. Жигалова, К. В. Значение личности и деятельности педагога в современной высшей школе / К. В. Жигалова, О. Н. Малахова // *Современное образование: содержание, технологии, качество: материалы I Всерос. (Нац.) науч.-практ. конф., Уссурийск, 18–20 мая 2022*. – Владивосток, 2022. – С. 6–7.
4. Жученко, О. А. Сравнительный мониторинг эмоциональных состояний студентов вузов // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 2022. – № 4–1 (67). – С. 205–209. – DOI:10.24412/2500-1000-2022-4-1-205-209.
5. Идиатулин, В. С. Учебно-исследовательский эксперимент в техническом вузе / В. С. Идиатулин, И. Т. Русских, А. И. Ульянов // *Современный физический практикум: тезисы докладов VI учеб.-метод. конф.*, 14–16 сент. 2000. – Москва: Издательский дом МФО, 2000. – С. 27–28.
6. Малахова, О. Н. Аутентичность в мультикультурных структурах образования третичного уровня / О. Н. Малахова // *Коммуникативные стратегии информационного общества: труды VI Междунар. науч.-практ. конф. 20–23 ноября 2013*. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политех. ун-та, 2013. – С. 135–136.
7. Малахова, О. Н. Развитие учебной мотивации в высшей школе: исследовательские акценты / О. Н. Малахова, Л. С. Мосина // *Studia Humanitatis*. – 2022. – № 1 (эл журнал). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-uchebnoy-motivatsii-v-vysshey-shkole-issledovatel'skie-aktsenty> (дата обращения: 19.12.22). DOI: 10.24412/2308-8079-2022-1-11.
8. Малахова, О. Н. Саморазвитие студента в структурах дистанционных образовательных технологий: к вопросу об успешности / О. Н. Малахова // *Образовательная среда сегодня и завтра: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф.*, 30–31 октября 2014. – Москва: НОУ ВО МТИ, 2014. – С. 135–136.
9. Попов, Л. М. Психология самодеятельного творчества студентов / Л. М. Попов. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1990. – 240 с.
10. Русских, И. Т. Исследование мотивации учебной деятельности среди студентов первого курса аграрного вуза / И. Т. Русских, В. Д. Кузьминых // *Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф.*, 15–18 февр. 2022. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 288–293.

**Н. М. Зайцев, И. А. Чирков, Л. П. Артамонова**

*Удмуртский ГАУ*

## **ЭКОЛОГИЯ DIGITAL-СРЕДЫ ОБРАЗОВАНИЯ: РИСКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Влияние онлайн-обучения на учащихся находится в центре внимания всей индустрии образования, поскольку оно может повлиять на успеваемость студентов. В этом исследовании рассматриваются факторы, которые могут повлиять на успеваемость учащихся при онлайн-обучении.

**Актуальность.** В наши дни интеграция системы дистанционного образования в качестве одного из основных компонентов модели цифрового образования производится во многих вузах. В качестве основных систем дистанционного обучения и инструментов для создания курсов используются следующие платформы: MOODLE [5], Bitrix, WebTutor, Atutor, DOCEBO, WPCORSEWARE и др. Использование различных сервисов, технических средств и Интернета позволяет повысить качество обучения, помочь учащимся быстрее выполнять задания, приобретать новые навыки [1]. В данном исследовании значимость влияния цифрового образования заключается в том, что особенности онлайн-обучения могут влиять на успеваемость учащихся с точки зрения успеваемости, компетентности знаний и экономии ресурсов.

**Цель данной работы** – исследование digital-среды образования. В соответствии с целью поставлены следующие задачи:

1. Провести краткий обзор источников по теме исследования.
2. Проанализировать результаты и сделать выводы.
3. Определить риски и перспективы развития digital-среды образования.

**Материалы и методика исследования.** Исследование проведено на основе подбора релевантной научной литературы. Использовались методы описания, сравнения и анализа.

**Результаты исследований и обсуждение.** Использование возможностей платформ позволяет преподавателям намного эффективнее управлять демонстрацией визуального материала, организовывать групповую работу, создавать собственные инновационные разработки и имеет в некоторых видах учебной деятель-

ности ряд преимуществ по сравнению с аудиторным форматом обучения [7].

Наряду с огромными и ещё мало изученными возможностями цифрового обучения можно назвать целый ряд проблем и рисков, связанных с их тотальным внедрением в систему образования:

1. В мире нет педагогической или психолого-педагогической теории цифрового обучения.

Уровень овладения информационно-коммуникативными технологиями (ИКТ) среди преподавателей в последнее время быстро рос, однако, это не сопровождалось безусловным положительным отношением к онлайн-обучению: среди преподавателей признается высокое влияние ИКТ на учебный процесс, но пока оно чаще расценивается негативно, хотя отмечают и новые возможности для организации образовательного процесса, что было прогнозируемо, судя по результатам исследований пред пандемийного состояния отношения преподавателей к цифровизации. Навыки преподавателей по работе в цифровой среде обучения, использованию онлайн-курсов, использованию цифровых ресурсов в основном находятся на базовом уровне, что является зоной роста и продвижения этих компетенций на более высокие уровни [2]. Однако на сегодняшний день в организации воспитательной работы вузов отсутствуют регламенты, разграничивающие нагрузку преподавателей, использующих и не использующих электронные ресурсы в учебном процессе, в результате вся работа с электронными курсами должна осуществляться в так называемую «вторую половину дня».

2. Информация и знание – разные понятия.

Вопросы для контроля и оценки качества работы учителя, даже при очной форме обучения, являются одной из сложных и важных задач в управлении качеством образования, а при использовании электронных курсов эта задача ещё более усложняется необходимостью сравнить, выявить причины эффективности или неэффективности. Также сложно оценить качество, содержание и характер изложения курса по разным направлениям дисциплин (гуманитарным, техническим, лингвистическим).

У вузов появляется необходимость разработки системы диагностики и контроля образовательных результатов обучающихся (разного уровня детализации и конкретизации), которая дает возможность определить базовые и дополнительные критерии и учесть степень сформированности необходимой компетенции

у студента. Однако вузам необходимо разработать систему диагностики и контроля образовательных результатов обучающихся (разного уровня детализации), позволяющую определять основные и дополнительные критерии и учитывать степень сформированности необходимой компетентности обучающихся.

3. Процесс обучения и образования реализуется посредством общения педагога и обучающихся.

Проведен анализ эффективности использования электронных ресурсов в образовательном процессе. Исходя из полученных результатов, наиболее полезными, по мнению опрошенных студентов, стали: постоянный, открытый, доступ к учебным материалам/заданиям; участие в онлайн-тестировании; возможность выполнять и отправлять задания через вариативные сервисы; возможность задать вопрос преподавателю в любое время, доступ к источникам литературы, записи видеолекций преподавателей. То есть большинство опрошенных студентов считают наиболее полезным применять возможности электронного курса непосредственно для помощи в обучении, а не для полной замены очной части обучения [6]. Также было обнаружено, что богатый методологический инструментарий, накопленный для обучения в аудитории, теряет свою эффективность по мере снижения очного компонента [3].

4. Самоконтроль и дисциплина.

Дистанционное обучение характеризуется таким же высоким уровнем требований, как и очное обучение. Не все студенты психологически готовы к самостоятельному обучению: у некоторых из них вызывает удивление то, что необходимо выполнять упражнения или решать соответствующие задачи в течение семестра самостоятельно, без непосредственной поддержки преподавателя или сокурсников [4].

**Вывод.** В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проблема недостаточно динамичного и студентоориентированного взаимодействия преподавателей и студентов актуальна как никогда. Электронное обучение дополняет, а не заменяет аудиторную работу. В противном случае страдает коммуникативно-педагогическая сторона учебной деятельности. Использование электронных курсов в учебном процессе стимулирует критическое мышление и социальную активность учащихся, позволяет осуществлять более последовательный контроль и дает возможность

усилить индивидуализированный подход к обучению, в целом повысить качество образования, позволяет лучше подготовить учащихся к будущей деятельности за счет глубокого погружения в материал дисциплины.

2. В цифровом обучении речь вообще не идет о воспитании, тогда как вместе с обучением они должны являться составными частями такого процесса, как образование. Воспитание предполагает социальную ситуацию развития, общение и межличностное взаимодействие субъектов образовательного процесса, эмоционально-ценностное отношение к ситуациям нравственного выбора, проживание и переживание ими этих ситуаций на основе знания принятых в обществе моральных норм.

3. Наибольшим потенциалом повышения качества обучения и оптимизации учебного процесса обладает модель смешанного обучения.

4. В связи с большей потребностью населения в самообразовании и внедрением технологий будет интенсивнее продолжаться развитие системы онлайн-обучения и процедуры создания онлайн-курсов.

**Выводы.** Таким образом, трансформация системы образования вызывает необходимость перестройки образовательного процесса с целью максимально эффективного использования потенциала цифровой педагогики, призванной подготовить современных студентов к осуществлению профессиональной деятельности в условиях цифровой экономики и к жизни в цифровом обществе.

#### Список литературы

1. Дуняшева, А. Д. О своевременности продумывания смыслов понятий педагогики в цифровую эпоху / А. Д. Дуняшева, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 10–1 (73). – С. 176–179. – DOI 10.24412/2500-1000-2022-10-1-176-179.

2. Малахова, О. Н. Педагогическое проектирование электронной образовательной среды как залог ее эффективности: к постановке вопроса / О. Н. Малахова, И. Т. Русских, А. Р. Агзамов // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 15–18 февраля 2022. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 259–262.

3. Малахова, О. Н. Опыт теоретического осмысления и практического применения дистанционных технологий в реализации стандартов образования в сельскохозяйственном вузе / О. Н. Малахова, О. А. Осколкова // Культура, наука, обра-

зование: проблемы и перспективы: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., 10 ноября 2021. – Нижневартовск: НГУ, 2021. – С. 379–385. – DOI: <https://doi.org/10.36906/KSP-2021/54>.

4. Поносов, Ф. Н. Выбор студентами цифрового образовательного ресурса: психологический аспект / Ф. Н. Поносов, О. Н. Малахова, О. А. Жученко // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Акмеология образования. Психология развития. – 2021. – Т. 10. – № 2 (38). – С. 158–167. – DOI: 10.18500/2304-9790-2021-10-2-158-167.

5. Русских, И. Т. Опыт применения дистанционного обучения как информативно-коммуникативная технология обучения студентов сельскохозяйственного вуза / И. Т. Русских, В. М. Мерзлякова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 февраля 2019. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 255–260.

6. Токтарова, В. И. Цифровая педагогика: интерпретационный и содержательный анализ / В. И. Токтарова, А. Е. Шпак // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (ДНТЕ 2020): материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 19–21 ноября 2020. – Москва: МПГУ, 2020. – С. 28–33.

7. Шахбанов, Ш. Н. Элементы цифровой образовательной среды как средство повышения мотивации студентов к обучению / Ш. Н. Шахбанов // Вопросы педагогики. – 2022. – № 1–1. – С. 316–319.

УДК 378.091.26

**М. Ю. Красноперов, П. А. Маркионов,  
Л. А. Пантелеева**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТЕСТОВ В ФОРМИРОВАНИИ ИНТЕРЕСА К ОБУЧЕНИЮ**

Любые новшества в системе образования устремлены прежде всего к всестороннему развитию студента. Тесты улучшают умения обучающихся применять знания в стандартных и нестандартных ситуациях, выбирать разумные способы решения учебной задачи, глубже овладевать методами получения информации.

**Актуальность.** В современном мире множество технологий обучения и проверки знаний, но наибольший интерес сейчас проявляется к тестовым формам преподавания и проверки знаний [7].

Появление компьютеров принесло большие изменения в образовании. Они стали свободно приспосабливаться в учебном процессе. В своей работе О. Н. Малахова упоминает, что «...тенденция развития современной системы высшего образования неразрывно связана с широким внедрением в учебный процесс различных форм, методов и средств интерактивного обучения как условий реализации Федеральных государственных образовательных стандартов, успешного прохождения образовательных программ» [8, с. 380]. Контроль знаний и умений – один из существенных компонентов учебного процесса, который предназначен определить «обратную связь», чтобы оценить динамику усвоения учебного материала, и на основе их анализа вносить необходимые коррективы в организацию учебного процесса [2].

**Цель данной работы** – исследовать воспитательные возможности тестов, применяемых в учебном процессе.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи**:

1. Провести краткий обзор источников по теме исследования.
2. Проанализировать результаты и сделать выводы.

**Материалы и методика исследования.** Исследование проведено на основе подбора релевантной научной литературы. Использовались методы описания, сравнения и анализа.

**Результаты исследований.** По мнению Н. П. Галиахметовой, «...процесс обучения – это целенаправленный процесс взаимодействия обучающихся и обучаемых, в ходе которого осуществляется образование, воспитание и развитие. Проблема обучения студентов занимает достаточно большое место в вузовской педагогике и психологии» [2, с. 393]. Применение тестовых технологий в образовательном процессе – основная проблема преподавательской науки и практики XXI века. Ведущая цель тестирования – приобретение достоверной информации о качестве усвоения обучающимися знаний. Учащиеся, выполняя тестовые задания, могут свободно оценить уровень своих познаний и определить свой показатель среди иных учащихся, самостоятельно потренироваться в выполнении задач разного значения сложности, сгруппировать познания по учебной дисциплине. Постоянное выполнение тестовых заданий активизирует подготовку студентов к занятиям, повышает мотивацию к исследуемому материалу [1].

В течение учебного процесса задания в тестовой форме применяются в больших количествах. Они стали применяться не только для разработки тестовых заданий и тестов, но и для эффектив-

ной организации самостоятельной работы. Как пишут О. А. Жученко и О. Н. Малахова, «...мотивация составляет базис самостоятельности, востребованной в современном обществе, и образовательная среда предлагает многочисленные педагогические и информационные технологии, которые повышают ее» [3, с. 4]. Формирование заданий в тестовой форме с уже известными новыми образовательными технологиями вызвало ещё одну образовательную технологию, основанную на концепции педагогических измерений. Этому содействовало выделение заданий в тестовой форме в качестве отдельного понятия. Теперь началась важная работа по внедрению тестовых форм в текущий учебный процесс, в самостоятельную работу и в новое поколение учебников и пособий. Настолько глубокое применение обширных педагогических возможностей тестовых форм позволяет добиваться новых результатов в повышении качества образования [4]. В работе [10] автор предлагает применять тестовые задания в рейтинговой технологии обучения студентов. Подчёркивает преимущества их применения для обучения студентов.

В теории педагогического тестирования существует два подхода к созданию тестовых заданий: нормативно ориентированный и критериально ориентированный. В рамках нормативно ориентированного подхода разрабатываются тесты для сравнения учеников по уровню учебных достижений. Сравнение происходит путем сопоставления результатов каждого учащегося с результатами его сверстников, выполнявших тот же самый тест. При критериально ориентированном подходе создаются тесты для сопоставления учебных достижений каждого ученика с планируемым к усвоению объёмом знаний, умений или навыков [9]. Упор делается на то, что может выполнить ученик и что он знает в рамках конкретного содержания, а не то, как он выглядит на фоне других [4, 5].

В исследованиях учёных [4–6] выделяют следующие функции тестов:

1. Социальная функция тестов выражается в требованиях, предъявляемых обществом к уровню подготовки учащегося. В ходе контроля знаний с помощью тестов определяется соответствие достигнутых учащимися умений и навыков.

2. Образовательная функция складывается в закреплении и систематизации знаний, практических умений и навыков, в росте их качества. В ходе выполнения тестовых заданий устанавли-

ливается связь раннего материала с последующим, что позволяет ученику понять его целостную структуру. У студентов формируется умение рассуждать, складываются такие приемы интеллектуальной деятельности, как анализ, синтез, сравнение, обобщение.

3. Воспитательная функция тестов заключается в формировании положительных мотивов учения, способов самостоятельной познавательной деятельности, умений постановки и достижения целей, а также умений самоконтроля и адекватной самооценки, снижения тревожности.

4. Развивающая функция тестов целенаправлена на развитие внимания, памяти, мышления, творческих способностей, эмоциональной сферы и таких качеств личности, как трудолюбие, умение слушать, исполнительность, обязательность, самостоятельность и аккуратность.

5. Контролирующая функция позволяет учителю получить информацию о достижениях своих учеников, установить динамику этих достижений, степень усвоения программного материала.

6. Занимательная функция помогает повысить эффективность урока. Ведь если материал даётся на уроке слишком легко, то большая часть студентов скучает. Если же материал слишком труден, студенты быстро утомляются и перестают работать.

7. Функция творческого роста связана с тем, что тесты дают возможность преподавателю выявить достижения, недостатки и ошибки в своей педагогической деятельности.

**Вывод.** Таким образом, результаты тестового контроля позволяют прогнозировать развитие как обучающихся, так и образовательных систем. Все это делает возможным создавать и корректировать обучающие и контролирующие программы и технологии, совершенствовать методы управления качеством образования, получать информацию о необходимости повышения квалификации учителей.

#### Список литературы

1. Аванесов, В. С. Основы педагогической теории измерений / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – 2004. – № 1. – С. 17–19.
2. Галиахметова, Н. П. Оценка удовлетворенности студентов различными аспектами процесса обучения в вузе / Н. П. Галиахметова // Актуальные проблемы техники, технологии и образования: материалы пула научно-практических конференций. – Керчь: КГМТУ, 2022. – С. 393–397.

3. Жученко, О. А. Повышение уровня познавательной мотивации будущих профессионалов аграрного вуза в смешанном обучении / О. А. Жученко, О. Н. Малахова // Пензенский психологический вестник. – 2020. – № 1 (14). – С. 3–16. – DOI: 10.17689/psy-2020.1.1.
4. Идиатулин, В. С. Дидактические игры на основе тестового контроля / В. С. Идиатулин, И. Т. Русских // Новые образовательные технологии и педагогические новации в системе высшего образования: материалы VIII науч.-метод. регион. конф., 28–30 мая 1996. – Ижевск: ИжГСХА, 1996. – С. 29–30.
5. Идиатулин, В. С. Тестовый мониторинг в высшей школе / В. С. Идиатулин, И. Т. Русских // Мониторинг в образовании: сборник научно-методических материалов. – Ижевск: Институт усовершенствования учителей, 2000. – С. 115–118.
6. Калашникова, С. Г. Тесты как средство контроля качества учебных достижений младших школьников по русскому языку: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Омск, 2006. – 19 с.
7. Майоров, А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования: Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования. – Москва: Нар. образование, 2000. – 351 с.
8. Малахова, О. Н. Опыт теоретического осмысления и практического применения дистанционных технологий в реализации стандартов образования в сельскохозяйственном вузе / О. Н. Малахова, О. А. Осколкова // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., 10 ноября 2021. – Нижневартовск: НГУ, 2021. – С. 379–385.
9. Русских, И. Т. Разработка тестовой технологии диагностики структуры и динамики обученности в системе «школа-вуз»: дис. ... канд. пед. наук. – Ижевск, 2003. – 148 с.
10. Русских, И. Т. Результаты внедрения модульно-рейтинговой системы оценки знаний студентов на агроинженерном факультете / И. Т. Русских // Научное обеспечение инновационного развития АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию государственности Удмуртии, Ижевск, 16–19 февр. 2010. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2010. – С. 321–327.

**А. Д. Кузнецов, И. А. Кибардин, И. А. Мухина**  
*Удмуртский ГАУ*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ**

Рассматривается один из актуальных вопросов в педагогической науке и практике – подходы к исследованию педагогической деятельности. Отмечается, что при наличии множества подходов к ее рассмотрению они разработаны недостаточно. Делается вывод, что, как правило, научный анализ педагогической деятельности характеризуется общими рассуждениями о педагогическом искусстве.

**Актуальность.** Одной из актуальных проблем педагогики в настоящее время является исследование педагогической деятельности как профессиональной [4]. Несмотря на то, что в современной педагогической науке смысл педагогических понятий размыт, а их использование не всегда коррелирует с их институционализацией [3], в научной литературе достаточно широко представлена аналитика подходов к педагогической деятельности (структурный, функциональный, динамический, системный) [7]. Это, однако, не снижает актуальности темы.

**Цель данной работы** – исследовать современные подходы к исследованию педагогической деятельности как профессиональной.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи**:

1. Провести краткий обзор источников по теме исследования.
2. Проанализировать результаты и сделать выводы.

**Материалы и методика исследования.** Исследование проведено на основе подбора релевантной научной литературы. Использовались методы описания, сравнения и анализа.

**Результаты исследований и обсуждение.** По мнению авторов, «...структурный подход помогает провести многоуровневый анализ этой деятельности и охватывает социологическую, психологическую и педагогическую стороны деятельности преподавателя высшей школы» [7, с. 280]. Социологический анализ структуры представлен исследованиями, разделяющими педагогический труд на различные его типы (исследовательский и собственно пе-

дагогическая деятельность, политический, психологический, методический и пр.) [1, 11].

Психологический подход показывает взаимосвязь усилий преподавателя, ориентированных на решение педагогических задач. Так, в рамках модели преподавательской деятельности акцентируется пять ее структурных составляющих: субъект педагогического воздействия, объект педагогического воздействия, цель их общей деятельности, цели изучения и средства педагогической коммуникации.

Гностический элемент касается сферы знаний самого педагога. Речь идет не только о знании своего предмета, но и о знании способов педагогической коммуникации, эмоционально-когнитивных особенностей учащихся, а также о самопознании (собственной личности и деятельности).

Конструктивный элемент – это специфики конструирования обучающим личной деятельности и инициативности обучающихся с учетом близких целей изучения и воспитания (урок, занятие, курс занятий).

Проектировочный элемент охватывает собой представления о перспективных задачах учебы и воспитания, а также о стратегиях и способах их достижения.

Коммуникативный элемент – это специфики коммуникативной деятельности преподавателя, особенность его взаимодействия с учащимися. Упор делается на связи коммуникации с эффективностью педагогической деятельности, ориентированной на достижение дидактических (воспитательных и образовательных) целей [9]. Организаторский элемент – это система умений преподавателя организовать свою деятельность, а также активность учащихся [5]. Важно подчеркнуть, что все компоненты представленной модели часто описываются через систему определенных умений преподавателя. Представленные компоненты не только взаимосвязаны, но и в большинстве случаев пересекаются.

В модели педагогической деятельности, выдвинутой Н. Ф. Талызиной [10], основными аспектами служат первоочередные педагогические задачи и соответствующие им умения.

В рамках функционального подхода к изучению педагогической деятельности работа преподавателя разбирается в виде системы функций и функциональных характеристик: рассматриваются предметные и педагогические умения, знания, условия к педагогической профессии.

Динамический подход демонстрирует формирование педагога с позиций постановки свежих задач, улучшения человеческой личности, степеней мастерства, объяснения системности усилий педагогов-мастеров. Ход роста педагогического мастерства авторы видят в совершенствовании умения распределять учебно-воспитательный процесс, в развитии важных задач, в непрерывном самообразовании, продвижении целей.

Авторы системного анализа педагогической деятельности в качестве ее элементов оценивают образец специалиста, деятельность объекта педагогической деятельности (учащегося), работа субъекта (преподавателя), деятельность педагога, повышающего свою квалификацию. Для окончательной цели выступает образец специалиста, проанализированный в модели его профессиональной деятельности, которой должен добиться студент [8]. Преподаватель помогает достижению успеха. Задачей педагога являются действия студента, которыми тот достигает цели, и способы ее достижения. Тогда развивающаяся педагогическая деятельность – это деятельность преподавателя, содействующая развитию студента, продвижение самого педагога и постоянно учитывающая изменения общественных условий к подготовке специалистов.

Педагогическая деятельность является совместной, а не индивидуальной, т.е. работа педагога подразумевает деятельность самого педагога и деятельность студента. В основном педагогическая деятельность складывается по законам и нормам общения. Благодаря педагогическому общению формируются условия для развития учителя и студента, для достижения окончательных результатов, предусмотренных в модели профессионала [12].

Наряду с подобными критериями продуктивности обучения, такими, как уровень достижения учебных целей, глубина знаний и умений, затраты времени, трудность–легкость обучения, действенность и надёжность усвоения, продуктивность, число допущенных ошибок, позиция обучающихся к программе обучения и др., – акцентируют психологические и социально-психологические нюансы продуктивности обучения.

К психологическим критериям относят аспекты мотивации, интереса и довольство итогами учебной деятельности. В качестве критерия социально-психологической эффективности учёбы оценивают положительную динамику общительности, коммуникативной готовности, доброжелательности, заинтересованности к товарищам по группе, их нуждам, желаниям, чувственным состояниям.

Преподаватели рассматривают в качестве основного элемента педагогической деятельности знание предмета и затем в порядке снижения роли они выделяют следующее: умение донести материал, умение установить связь с аудиторией, мастерство устной речи, умение пользоваться доской, умение связывать материал с будущей профессиональной деятельностью, умение вдохновлять аудиторию мыслить, побуждать к вопросам, умение разумно распределять и использовать время на занятии. Таким образом, непонимание преподавателями университета целей и средств своей деятельности приводит к понижению эффективности педагогической деятельности.

Исходя из вышесказанного, многообещающим является направление, связанное с применением принципов системного подхода к разбору педагогической деятельности и построения моделей данной деятельности. Педагогическая деятельность – это деятельность не индивидуальная, а совместная [1]. Она совместна уже потому, что в педагогическом процессе безоговорочно присутствуют две действующие стороны: преподаватель и обучающийся. Студент в процессе обучения разом взаимодействует не с одним, а с целой группой преподавателей. Их педагогическая деятельность оказывается особенно эффективной тогда, когда работа учителей оказывается совместной, согласованной. Высшим аспектом подобной согласованности является согласование преподавателей между собой, сориентированное на достижение конечной цели, каковой представляется вовсе не методическая безупречность процесса, а личность учащегося – его развитие, подготовка и воспитание.

**Вывод.** Таким образом, главным, а также конечным итогом преподавательской работы считается уровень развития личности студента, сформированности компетентностей – это дает основание для оценивания педагогического труда.

#### Список литературы

1. Андреева, Г. М. Социальная психология. – Москва: Просвещение, 1980. – 267 с.
2. Бордовская, Н. В. Педагогика: учебник для вузов / Н. В. Бордовская, А. А. Реан. – СПб.: Питер, 2000. – 304 с.
3. Дуняшева, А. Д. О своевременности продумывания смыслов понятий педагогики в цифровую эпоху / А. Д. Дуняшева, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 10–1 (73). – С. 176–79. – DOI 10.24412/2500-1000-2022-10-1-176-179.

4. Емельянов, П. В. Об определении эффективности педагогической деятельности преподавателя высшей школы: аксиологический аспект / П. В. Емельянов, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 11–1 (74). – С. 151–155. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-1-151-15.
5. Идиатулин, В. С. Дидактические игры на основе тестового контроля / В. С. Идиатулин, И. Т. Русских // Новые образовательные технологии и педагогические новации в системе высшего образования: материалы VIII науч.-метод. регион. конф., 28–30 мая 1996. – Ижевск: ИЖГСХА, 1996. – С. 29–30.
6. Карпенко, Л. А. Теоретические и практические подходы к определению эффективности обучения: критерии эффективности. – Москва: Просвещение, 1988. – 273 с.
7. Лифшиц, В. А. Деятельность преподавателя вуза как развивающаяся система / В. А. Лифшиц, Н. Н. Нечаев // Повышение эффективности психолого-педагогической подготовки преподавателей вузов. – М: Политиздат, 1988. – 273 с.
8. Родыгина, Т. А. Квалиметрический подход к определению содержания диагностики начального уровня компетенций магистров направления подготовки «Агроинженерия» / Т. А. Родыгина, Г. М. Белова, И. Т. Русских // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2019. – № 3–2. – С. 44–50.
9. Русских, И. Т. Результаты внедрения модульно-рейтинговой системы оценки знаний студентов на агроинженерном факультете / И. Т. Русских // Научное обеспечение инновационного развития АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию государственности Удмуртии, Ижевск, 16–19 февраля 2010. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2010. – С. 321–327.
10. Талызина, Н. Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста / Н. Ф. Талызина. – Москва: Просвещение, 1986. – 243 с.
11. Творогова, Н. Д. Общение: диагностика и управление / Н. Д. Творогова. – М: Смысл, 2002. – 246 с.
12. Чибышев, М. А. Коммуникативная компетентность как качество обученности участников образования: проблемно-аналитический взгляд / М. А. Чибышев, О. Н. Малахова // Молодежная наука: тенденции развития. – 2022. – № 1. – С. 17–24.

**П. А. Перевозчиков, И. П. Колотов, П. Л. Лекомцев**  
*Удмуртский ГАУ*

## **РОЛЬ ПЕДАГОГА И ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТА**

Рассматривается роль педагога и педагогической деятельности в формировании личности студента, описывается значимость его роли, его поведения и речи при взаимодействии со студентами, влияние этого на обучающихся в дальнейшем.

**Актуальность.** Роль педагога в воспитании студентов и в формировании их личности всегда являлась одной из значимых и в данный момент является одной из самых актуальных тем: значимость педагога, педагогической деятельности в образовательном процессе не снижается [5].

**Целью** исследования является оценка роли педагога и педагогической деятельности в формировании личности студента, влияние педагога на дальнейшую профессиональную деятельность будущего специалиста. Для достижения данной цели стояла **задача** изучения современных научных исследований, в которых рассматривается влияние педагога на развитие личности студента, становление его как профессионала.

**Методы и методики.** Исследование проведено на основе подбора и анализа научной литературы. Использовались методы описания и сравнения, а также обзорно-аналитический метод.

**Результаты и их обсуждение.** Профессия педагога одна из самых трудных и важных. Каждый преподаватель, выбравший путь обучать, а именно давать знания и формировать умения, которыми овладел сам, ответственный за судьбу своего студента, ведь именно знания и умения, которые они дают, применяются и используются их учениками в дальнейшей жизни.

Формирование личности человека происходит на протяжении всей жизни, но именно в вузе закладывается база тех качеств будущего профессионала, которые ему пригодятся, когда он вступит в новую для него атмосферу деятельности, в условиях которой будет осуществляться его дальнейшее развитие и как профессионала, и как личности. Педагогические аспекты формирования

личности студента сегодня, на наш взгляд, недостаточно представлены в вузовских программных документах. Существует ошибочное и необоснованное мнение о том, что главная и единственная задача вуза – обучать. Данное мнение опровергнуто историей и опытом высшей школы как нашего государства, так и зарубежных стран. И, несмотря на то, что в педагогической науке современные понятия характеризуются своей размытостью, нарративностью, дискурсивностью [3], понятием «педагогическая деятельность» апеллируют весьма активно. Действительно, сейчас изменившиеся условия жизни ставят перед вузами задачу подготовки будущего специалиста, который будет способен к полноценной созидательной деятельности в социальном обществе, способен адаптироваться в нем безболезненно. Это требование диктует необходимость формирования глубоко мыслящих молодых людей, владеющих не только профессиональными знаниями, новейшими цифровыми технологиями, но и высокой культурой мышления и саморазвития, людей с сильными личностными характеристиками [9]. Без понимания важности педагогического труда, правильного понимания критериев его оценивания [4], а также понимания того, что педагог в вузе играет большую роль в становлении молодого человека, решить эти задачи невозможно.

Действительно, личность педагога в создании системы развития духовно-нравственных отношений и ценностей играет важнейшую роль. Выступая носителем и проводником определенного социального опыта, педагог оказывает наибольшее влияние на результативность образовательного процесса. Участвуя с педагогом в совместной учебной деятельности, студент попадает в определенную ценностную «систему координат», он, по сути, «вынужден» усваивать систему ценностей преподавателя, так как сама по себе социальная роль педагога наделяет ее носителя властью и авторитетом.

Современный педагог не должен давить своим авторитетом, его задача дать студенту почувствовать себя значимым [7]. Демократическое взаимодействие порождает у каждого студента стремление раскрыться, проявить инициативу и творчество, проявить себя, свою аутентичность [8]. В случае если студент не может понять тему, то и предмет не будет вызывать интереса, у него пропадет желание учиться, поэтому педагогу нужно проявить себя, помочь учащемуся, объяснить тему, объяснить значимость предмета и его уникальность. Профессиональный педагог не только обучает, но и воспитывает. Обучая, воспитываем, воспитываем обучая.

Для успешного обучения студентов и взаимодействия с ними преподаватель должен превосходно владеть своей речью. Отсюда следует, что культура речи педагога – один из самых значимых показателей духовного богатства педагога, и в то же время является мощным средством формирования личности будущего выпускника высшей школы. Практической целью изучения норм речевого этикета для педагога в его профессиональной деятельности является достижение успеха в коммуникации со студентами: если ситуация того требует, то обратить на себя внимание, показать свое уважение, вызвать доверие у студента, его симпатию, создать комфортные условия для общения [2]. В ситуации педагогического общения этикет играет очень важную роль, потому что речь преподавателя не только «главное орудие профессиональной деятельности, но и образец, сознательно или бессознательно усваиваемый, всегда в той или иной степени воспроизводимый учащимися, а значит, неизбежно «тиражируемый» и распространяющийся» [11].

Система высшего образования ставит задачу развития интеллектуального потенциала личности студента, умения самостоятельно искать информацию, преобразуя ее в знания, применять эти знания при решении задач, с которыми сталкивается в жизни [7]. Главное для преподавателя – увлечь студентов серьезным и результативным трудом, доставляющим наслаждение каждому учащемуся. Формирование самостоятельности студентов прочно связано с выявлением и дальнейшим подкреплением научных интересов, склонностей и способностей, воспитанием желания к самообразованию. Педагог раскрывает перед студентами цель деятельности и помогает её осознанию; содействует доступности содержания знаний, актуализирует ведущие идеи, мировоззренческие проблемы, обнажает ценность знаний, логику процесса их приобретения; ставит перед учебными действиями обучающихся последовательно усложняющиеся задачи; в соответствии с ними вооружает студентов необходимыми способами деятельности, познавательными умениями для их самостоятельной работы. Преподаватель создает условия для благополучного протекания деятельности студентов, предвидит затруднения, способствует их преодолению. Вся эта педагогическая деятельность, безусловно, влияет на формирование познавательных интересов, а также потребностей к самостоятельной работе, так как именно в ней программируется условие и оперирование необходимыми механизмами познавательной деятельности студента.

Для корректного формирования среды, воздействующей на развитие интеллектуального потенциала личности студента, необходимо сформировать компоненты, обеспечивающие продуктивное воздействие, устанавливающие ориентировочные критерии и средства контроля процесса развития студента. Исходя из требований к образовательной среде, задачей преподавателя видится такое воздействие на интеллектуальный потенциал личности студента, благодаря которому происходит совершенствование знаний обучающихся в определенных областях науки и понимание связи, существующей между отдельными дисциплинами; происходит развитие интересов студентов, их способностей; развивается потребность в знакомстве обучающихся с методами научного познания; приобретаются умения и навыки поисково-исследовательской деятельности.

Одной из важнейших задач преподавателей выступает создание активной, небезразличной, мыслящей личности. Основными требованиями к преподавателю, организующему исследовательскую деятельность, являются такие, как признание индивидуальности студентов, поддержание чувства собственного достоинства в каждом, оценка итогов, учет интересов и способностей и др. [1]. В организации исследовательской деятельности педагогу необходимо создать уникальную сферу развития и мотивации к познанию, сферу личностного роста и самореализации, предоставить возможность для формирования исследовательской культуры студентов.

Создание активной, мыслящей личности, где мотивация является основополагающим условием организации эффективного образовательного процесса, является одной из главных целей педагога [11]. Роль преподавателя в формировании мотивации студентов к обучению является наиболее значимой. Педагог выступает в качестве энтузиаста, побуждая, направляя и поощряя студентов; наставника и координатора, поддерживая интерес обучающихся. Преподаватель формирует и развивает потребность студентов к самообразованию, развитию и инновационной деятельности.

**Вывод.** Роль педагога трудно переоценить, так как именно в студенческие годы идёт активное становление студента как личности и профессионала, формирование его самостоятельности в плане образования и получения знаний в общении с педагогами. Исследователи сходятся во мнении, что одной из важнейших задач

преподавателей-педагогов является создание активной, небезразличной, мыслящей личности. Важная мысль изложена в моменте о роли культуры речи педагога, так как язык один из главных способов влияния на студента. Педагог один из самых важных людей в формировании личности студента, так как именно он своим личным примером, своими поступками, словами способен как передать студенту желание учиться, совершенствоваться, быть профессионалом своего дела, так и своей некомпетентностью направить студента в неверное для развития направление.

### Список литературы

1. Воронина, И. Р. Роль педагога в организации исследовательской деятельности студентов / И. Р. Воронина // Научное творчество молодёжи как ресурс развития современного общества: материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. молодых исследователей, 28 апреля 2020. – Нижний Новгород: ФГБОУ ВО НГПУ им. Козьмы Минина, 2020. – С. 139–142.
2. Глазкова, И. И. Речевой этикет преподавателя / И. И. Глазкова, Н. С. Федорова // Технологии образования. – 2020. – № 2 (8). – С. 224–228.
3. Дуняшева, А. Д. О своевременности продумывания смыслов понятий педагогики в цифровую эпоху / А. Д. Дуняшева, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 10–1 (73). – С. 176–179. DOI 10.24412/2500-1000-2022-10-1-176-179.
4. Емельянов, П. В. Об определении эффективности педагогической деятельности преподавателя высшей школы: аксиологический аспект / П. В. Емельянов, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 11–1 (74). – С. 151–155. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-1-151-15.
5. Жигалова, К. В. Значение личности и деятельности педагога в современной высшей школе / К. В. Жигалова, О. Н. Малахова // Современное образование: содержание, технологии, качество: материалы I Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Усурийск, 18–20 мая 2022. – Владивосток, 2022. – С. 6–7.
6. Кох, М. Н. Роль педагога в формировании конкурентоспособной личности студента / М. Н. Кох, А. Н. Комирня // Психология человека и общества. – 2019. – № 6 (11). – С. 17–20.
7. Лебедев, В. С. Роль педагога в развитии самостоятельности студентов / В. С. Лебедев, Е. С. Лепешкина // Развитие современного образования: от теории к практике: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., 19 марта 2018. – Чебоксары: ООО "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2018. – С. 220–225.
8. Малахова, О. Н. Аутентичность в мультикультурных структурах образования третичного уровня / О. Н. Малахова // Коммуникативные страте-

гии информационного общества: Труды VI Междунар. науч.-практ. конф., 20–23 ноября 2013. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политех. ун-та, 2013. – С. 135–136.

9. Малахова, О. Н. Саморазвитие студента в структурах дистанционных образовательных технологий: к вопросу об успешности / О. Н. Малахова // Образовательная среда сегодня и завтра: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., 30–31 октября 2014. – Москва: НОУ ВО МТИ, 2014. – С. 135–136.

10. Панова, Л. Д. Педагогическая компетентность как необходимая составляющая профессиональной подготовки инженерно–технических кадров / Л. Д. Панова // Инженерное образование и вызовы культуры в XXI веке: материалы II-ой Междунар. науч.-метод. конф., 19 мая 2017. – Москва: РГУ нефти и газа (нац. исслед. университет) им. И. М. Губкина, 2017. – С. 160–164.

11. Роль педагога в формировании мотивации студентов к обучению / Г. А. Казанцева, И. Р. Воронина, П. А. Чеснокова, Е. Д. Бородина // Заметки ученого. – 2020. – № 9. – С. 195–199.

УДК 1:316

**С. И. Платонова**

*Удмуртский ГАУ*

## **СОЦИАЛЬНЫЙ ФАКТ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ**

Проводится анализ понятия «социальный факт» в классических, неклассических и постнеклассических социальных теориях. Показана взаимосвязь онтологического и эпистемологического аспектов социального факта. Обосновано, что современные социальные теории в понимании природы социальной реальности и социального факта направлены против психологизма и антропоцентризма, релятивистской онтологии.

**Актуальность.** Вопросы социальной онтологии, методологии ее изучения всегда оставались в фокусе внимания социальной философии. Действительно, что мы изучаем? И как, какими методами мы изучаем? Актуальными являются вопросы о социальной реальности и ее конструировании, о статусе теоретических понятий, проблемы онтологизации теоретических конструктов, влияния субъективных характеристик на формируемое социальное знание. В контексте обозначенных вопросов представляется важным рассмотрение природы социального факта.

**Цель и задачи.** Цель – выделение основных характеристик и условий существования социального факта. Поставленная цель предполагает решение следующих задач:

– анализ особенностей понятия «социальный факт» в классической, неклассической, постнеклассической социальной теории;

– рассмотрение особенностей социальной онтологии и использования понятия «социальный факт» в работах Б. Эпштейна и Дж. Серля.

**Методология исследования.** Применяется сравнительный анализ, методы обобщения, историко-логической реконструкции.

**Результаты исследования.** Что такое социальный факт? Каким образом существует социальный факт? Возможно ли понимание социального факта как существующего «на самом деле», как относящегося к миру природных явлений? Или все-таки социальный факт является теоретическим конструктом, на формирование которого оказали влияние персональные, субъектные особенности ученого?

В классической, неклассической и постнеклассической социальных теориях ответы на поставленные вопросы даются разные. В классической социальной науке социальный факт рассматривается как «вещь», как «способ действий, способный оказывать на индивида внешнее принуждение, ... имеющий в то же время свое собственное существование, независимое от индивидуальных проявлений» [1, с. 39]. Следовательно, социальные факты можно изучать как естественно-научные факты, они подлежат наблюдению и измерению. Ряд авторов связывает классическую социальную методологию с позитивистской методологией. «Первый» позитивизм, представленный в трудах О. Конта, Г. Спенсера, Э. Дюркгейма, действительно отрицал специфику социально-гуманитарного познания, предлагая в качестве образца для социальных наук естественные науки. Подобные методологические ориентиры существовали для всех социальных наук (социология, история, психология) на протяжении XIX века.

Противоположный подход «также признает существование внешнего мира, но различные люди видят его по-разному» [2, с. 6]. Этот подход может быть назван интерпретационным, а социология, использующая подобную методологию, может быть обозначена «понимающей» социологией. Это неклассическая социология, возникшая в начале XX века и связанная с именами П. Бер-

гера, Т. Лукмана, А. Турена, П. Бурдые. В неклассических социальных теориях отмечается, что социальный факт является теоретическим конструктом, на формирование которого оказывают влияние как личность самого ученого, так и социальный контекст.

На этот момент обращает внимание Г. Ключарев, утверждая, что «для современной эпистемологии характерно активное проникновение в ткань знания ценностных, эстетических и культурологических подходов. Все изучаемые объекты – универсумы и легитимации – рассматриваются как человеческие творения, их существование обусловлено жизнями конкретных индивидов и вне этих жизней не имеет никакого эмпирического статуса» [2, с. 6]. Однако при таком подходе существует опасность «релятивистской онтологии, которая предполагает множество изучаемых реальностей. ... Релятивизм здесь проявляется в том, что за пределами процессов изучения, объяснения, интерпретации не имеет смысла выяснять природу объектов конкретной социальной теории» [2, с. 7].

Если попытаться проинтерпретировать данное утверждение в более широком познавательном контексте, то мы приходим к принципу несоизмеримости научных теорий, каждая из которых использует свои научные факты и свой научный язык. Эта установка уже была предложена в философии логического позитивизма и далее, в философии постпозитивизма, которые уделяли большое внимание логической структуре научной теории и научному языку. Научные парадигмы и научные теории несоизмеримы, утверждали Т. Кун, П. Фейерабенд. С созданием новой научной парадигмы старая парадигма отбрасывается, кумуляции научного знания не происходит [3].

Необходим более уравновешенный подход, избегающий крайностей позитивистской и интерпретационной методологий. Многие современные социальные теории пытаются снять эти крайности и дихотомии общество/индивид, структура/действие, холизм/индивидуализм. Отмечается, что социальный факт может быть рассмотрен одновременно и как социальный феномен и как эпистемологический конструкт [4]. Социальный факт, будучи элементом социальной онтологии, анализируется как фрагмент социальной реальности, имеющий свои особенности, отличающие его от природных фактов. Как эпистемологический феномен, социальный факт рассматривается в качестве исходного элемента социальной теории [4, с. 143]. Подчеркивается, что в теоретической социологии онтологическая проблематика с необходимостью

переходит в эпистемологию и начинает растворяться в ценностно-исторических системах координат [2, с. 5].

В современной постнеклассической социальной философии критикуется психологизм неклассических социальных теорий, постулирующих конструктивистскую природу социального факта. Выделяются несколько программ социальной онтологии:

- 1) СПФ-программа Дж. Сёрля;
- 2) «Кембриджская программа» Т. Лоусона;
- 3) «Критический реализм» М. Арчер;
- 4) «Другой институционализм» (Дж. Сёрль, А. Грейф, Ф. Гуала);
- 5) «Тафтская программа» Б. Эпштейна [6, с. 575–576.].

Остановимся более подробно на взглядах американского философа Б. Эпштейна, являющегося в настоящее время одним из признанных авторитетов в социальной онтологии. Вопросы организации социального мира, оснований социального факта, групповых действий, групповых намерений рассматриваются Б. Эпштейном в работах: «Муравьиная ловушка: переосмысление оснований социальных наук» (2015), «Концептуальные рамки социальной онтологии» (2016) [7, 8]. Б. Эпштейн полагает, что «в социальной онтологии необходимо разграничивать два рода исследования: с одной стороны, это изучение составных элементов социального мира, а, с другой стороны, это изучение причинно-следственных отношений между социальными явлениями. «Одно дело исследовать, как причинно работает социальный мир – какие последовательности событий приводят друг к другу или какие механизмы при этом действуют. Другое дело – исследовать, что есть социальный мир, – каковы его составные элементы или из чего он состоит» [8, р. 151].

«Для решения обозначенной задачи Б. Эпштейн предлагает разделить различные проекты в социальной онтологии: проект основания (grounding) и проект фиксации (anchoring). Эти проекты относятся к любому социальному факту, так как в отношении любого факта можно задаться вопросами: каковы основания для данного социального факта? И почему этот факт основан именно таким способом?» [5, с. 602]. Б. Эпштейн полагает, что «проект основания – это изучение условий наличия социальных фактов. Какие факты в мире являются метафизически достаточными причинами – то есть основаниями – для некоторых социальных фактов? Проект фиксации – это исследование того, что порождает эти условия [8, р. 158].

Для установления социального факта необходимы два действия: во-первых, дать онтологическое объяснение имеющемуся социальному факту (то есть подвести определенное основание под социальный факт) и, во-вторых, найти факты, которые определяют условия, необходимые для данного социального факта. Очевидно, что такими фактами являются факты конвенции, соглашения или повторяющиеся практики общества, если в обществе отсутствует письменность. Первое действие дает нам факты, которые обосновывают социальный факт. Второе действие дает факты, которые Б. Эпштейн называет фиксаторами, а само отношение между фактами – отношением фиксации [5, с. 604]. Американский философ утверждает, что не совсем верно понимать социальные факты как суммирование поступков и намерений индивидов [7, р. 7]. Социальный мир – это нечто большее, нежели сумма действий отдельных людей. Таким образом, Б. Эпштейн выступает против психологизации и антропологизации социальных явлений, против приписывания социальному миру антропоморфных черт.

Еще один американский философ Дж. Серль различает «грубые» неодушевленные факты, относящиеся к природным явлениям, и институциональные факты, которые существуют только внутри человеческих институтов [9]. «Чтобы данный кусок бумаги был пятью долларами, для этого необходим институт денег. Дж. Серль полагает, что для объяснения социальной действительности требуется три элемента: назначение функции, коллективная интенциональность и конструктивные правила» [4, с. 144]. Коллективная интенциональность – это совокупность коллективных установок и намерений. Конструктивные правила создают принципиальную возможность совместных действий, так как они определяют правила существования и функционирования социальных институтов. Как итог, «коллективная интенциональность трансформирует объективное социальное в субъективное социальное, или, говоря иначе, она трансформирует объективную онтологию в субъективную онтологию субъективных чувств и намерений» [6, с. 576].

**Заключение.** Таким образом, современные постнеклассические социальные теории стремятся объяснить природу социального мира, социальных фактов, более широко, отказываясь от методологического и онтологического индивидуализма и антропоцентризма. Социальный факт – это не только продукт научного творчества, элемент социальной теории, искусственный теоретический конструкт, но и реально существующее социальное

явление. В социальной теории осуществляется взаимный переход социальной онтологии и эпистемологии.

### Список литературы

1. Дюркгейм, Э. Социология. Ее предмет, метод и предназначение / Э. Дюркгейм; пер с фр. А. Б. Гофмана. – Москва: Канон, 1995. – 352 с.
2. Ключарев, Г. А. Онтологическая проблематика в социологической интерпретации: к постановке вопроса / Г. А. Ключарев // Социологические исследования. – 2022. – № 1. – С. 5–16.
3. Кун, Т. Структура научных революций / Т. Кун; пер. с англ. И. З. Налетова. – Москва: Прогресс, 1977. – 300 с.
4. Платонова, С. И. Теоретико-методологические основания социального факта / С. И. Платонова // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. – 2016. – № 7–2 (69). – С. 142–146.
5. Платонова, С. И. Природа социального факта в социальной онтологии Б. Эпштейна / С. И. Платонова // Вестник РУДН. Серия: Философия. – 2022. – Vol. 26. – № 3. – С. 599–606.
6. Орехов, А. М. Социальная онтология Б. Эпштейна и ее современные интерпретации / А. М. Орехов // Вестник РУДН. Серия: Философия. – 2022. – Vol. 26. – № 3. – С. 572–581.
7. Epstein, B. The Anti Trap: Rebuilding the Foundation of the Social Sciences / B. Epstein. – Oxford: Oxford University Press, 2015. – 298 p.
8. Epstein, B. A. Framework of Social Ontology / B. Epstein // Philosophy of Social Sciences. – 2016. – Vol. 46. – No. 2. – P. 147–167. – URL: <https://doi.org/10.1177/0048393115613494>
9. Searle, J. R. The Construction of Social Reality / J. R. Searle. – New York: Free Press, 1995. – 241 p.

УДК 378.018.432.091.26:004.77

**М. П. Прокашев, П. А. Пронькин, И. Р. Владыкин**  
*Удмуртский ГАУ*

## **ФОРМЫ КОНТРОЛЯ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ**

Рассматриваются наиболее распространённые формы контроля дистанционного обучения, отмечены основные достоинства и недостатки.

**Актуальность.** На сегодняшний день определяющей задачей вузов является подготовка специалистов, способных постоянно совершенствовать свои знания и умения, умеющих быстро ориентироваться в нарастающем потоке информации и принимать решения в нестандартных ситуациях. Исследователи отмечают, что возможность получения массового, доступного, индивидуально ориентированного образования открывается при реализации дистанционной формы обучения [2, 4, 8, 11]. Несмотря на то, что в педагогической науке современные понятия характеризуются своей размытостью, нарративностью, дискурсивностью [3], понятием «дистанционное обучение» апеллируют весьма активно. Под ним понимается в широком смысле любое взаимодействие педагога и обучающегося на расстоянии, отражающее все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения) и реализуемое специфическими средствами Интернет-технологий или другими средствами, предусматривающими интерактивность.

**Целью** работы является исследование форм контроля в дистанционном обучении. В соответствии с целью были поставлены **задачи:**

1. Сделать обзор научной литературы по теме исследования.
2. Определить достоинства и недостатки форм контроля.
3. Проанализировать результаты и сделать выводы.

**Материалы и методика.** Исследование проведено на основе подбора научных источников. Использовались такие методы, как сбор, описание, анализ, сравнение, обобщение и систематизация.

**Результаты и их обсуждение.** Контроль обучения проводится на всем протяжении обучения студента в вузе и, согласно ряду исследований, должен обеспечивать целостность структуры знания, способствовать формированию мотивации к обучению, позволять отслеживать индивидуальные достижения каждого обучающегося [7, 9, 13, 15].

В системе дистанционного обучения (ДО) контроль приобретает особое значение, т.к. взаимодействие преподавателя и студентов проходит опосредованно, в условиях информационной среды вуза [4, 15–17]. В связи с этим необходимо использовать такие методы и формы проверочных мероприятий, которые, с одной стороны, компенсировали бы отсутствие личного контакта с преподавателем, а с другой – представили бы процедуру контроля современным технологичным процессом, привлекательным для испытуемых.

Формы контроля, применяемые при ДО [1, 5, 6, 14]:

1. Письменные отчёты и рефераты. Письменные отчёты и рефераты используются при изучении какой-либо темы, когда слушатели получают задание провести самостоятельное исследование или изучить тему с опорой на представленные в сети Интернет или в традиционных изданиях первоисточники. По итогам самостоятельной работы слушатель передаёт по электронной почте в установленные сроки отчёт.

2. Веб-квесты. Одним из примеров новой технологии представления отчётных материалов являются образовательные web-квесты, широко используемые за рубежом. Образовательный web-квест – это сайт в сети Интернет, созданный для подведения итогов изучения темы, проведённого исследования, включающий проблему для решения с разных точек зрения (ролей), ссылки на ресурсы сети Интернет, логически связанные с изученным материалом (базы данных, статьи из сетевых журналов, залы «виртуальных музеев» и пр.).

3. Телеконференции. В том случае, если тема, изученная слушателями, требует обсуждения, а преподавателю важно узнать глубинное понимание слушателями сути изучаемых явлений, разобраться в их мировоззрении, узнать личное мнение по какому-либо вопросу, могут использоваться как зачетные работы телеконференции. Для дистанционного обучения гуманитарным дисциплинам телеконференции должны стать органичным элементом учебного процесса.

4. Проектная деятельность. Если в основе дистанционного обучения лежит метод проектов, то формой контроля будет описание выполненного проекта, презентация, защита проекта.

5. Анкетирование. Анкетирование – психологический вербально-коммуникативный метод, в котором в качестве средства для сбора сведений от респондента используется специально оформленный список вопросов – анкета, которая выкладывается на определенном сайте.

6. «Портфель студента». «Портфель студента» – это инструмент самооценки собственного познавательного, творческого труда студента, он представляет собой метод обучения и форму организации самостоятельной учебной деятельности студентов, несомненно, являясь средством формирования у них необходимых навыков рефлексии собственной деятельности, т.е. самонаблюдения, размышления.

7. Тесты. Тесты в целом не притязательны к уровню «активности» и «прочности» усвоения знаний. На вопросы возмож-

но ответить правильно за счет пассивного «узнавания» или интуитивного «угадывания». Грамотно составленные тесты учитывают это и заманивают слушателей в «ловушки», специально предлагая им ложные ответы [4, 15].

У дистанционного обучения есть как плюсы, так и минусы.

Плюсы: доступность, гибкость, массовость, экономия финансовых средств, экономия времени, возможность обучаться людям с инклюзией, безопасность.

Минусы: технические ограничения, невозможность практических занятий, проблемы с коммуникацией, отсутствие «живого» контакта, увеличение нагрузки, отсутствие полного контроля, сужение кругозора.

В Удмуртском государственном аграрном университете дистанционное обучение реализовано на платформе Moodle и при контроле дистанционного обучения преобладают: тесты, телеконференции, анкетирование, рефераты и письменные отчеты и рефераты. Результаты исследований по дистанционному обучению представлены в работе [18].

Наиболее рациональным подходом к обучению, с нашей точки зрения, является совмещение дистанционного и традиционного подхода к обучению, так как, найдя, составив правильную работу с учебным материалом, можно сделать процесс обучения более разнообразным, интересным, а главное, запоминающимся. Более того, это благоприятно сказывается на развитии способности студента самостоятельно оценивать свои академические достижения [5], проявлять свою аутентичность [10], развиваться самостоятельно [12].

**Выводы.** По причине отсутствия прямого контакта студента с преподавателями и сверстниками дистанционное обучение не способно заменить традиционное обучение, так как субъекты образовательного процесса не взаимодействуют между собой напрямую, что приводит к отсутствию обмена опытом между ними. С другой стороны, дистанционное образование является доступным для всех людей.

#### Список литературы

1. Бакарюка, А. И. Формы контроля знаний при дистанционном обучении / А. И. Бакарюка, Л. А. Полякова // Вестник профессионального образования. – 2021. – № 1 (15). – С. 21 – 26.
2. Гафурова, Х. Ш. Дистанционное обучение в вузе: формы и методы контроля / Х. Ш. Гафурова // Молодой ученый. – 2021. – № 17 (359). – С. 245–247.

3. Дуняшева, А. Д. О своевременности продумывания смыслов понятий педагогики в цифровую эпоху / А. Д. Дуняшева, О. Н. Малахова, И. Т. Русских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 10–1 (73). – С. 176–179. DOI 10.24412/2500-1000-2022-10-1-176-179
4. Идиатулин, В. С. Тестовый мониторинг в высшей школе / В. С. Идиатулин, И. Т. Русских // Мониторинг в образовании: сборник научно-методических материалов. – Ижевск: Институт усовершенствования учителей, 2000. – С. 115–118.
5. Жученко, О. А. Самооценка академических достижений студентов аграрного вуза: фронтальный экзамен vs онлайн-экзамен / О. А. Жученко // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – Т. 2. – С. 169–173.
6. Красько, С. А. Применение дистанционного обучения в технических университетах / С. А. Красько, Л. Г. Сергеева, Н. Н. Михайлова // Высшее образование в России. – 2018. – Т. 27. – № 6. – С. 135–139.
7. Курицына, Г. В. Формы и методы контроля качества дистанционного обучения студентов вуза / Г. В. Курицына // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 8–3. – С. 17–21.
8. Королева, И. В. Роль и место различных методов итогового контроля знаний при заочной и дистанционной формах обучения / И. В. Королева // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. – 2010. – № 1 (6). – С. 9–12.
9. Кузнецова, З. В. Методы осуществления формы контроля в процессе реализации дисциплины «Физическая культура и спорт» в формате дистанционного обучения в вузе / З. В. Кузнецова, И. В. Яткин // Современные методические подходы к преподаванию дисциплин в условиях эпидемиологических ограничений: материалы учеб.-метод. конф. – Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2021. – С. 328–329.
10. Малахова, О. Н. Аутентичность в мультикультурных структурах образования третичного уровня / О. Н. Малахова // Коммуникативные стратегии информационного общества: труды VI Междунар. науч.-практ. конф. 20–23 ноября 2013. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского политех. ун-та, 2013. – С. 135–136.
11. Малахова, О. Н. Педагогическое проектирование электронной образовательной среды как залог ее эффективности: к постановке вопроса / О. Н. Малахова, И. Т. Русских, А. Р. Агзамов // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2022. – С. 259–262.
12. Малахова, О. Н. Саморазвитие студента в структурах дистанционных образовательных технологий: к вопросу об успешности / О. Н. Малахова // Образовательная среда сегодня и завтра: сборник научных трудов IX Междунар. науч.-практ. конф., 30–31 октября 2014. – Москва: НОУ ВО МТИ, 2014. – С. 135–136.

13. Малютина, Е. Л. Контроль как ключевая функция при реализации дистанционной формы обучения в вузе / Е. Л. Малютина, Н. А. Ларина // Мир науки, культуры, образования. – 2021. – № 1 (86). – С. 201–204.

14. Митяева, А. М. Формы контроля знаний студентов вузов в условиях дистанционного обучения / А. М. Митяева, А. А. Ибрахим // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2021. – № 4. – С. 161–172.

15. Русских, И. Т. Разработка тестовой технологии диагностики структуры и динамики обученности в системе «школа-вуз»: дис. ... канд. пед. наук. – Ижевск, 2003. – 148 с.

16. Русских, И. Т. Результаты внедрения модульно-рейтинговой системы оценки знаний студентов на агроинженерном факультете / И. Т. Русских // Научное обеспечение инновационного развития АПК: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии, 16–19 февр. 2010. – Ижевск: ИжГСХА, 2010. – С. 321–327.

17. Русских, И. Т. Опыт применения дистанционного обучения как информативно-коммуникативная технология обучения студентов сельскохозяйственного вуза / И. Т. Русских, В. М. Мерзлякова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 февр. 2019. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 255–260.

18. Формы контроля при дистанционном обучении русскому языку и литературе в УдГУ / Е. В. Метлякова, Л. С. Патрушева, Н. С. Рубцова [и др.] // Mundo Eslavo. – 2021. – № 20. – С. 116–132. DOI: 10.30827/meslav.vi20.22845

УДК 94(092)(470.51)"1941/1945"

**Л. В. Смирнова, Д. П. Шихова**  
*Удмуртский ГАУ*

## **СОХРАНИМ ИСТОРИЧЕСКУЮ ПАМЯТЬ ДЛЯ ПОТОМКОВ: ГЕРОЙ СОВЕТСКОГО СОЮЗА Г. П. ЕВДОКИМОВ**

Исследование посвящено Герою Советского Союза из Удмуртии Григорию Петровичу Евдокимову (02.09.1919–16.12.2014 гг.). Он занимался патриотическим воспитанием молодежи в Ленинградском художественном училище им. В. А. Серова, встречался и переписывался с учащимися своей родной школы д. Ожги. Представлены материалы (письма, фото), которые будут храниться в экспозиционно-выставочном зале Удмуртского государственного аграрного университета, потому что ценный материал о герое нашего государства не должен быть утерян. Умирает лишь тот, кто может быть забыт.

«Никто не забыт, и ничто не забыто...». Память о павших в борьбе за мир, за народ... Великий смысл заключен в этой памяти, обращенной прежде всего не к прошлому, а к настоящему и будущему. Память – напоминание о том, кого нет, кто шел по жизни с гордо поднятой головой, сражаясь за правое дело, за наше сегодня и завтра; память-наказ завершить то, что не завершили павшие, продолжить дело, которому они посвятили свои жизни, память – любовь-восхищение нравственным обликом борцов, их совершенными гражданскими и человеческими качествами; память – ненависть к тем, из-за кого оборвалась жизнь дорогих нам людей, кто причинил нам такие беды и страдания, забыть которые мы не имеем права.

Удивительно емкое слово «память», как же много оно в себя вбирает! И разве не справедливо, что отношение к памяти – это показатель нравственного здоровья общества – в целом и каждого гражданина в отдельности. К сожалению, сегодня в поиске и погоне за новыми героями забываем или пренебрегаем историческим прошлым. К глубокому стыду и сожалению, я столкнулась, надеюсь, с редким и единичным случаем пренебрежения памятью героя. Ко мне пришла студентка I курса зооинженерного факультета Шихова Даша (211 гр.), которая училась в школе д. Ожги и живет там вместе со своими родителями. Она принесла фотографии и письма Героя Советского Союза из Удмуртии Евдокимова Григория Петровича (02.09.1919–16.12.2014 гг.). Г. П. Евдокимов родился в д. Русские Ожги (Вавожский район Удмуртии) в семье крестьянина. Учился в начальной школе д. Ожги. Окончил Волипельгинскую школу, затем Можгинское педагогическое училище. В 1938 г. был призван на службу в рабоче-крестьянскую Красную Армию. В 1940 г. окончил Челябинское военное авиационное училище летчиков-наблюдателей. С августа 1941 г. – на фронтах Великой Отечественной войны. Принимал участие в битве на Курской дуге, освобождении Донбасса, Одессы, Молдавской ССР, Югославии, Венгрии, Австрии. В 1945 г. капитан Г. П. Евдокимов был штурманом эскадрильи 449-го бомбардировочного авиаполка 244-й бомбардировочной авиадивизии 17-й воздушной армии 3-го Украинского фронта. 18 августа 1945 г. был удостоен высокого звания Героя Советского Союза. За время участия в войне Евдокимов совершил более 300 боевых вылетов на разведку и бомбардировку войск и объектов противника. Написал об этом книгу «300 вылетов за линию фронта» [1]. Г. П. Евдокимов участвовал в Параде Победы 24 июня 1945 г. Продолжил службу в Советской Армии.

В 1954 г. окончил Военно-воздушную академию. В 1966 г. в звании полковника был уволен в запас. Был женат, трое детей. Проживал в г. Санкт-Петербурге, до выхода на пенсию работал военруком Ленинградского художественного училища имени В. А. Серова. Занимался патриотическим воспитанием молодежи.

Не забывал и свою родную Удмуртию.

В советское время в образовательных учреждениях сложилась своеобразная система военно-патриотического воспитания учащихся. Учащиеся находились в положении активных исследователей: создавались поисковые отряды, активизировалась работа по выявлению инвалидов войны, семей погибших воинов и оказанию им систематической помощи. Видели живых героев, встречались с ними не только на страницах книг, но и на пионерских сборах, комсомольских собраниях, уроках мужества, где обсуждали текущие дела. В такой деятельности принимал участие и Г. П. Евдокимов. Вел переписку с учащимися своей родной школы в д. Ожги: интересовался школьными делами, учебой, строительством новой школы, делился своими воспоминаниями детства.

Приезжал из г. Санкт-Петербурга на встречи со школьниками и учителями, привозил книги о войне. Благодаря такой деятельности воспитываются традиции преемственности поколений, уважение к прошлому, сохранение исторической памяти. Таким образом, семья Даши Шиховой из д. Ожги: отец – Петр Михайлович и мать Валентина Егоровна – не остались равнодушными, когда увидели фотографии и письма Героя Советского Союза Г. П. Евдокимова выброшенными в мусорную корзину при оптимизации школы, не задумываясь, решили их сохранить. На занятиях по дисциплине «История», при изучении темы «СССР в годы Великой Отечественной войны» Дарья Шихова решила передать эти исторические документы, связанные с именем Г. П. Евдокимова, в экспозиционно-выставочный зал Удмуртского государственного аграрного университета (г. Ижевск, ул. Студенческая, 11) [2].

Можно сказать, что воспитание на боевых традициях привело школьников д. Ожги к формированию у них высоких гражданских качеств. Реальность же такова, что не все люди такие, даже учителя. Умирает лишь тот, кто может быть забыт. Сказано справедливо.

Имя Героя Советского Союза Г. П. Евдокимова в свое время носила дружина пионервожатых Можгинского педагогического училища (сейчас БПОУ УР «Можгинский педагогический кол-

ледж им. Т. К. Борисова»), названа улица именем героя в д. Ожги, есть мемориальная доска на здании Волипельгинской СОШ, а также имя увековечено на Мемориальной стеле Героям Советского Союза у Вечного огня в г. Ижевске и в музее Героев Советского Союза и Российской Федерации МБОУ СОШ № 73 г. Ижевска. Но это не значит, что при закрытии и оптимизации учебных заведений в начале XXI века (как это произошло со школой в д. Ожги) ценный материал об истории нашего народа должен быть утерян. В одном из интервью сотрудник Государственного мемориального музея им А. В. Суворова г. Санкт-Петербурга сказал: «Грустно, что сегодняшние дети знают героя Бетмэна, Человека-Паука и не знают подвигов полководца А. Суворова и героев своего государства» ...

#### Список литературы

1. Евдокимов, Г. П. 300 вылетов за линию фронта. – Устинов: Удмуртия, 1987. – 2-е изд. – 184 с.
2. Письма, фотографии Г. П. Евдокимова: материал собран в 2022 г. // Архив автора.

УДК 378.147.016:621.3.01

**А. В. Чайников, Е. А. Басуматорова**  
*ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, г. Тюмень*

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»**

Исследуются вопросы улучшения существующей системы образования и те вызовы, которые встают перед ней. Приведена аналогия с использованием информационных технологий обучения английскому языку и пример того, как можно использовать такой подход в обучении теоретическим основам электротехники. Рассмотрены некоторые проблемы современной системы образования и возможные пути их решения. Разработана небольшая демонстрационная программа, где показан принцип работы закона Ома для полной цепи.

Информационные технологии уже давно прочно вошли в нашу жизнь и проникли практически во все сферы нашего бытия, то же самое касается и обучения в государственных и негосударственных образовательных организациях. Везде применяет-

ся элементы онлайн или дистанционного образования. По разным предметам сегодня существует огромное количество информационных платформ, где можно изучать нужную вам дисциплину.

Очень яркий тому пример английский язык. Сегодня есть огромное количество образовательных платформ на коммерческой основе, обучающих английскому языку и в своей основе применяющих различные методики. Обучение благодаря информационным технологиям стало очень интерактивным, появилось много возможностей один и тот же пример какого-то процесса или явления отобразить разными способами и сделать это максимально понятным для большинства посредством аналогий. Сегодня такой подход используется отчасти на образовательных платформах школьного обучения, но не все платформы его используют. В стороне также остались и университеты, которые сегодня преподают материал в том же формате, который был заложен еще очень давно. То есть, по сути, высшее и средне специальное образование осталось примерно на том же уровне. Однако цифровизация коснулась также и этой ступени образования, ведь в эпоху пандемии пришлось из-за ограничений использовать платформы видеоконференций и системы тестирования студентов. В целом сегодня такая тенденция наблюдается из-за модернизации общества и неспособности системы образования удовлетворить нужды общества [1].

В целом отмечается негативная тенденция в реформировании образования, которая проявляется в падении заработной платы преподавателям, активной бюрократизации образования [2].

То есть, по сути, сегодня происходит очень интересная ситуация, когда нам нужны хорошие специалисты, которые разбираются в своей области, но по факту мы видим тенденцию наоборот – падения уровня образования.

Можно также отметить, что сегодня имеет место тенденция быстрого получения знаний, и часто можно встретить такое суждение: зачем мне тратить свое время на лекцию, я лучше поработаю и получу практический опыт [2].

Такая же тенденция наблюдается и в сфере обучения инженерным направлениям, таким, как «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехника в АПК» в ГАУ Северного Зауралья. Также есть важные дисциплины, которые являются основополагающими для данного направления, например, ТОЭ (теоретические основы электротехники), в которой проходят-

ся основные законы и теории цепей, расчет цепей. Но для освоения данной дисциплины, которая очень важна для студентов, нет информационных платформ, с помощью которых можно было бы освоить данную дисциплину и сделать ее более понятной. Однако для этой дисциплины есть онлайн-калькуляторы, в которых можно построить заданную цепь, ввести данные, и она, по сути, рассчитает все за вас. По сути, студенты, даже не разбираясь в предмете, могут просто решить нужную задачу. То есть высшее образование по своей сути становится на один уровень со средним специальным образованием. Мы готовим специалистов, которые просто будут выполнять какие-то механические действия по инструкциям, и очень малая часть, возможно, останется дальше разрабатывать новшества и развивать науку [3].

Решили провести небольшой эксперимент и попробовали сделать показательную программу с простой последовательной электрической цепью. В ней два резистора – один с постоянным сопротивлением, другой – с переменным, вверху, в левом углу, находятся основные показатели цепи, такие, как напряжение на резисторах и сила тока в цепи. Данная программа характеризует изменение силы тока в цепи с постоянным током при их изменении сопротивления на одном из резисторов с помощью регулирования, находящегося над резистором [4] (рис. 1).

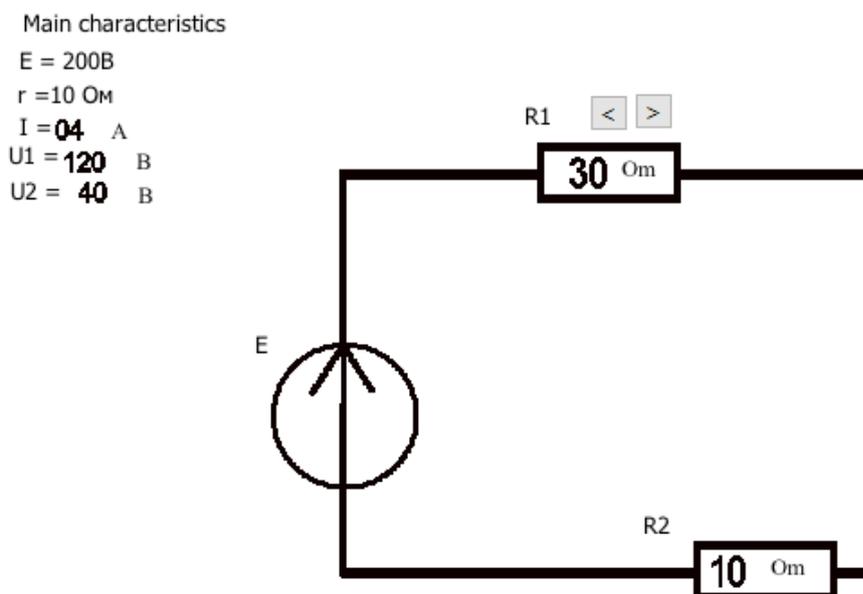


Рисунок 1 – Схема с источником ЭДС и сопротивлением в программе

Нужно также сделать поправку на то, что это демонстрационный вариант, в котором округление идет сразу до целых чисел,

из-за этого могут быть неточности в вычислении основных характеристик при проверке данной схемы.

**Вывод.** На сегодняшний день система образования сталкивается с новыми вызовами, которые необходимо учесть, иначе мы будем получать низкоквалифицированные кадры, что может негативно повлиять и на преподавателей, которые преподавали эту дисциплину на протяжении многих лет, а теперь она не интересует студентов, что, конечно, достаточно печально.

В нашей стране сегодня нужны высококлассные специалисты практически во всех областях. Упор на обучение студентов с помощью информационных технологий достаточно удобен и вполне может быть легко связан с очным обучением по схеме: студенты в приложении или на сайте учат теорию и выполняют задания, изучают процессы и материал, а в университет приходят за получением практических знаний, работой, связанной с их сферой, в данной случае – за изучением электротехники, электрооборудования. Можно ввести для студентов курс электроники. Сегодня при помощи различных платформ, таких, как Arduino, это может стать очень актуальным. Данный подход может решить проблему заинтересованности студентов в посещении университета.

#### Список литературы

1. Карманова, Д. А. Кризис российского высшего образования: к проблеме аспектизации / Д. А. Карманова // Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований. – 2012. – № 1. – С. 12–17.
2. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учебное пособие / Г. И. Атабеков. – 7-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2009. – 592 с.
3. Башарин, С. А. Теоретические основы электротехники: Теория электрических цепей и электромагнитного поля: учеб. пособ. для студ. вузов / С. А. Башарин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Академия, 2010. – 368 с.
4. Бутырин, П. А. Теоретические основы электротехники. Интернет-тестирование базовых знаний / П. А. Бутырин, Н. В. Коровкин. – Москва: Лань, 2012. – 336 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

---

**Л. А. Пантелеева**

Виталий Александрович Носков . . . . . 3

### АВТОМАТИКА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**П. Б. Акмаров, Е. П. Акмаров**

Перспективы применения компьютерной фотоплетизмографии  
в диагностике заболеваний животных . . . . . 14

**И. А. Баранова, А. И. Батулин,**

**К. А. Батурина, И. О. Комаров**

Применение нейронных сетей  
для решения задач электроэнергетики . . . . . 19

**И. А. Баранова, А. И. Батулин, К. А. Батурина**

Разработка нейронной сети  
для диагностирования подшипникового узла . . . . . 25

**И. Я. Корепанов, Н. П. Кондратьева**

Применение и перспективы развития цифровых технологий  
в агропромышленном комплексе . . . . . 31

**В. И. Орехова, М. С. Карпенко**

Автоматизированные системы  
орошения виноградников на Кубани . . . . . 36

**Д. В. Стрелков, Л. А. Пантелеева**

Применение и перспективы развития компьютерных  
технологий в сфере молочного животноводства . . . . . 41

**А. А. Хохряков, Л. А. Пантелеева**

Применение и перспективы развития компьютерных  
технологий в комбикормовой промышленности . . . . . 46

### ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И СВЕТОТЕХНИКА

**Н. Г. Архипов, Е. А. Басуматорова**

Регулирование симметрии напряжения  
у потребителей . . . . . 53

<b>Н. Г. Архипов, Е. А. Басуматорова</b> Способы обнаружения повреждений на воздушных линиях . . . . .	58
<b>С. М. Бакиров, Т. А. Широбокова, Н. А. Шихова, А. Н. Бронников</b> Повышение эффективности осветительных приборов на основе светодиодов. Качественный материал подложки как один из способов . . . .	61
<b>Д. А. Васильев, А. Р. Киршин</b> Универсальный стенд для исследования схемы соединения трансформаторов тока и реле . . . . .	64
<b>А. А. Верзилин, С. В. Бахтеев</b> Исследование переходных процессов при питании асинхронных электродвигателей от электрогенераторных установок . . . . .	70
<b>Е. В. Дубовцев, Л. А. Пантелеева</b> Перспективы применения интеллектуальных приборов учета электроэнергии . . . . .	75
<b>А. Г. Злобин, Л. А. Пантелеева, Т. А. Широбокова</b> Разработка системы уличного освещения на базе Удмуртского ГАУ с использованием автоматических средств управления . . . . .	78
<b>Р. В. Кривощев, Л. А. Пантелеева</b> Анализ неисправностей вакуумных выключателей . . . . .	82
<b>М. Л. Кривощекова, Л. А. Пантелеева</b> Системы накопления электрической энергии как средство повышения качества электроснабжения . . . . .	88
<b>К. В. Мартынов, Р. И. Гаврилов, А. Р. Киршин</b> Применение переключений совмещённой обмотки статора асинхронного двигателя . . . . .	93
<b>П. А. Перевозчиков, Л. А. Пантелеева</b> Проблема использования ветровых ресурсов на территории Удмуртской Республики в качестве возобновляемого источника энергии . . . . .	100

**Т. А. Широбокова, Л. А. Шувалова, И. А. Кибардин**  
Оценка надежности электроснабжения  
с применением реклоузеров на примере фидера 10 кВ . . . . .104

**Р. В. Эжбаев, Л. А. Пантелеева**  
Прокалывающий ответвительный зажим  
для самонесущего изолированного провода (СИП) . . . . .114

## **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**

**А. П. Антонов, Р. И. Гаврилов**  
Проблемы использования технологий озонирования  
в сельском хозяйстве . . . . .117

**Л. П. Артамонова, А. Н. Шмидт**  
Энергоэффективные технологии снижения  
тепловых потерь в котельной . . . . .123

**И. А. Благодатских, С. И. Юран**  
Эмпирическое исследование факторов,  
воздействующих на работу устройства  
для проведения электрохимической активации . . . . .126

**А. А. Братчикова, И. П. Лембак,  
Е. В. Дресвянникова**  
Проведение энергоаудита на примере населенного пункта  
д. Новое Заполье Пермского района Пермского края . . . . .132

**И. Р. Владыкин, М. А. Иванов, А. Н. Хардин**  
Исследование режимов работы  
электрооборудования подкормки растений  
углекислым газом в защищенном грунте . . . . .136

**П. Л. Лекомцев, Е. В. Дресвянникова,  
Л. Н. Прокопьев**  
Аэрозольные технологии  
и возможности их применения . . . . .144

**Н. Л. Олин, И. В. Баженов, А. М. Ниязов,  
Р. И. Гаврилов, М. Л. Шавкунов**  
Схемотехника микропроцессорных устройств  
в системах управления технологическими процессами . . . . .149

<b>П. Н. Покоев, Л. А. Пантелеева</b> Исследование намагничивающей силы трансформатора . . . . .	153
<b>И. Г. Поспелова, Т. А. Широбокова, И. В. Титов, С. А. Холмогоров</b> Экономическая эффективность применения установки для обеззараживания почвы . . . . .	158
<b>Л. Н. Прокопьев, М. Л. Шавкунов</b> Анализ способов очистки воды электрохимическим методом . . . . .	161
<b>Н. С. Тронин, Е. В. Дресвянникова</b> Лазерная стимуляция семян . . . . .	165
<b>И. А. Чирков, Л. Н. Прокопьев, Л. А. Пантелеева</b> Проблема использования твердых бытовых отходов в качестве источника электроэнергии. . . . .	172
<b>Д. Н. Чукарев, И. А. Баранова</b> Энергосберегающие технологии в АПК . . . . .	174
<b>Е. А. Шкляев</b> Эксплуатация котельных установок, проблемы и пути их решения . . . . .	179

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ГУМАНИТАРНЫХ НАУК**

<b>И. В. Баженов, Е. Н. Гусенников, А. М. Ниязов</b> Повышение уровня мотивации обучения у студентов с использованием игровых технологий . . . . .	184
<b>А. Г. Ефремов, Р. И. Иванов, И. Р. Владыкин</b> Научно-исследовательская работа студентов на младших курсах аграрных вузов как фактор развития внутренней учебной мотивации . . . . .	190
<b>Н. М. Зайцев, И. А. Чирков, Л. П. Артамонова</b> Экология digital-среды образования: риски и перспективы . . . . .	195

<b>М. Ю. Красноперов, П. А. Маркионов, Л. А. Пантелеева</b>	
Воспитательные возможности тестов в формировании интереса к обучению . . . . .	.199
<b>А. Д. Кузнецов, И. А. Кибардин, И. А. Мухина</b>	
Современные подходы к исследованию педагогической деятельности как профессиональной . . . . .	.204
<b>П. А. Перевозчиков, И. П. Колотов, П. Л. Лекомцев</b>	
Роль педагога и педагогической деятельности в формировании личности студента. . . . .	.209
<b>С. И. Платонова</b>	
Социальный факт: онтологические и методологические координаты . . . . .	.214
<b>М. П. Прокашев, П. А. Пронькин, И. Р. Владыкин</b>	
Формы контроля в дистанционном обучении . . . . .	.219
<b>Л. В. Смирнова, Д. П. Шихова</b>	
Сохраним историческую память для потомков: Герой Советского Союза Г. П. Евдокимов . . . . .	.224
<b>А. В. Чайников, Е. А. Басуматорова</b>	
Информационные технологии в обучении дисциплине «Теоретические основы электротехники» . . . . .	.227

*Научное издание*

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

Материалы Национальной научно-практической конференции,  
посвященной памяти кандидата технических наук, доцента  
Виталия Александровича Носкова

*20 декабря 2022 года  
г. Ижевск*

Редактор И. М. Мерзлякова  
Компьютерная верстка А. А. Волкова

Подписано в печать 27.12.2022 г. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 13,7. Уч.-изд. л. 10,7.  
Тираж 300 экз. (первый завод 45 экз.). Заказ № 8624.  
Отпечатано в УдГАУ  
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.