

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК

*Материалы
всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
(Благовещенск, 19 февраля 2020 г.)*

Благовещенск
Издательство
Дальневосточного государственного аграрного университета
2020

УДК 631.371:620.9
ББК 31+40.7
А43

Печатается по решению
оргкомитета конференции
(Протокол №7 от 16.03.2020 г.)

Редакционная коллегия:

Бородин М.В., канд.техн.наук, доцент кафедры электро-снабжения, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия;

Григорьев Д.А., канд.техн.наук, зав.кафедрой технического обеспечения производства и переработки продукции животноводства, УО Гродненский ГАУ, г. Гродно, Республика Беларусь;

Пустовая О.А., канд.с-х.наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Россия;

Наумов И.В., профессор, Иркутский ГАУ им. А.А.Ежевского, г. Иркутск, Россия

А43 Актуальные вопросы энергетики в АПК : матер. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Благовещенск, 19 фев. 2020 г.). – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2020. – 179, [1] с.

ISBN 978-5-9642-0430-5

Рассмотрены вопросы использования новых материалов и аппаратов в энергетике, использование нетрадиционных источников энергии, проблемы эксплуатации электрооборудования в энергетической сфере.

Предназначен для преподавателей, студентов и аспирантов высших учебных заведений, обучающихся по инженерным специальностям.

УДК 631.371:620.9
ББК 31+40.7

ISBN 978-5-9642-0430-5 © ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, 2020
© Издательство Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Оценка перспектив использования ресурсов животноводства, Республики Тыва и Амурской области в качестве источника нетрадиционной энергии <i>Пустовая О.А., Ондар А.М.</i>	6
Развитие биоэнергетической промышленности <i>Хурсинов А.В., Варквасов М.Х.</i>	11
Использование вторичных энергетических ресурсов <i>Фианшиев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х.</i>	17
Необходимость разработки информационных систем учета ремонтов и технического обслуживания оборудования в энергетике <i>Скрипко О.В., Гордиенко А.К., Ткачева А.А.</i>	21
Повышение эффективности использования ветроэнергетических установок <i>Корнилов Д.А.</i>	26
Исследование систем возобновляемых источников энергии для сельскохозяйственного производства и быта населения в Республике Тыва <i>Монгуш Д.А., Черемисина С.А.</i>	30
Автоматизированная система охлаждения узлов гидроагрегатов на Зейской ГЭС <i>Карпова Т.В.</i>	35
Исследование эффективности наружного освещения в студенческом городке в ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ <i>Назытты Б.В., Черемисина С.А.</i>	41
Анализ показателей потребления электроэнергии двухтарифного счетчика в частном доме <i>Соболева Н.В., Ляшенко Т.А., Черемисина С.А.</i>	46
Современные тенденции развития технологий хранения энергии <i>Серёда Н.В.</i>	49
О системах управления ресурсами предприятия <i>Илюхина Т.А., Сергеева В.В.</i>	53

Применение частотного преобразователя для управления конвейером подачи угля в котельной <i>Светличный С.В.</i>	56
Оценка закона вероятности распределения ветроэнергетических ресурсов северной зоны Амурской области <i>Пустовая О.А., Пустовой Е.А.</i> , ...	63
Технологии аккумулирования и хранения энергии и перспектива их использования в Амурской области <i>Проценко П.П., Калашиников И.К.</i>	67
Анализ возможности создания биогазовых установок в Амурской области <i>Проценко П.П., Николаева Т.А.</i>	73
К вопросу выбора электродов для электротехнологической обработки воды на животноводческой ферме <i>Прищепов М.А., Григорьев Р.Д.</i>	80
Кондиционирование теплоносителя в системе распылительной суши, с целью экономии тепло-энергетических ресурсов <i>Леонович И.С., Раицкий Г.Е.</i>	86
Использование низкопотенциальной гидравлической энергии <i>Кушаев С.Х., Лихов А.М.</i>	93
Оптимизация энергетических затрат транспортного средства по скорости движения <i>Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Кузнецов Е.Е.</i>	97
Оптимизация гелиотеплиц в КБГ <i>Макуашев И.О.</i>	103
Анализ применения инновационных технологий электрооборудования для модернизации электрических сетей <i>Великий И.С., Горбунова Л.Н.</i>	111
Перспективы строительства микрогидроэлектростанций <i>Геграев А.М., Лобжанидзе Г.В.</i>	117
Влияние несимметрии напряжений в электрической сети 0,38 кВ на характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя <i>Наумов И.В., Шевченко М.В., Воякин С.Н.</i>	121
Использование программных комплексов для тестирования микропроцессорных терминалов на работоспособность по МЭК 61850 <i>Воробьев Е.С., Глазырин А.В.</i>	139

Требования к функциональным возможностям трансформаторных подстанций ТП 6...20/0,4 КВ в структуре интеллектуальных электрических сетей <i>Виноградов А.В., Сорокин Н.С.</i>	143
Описание аварийного режима работы демонстрационно-лабораторного стенда «Интеллектуальные электрические сети на основе мультиконтактных коммутационных систем» при повреждении между коммутационными аппаратами АВР-П, СПАВР, 1МКССМ-8-4В <i>Виноградов А.В., Лансберг А.А., Панфилов А.А.</i>	149
Расчёт температурных полей и установленной мощности дополнительных источников теплоты при подогреве сырья в биогазовом реакторе <i>Вендин С.В., Мамонтов А.Ю.</i>	155
Источники низкопотенциальной теплоты <i>Балкаров Х.А., Коков М.С.</i>	159
Надёжность энергетических систем <i>Байсултанов Р.С., Мальбахов М.Р.</i>	165
Влияние коррозионных повреждений на надежное функционирование тепловых сетей <i>Артюшевская Е.Ю.</i>	168
Экономия тепловой энергии конденсата насыщенного водяного пара при сушке продуктов <i>Раицкий Г.Е., Леонович И.С.</i>	172

УДК 620.97
ГРНТИ 44.09.37

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ЖИВОТНОВОДСТВА, РЕСПУБЛИКИ ТЫВА И АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГИИ

Пустовая О.А. доцент, канд. с-х. наук;
Ондар А.М., студент 2 курса магистратуры,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Россия

В статье проведен анализ количества произведенного биогаза, электроэнергии и тепловой энергии за счет использования ресурсов животноводства в Республике Тыва и Амурской области в период 2016-2019 годов включительно и охарактеризован способ содержания домашнего скота.

На сегодняшний день без источника энергии жизнь человека невозможно представить, в связи с этим энергетика играет важнейший роль отраслью народного и сельского хозяйства.

Под нетрадиционной энергетикой следует понимать ресурсы, которые невозможно исчерпать, потому что они объективная природная данность. Нетрадиционные источники энергии - это экологически чистые, возобновляемые ресурсы, при преобразовании которых, человек получает тепловую и электрическую энергию, используемую своих нужд. К таким источникам относятся энергия солнца и ветра, воды рек и морей, а также биоэнергетика на основе возобновляемых биологических ресурсов.

Энергетика, направленная сельские районы должна благоприятствовать использованию источников энергии, действующих на недорогих природных и возобновляемых видах топлива. Устойчивое развитие сельских районов коммутирована со спросом на энергию и предложением, стимулированием процесса экологически безопасной и экономичной перестройки системы теплоэнергоснабжения сельских территорий. Это

решает переход к диверсифицированным источникам энергии, гарантируя использование альтернативных и возобновляемых ресурсов.

Энергетическая система Республики Тыва входит в объединенную энергосистему Сибири, Амурской области входит в группу РусГидро. Основными электрогенерирующими мощностями в Туве является «Кызылская ТЭЦ» (ТГК-13) и дизельные электростанции, в Амурской области «Бурейская ГЭС», «Зейская ГЭС», «Свободненская ТЭЦ», «Нижне-Бурейская ГЭС», «Благовещенская ТЭЦ», «Райчихинская ГРЭС». На сегодняшний день в Республике Тыва практически отсутствует крупные генерирующие мощности нежеле, чем в Амурской области, поэтому энергосистема в Туве является энергодефицитной. Солнечные панели в Республике Тыва в рамках программы развития села, «Кыштаг для молодой семьи», «Солнечная юрта» и развития малого бизнеса на территории Тыва есть альтернативные источники питания такие как; микроГЭС в с.Тоолайлыг, в Мугур-Аксы построили гибридную солнечно-дизельную станцию компании «ХЕВЕЛ» на 400 кВт и на 150 кВт для с.Кызыл-Хая. В Амурской области впервые в отечественной электроэнергетике на территории ГЭС установлены солнечные панели. Их ввели в эксплуатацию на Нижне-Бурейской ГЭС, общая мощностью составит 1275 кВт. Солнечные модули производства компании «ХЕВЕЛ» будут вырабатывать 1,4 млн кВт·ч электроэнергии в год.

Наиболее эффективными возобновляемым источником энергии для сельскохозяйственных производителей является использование биогазовых установок, получаемый из органического любого вида. Производство биогаза отличают повсеместная доступность ресурсов и возможность их накопления, возможность производства органических удобрений как часть технологического процесса, утилизация вредных выбросов и отсутствие эмиссии парников газов. На территории Республики Тыва и Амурской области биогазовые установки не получили широкого распространения. По данным 2020 года в Тыве биогазовых установок нет, а в Амурской области фактически имеются единичные экземпляры у частных производителей и фермерских хозяйствах.

Таблица 1

**Выход фракций при переработке отходов в биогазовой установке
(1 сентября 2019 года), для Амурской области**

Наименование	Поголовье, гол	Суточный выход биомассы с учетом подстилки, тыс.кг·гол	Масса сухого вещества, тыс.кг·гол	Выход биогаза, м³/сут
Крупный рогатый скот	80292	3613,14	1445,4	925
Свиньи	55820	279,1	111,6	71,4
Овцы и козы	22251	623,02	249,2	159,5
итого	158363	4515,26	1806,2	1155,9

Таблица 2

**Выход фракций при переработке отходов в биогазовой установке
(1 сентября 2019 года), для Республики Тыва**

Наименование	Поголовье, гол	Суточный выход биомассы с учетом подстилки, тыс.кг·гол	Масса сухого вещества, тыс.кг·гол	Выход биогаза, м³/сут
Крупный рогатый скот	171085	7698,82	3079,5	1970,88
Свиньи	11137	55,6	22,2	14,2
Овцы и козы	1311489	36721,69	14688,676	9400,7
итого	1339711	44476,11	17790,4	11385,8

В Амурской области как показывает на рисунке 1, наиболее перспективными для использования биогаза в качестве источника тепла и электроэнергии является поголовье КРС, в таблице 1 самый высокий показатель выход фракций при переработке отходов в биогазовой установке для КРС составляет 1970,88 м³/сут.

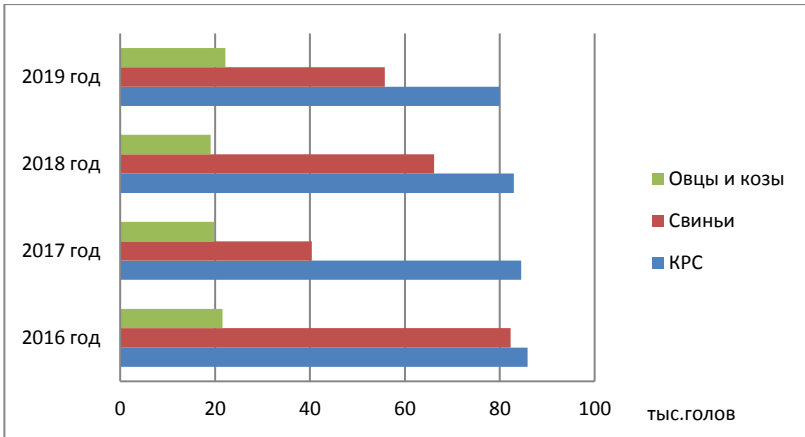


Рис. 1- Поголовье скота в Амурской области в период по 2016-2019 г.

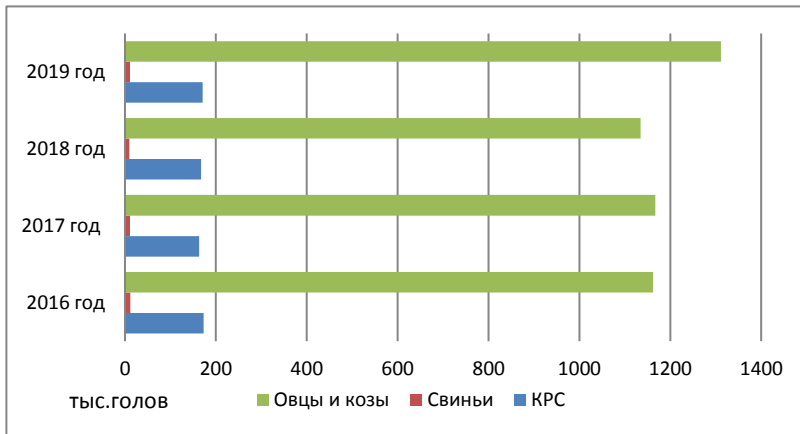


Рис. 2. Поголовье скота в Республике Тыва в период по 2016-2019 г.

По данным рисунка 2, преобладающим хозяйством в Республике Тыва является овцеводство, в таблице 2 самый высокий показатель выход фракций при переработке отходов в биогазовой установке для мелкого рогатого скота составляет 9400,7 м³/сут. В целом суммарный энергетический потенциал отходов сельского хозяйства в Туве может составлять 11385,8 м³/сут, или же около порядка трети ТЭБ республики. Основную

массу данных отходов составляет навоз мелкого рогатого скота, тем не менее реализация в условиях Тывы затруднена и сталкивается с рядом технологических и производственных рисков и ограничений. Это связано с малым размером хозяйства республики, кочевым характером сельскохозяйственного производства и климатическими критериям региона.

Мобильные биогазовые установки малой мощности, высшей степенью подвержены воздействию низких температур для двух регионов. Связано отсутствием достаточного уровня герметичности и теплоизоляции, собственно, что условиях резко-континентальных зим Тывы и Амурской области может привести к остановке процесса метанового брожения и выхода установки из строя. Сравнительно малые габариты биогазовой установки, перемещение ее между чабанскими стоянками весьма, проблемно и затруднительно. Пастбищная форма животноводства не позволяет эффективно снабжать такую установку сырьем.

В сегменте крупных промышленных биогазовых установок экономически эффективными являются биогазовые установки мощностью от 300 кВт или 40 т органических отходов в сутки, что эквивалентно ежедневным отходам отары поголовьем 15-17 тыс. овец стойлового содержания с системой автоматического удаления отходов. В республике на сегодняшний день таких хозяйств нет. Использование биогазовых технологий является пока малорентабельным. На территории Амурской области развивается животноводческие проекты по строительству больших мегаферм, то количество отходов животноводства будет весьма увеличиваться. В будущем использование крупных биогазовых установок могут пригодиться для увеличения энергии тепла и электроэнергии в сельском хозяйстве области.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. Раздел № С. 33-34 [электрон. тестовые данные]. – Режим доступа: minenergo.gov.ru/node/1920 (дата обращения: 11.02.2020).

2. Осмонов О.М. Расчет биоэнергетической установки: Методические указания / Москва, Изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 68 с.

3. Козелков О.В., Усачев С.С. Некоторые аспекты применения возобновляемых источников энергии в современной российской энергетической отрасли // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2016. – №1 (29). – С. 97-104.

4. Поголовье сельскохозяйственных животных в 2016 году. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Москва. ИИЦ «Статистика России», Том 5. 441 с.

УДК 631.95+620.97

ГРНТИ 68.01.91

РАЗВИТИЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Хурсинов А.В., Варквасов М.Х., магистранты 1 курса,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик**

Для создания материально-технической базы необходимо широкое внедрение новой техники, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, специализация и кооперирование во всех отраслях, с использованием отходов сельскохозяйственного производства, занимающих большое место среди возобновляемых местных энергетических ресурсов.

Растительные и животные отходы сельскохозяйственного производства занимают большое место среди постоянно возобновляемых местных энергетических ресурсов. Их использование в энергетических целях далеко от неотъемлемых возможностей. Основным недостатком такого использования органических сельскохозяйственных отходов является потеря значительной части содержащихся в них удобрений, что создает фундаментальное противоречие между интересами сельского хозяйства и сельской энергии. Сжигание органических отходов использует мощные средства для повышения урожайности. А поскольку последние также используются в качестве корма для животных, этот метод утилизации приводит к снижению

продуктивности животных. В связи с этим это противоречие приводит к тому, что агрохимикаты и агробиологи справедливо встают против таких отходов и требуют, чтобы органические отходы были доступны для сельского хозяйства. Это делается на передовых заводах, но в этом случае необходимо закупать дорогостоящее импортное топливо для удовлетворения тепловых потребностей.

Следует также отметить, что методы, обычно используемые в сельском хозяйстве для обработки органических отходов для внесения в поля в виде удобрений, связаны с большими потерями химической энергии, которые накапливаются в них. Эти технологические потери проявляются в нагреве навоза или массы компоста, которая накапливается при его микробном разложении, и в виде газов, которые выбрасываются в атмосферу [1,2].

Питательная среда обеспечивает жизнедеятельность, рост и развитие биообъектов, эффективный синтез целевого продукта. Неотъемлемой частью питательной среды служит вода, все процессы жизнедеятельности протекают только в водной среде. Питательные вещества образуют в среде истинные (минеральные соли, сахара, аминокислоты, карбоновые кислоты, спирты, альдегиды и т. д.) или коллоидные (белки, липиды, неорганические соединения типа гидроксида железа) растворы. Отдельные компоненты питательной среды могут находиться в твёрдом агрегатном состоянии – они могут всплывать на поверхность раствора (частицы угля, серы), равномерно распределяется по всему объему в виде взвеси или образовывать в придонный осадок. Жидкие углеводороды при внесении в воду формируют особую не смешивающуюся фазу. При твердофазном культивировании вода только увлажняет твёрдую поверхность субстрата. Вещества, необходимые для культивирования, могут представлять собой газы, растворенного в воде: хорошо (NH_3 , H_2S), умеренно (CO_2) или плохо (N_2 , O_2 , H_2 , CH_4).

Культуральные среды могут иметь неопределенный состав, т.е. биогенные (растительные, животные, микробные) добавки - мясной экстракт, кукурузная мука, водоросли). Также используются среды, которые изготовлены из чистых химических соединений в заданных пропорциях, так называемые

синтетические среды. Смесь веществ обычно вводят в дистиллированную (иногда дважды дистиллированную) воду.

Оба типа носителей имеют свои преимущества и недостатки. С экономической точки зрения наиболее целесообразно использовать натуральное, более дешевое сырье вместо смеси веществ, получаемых в чистом виде. Однако только использование средств точно определенного состава позволяет точно регистрировать и регулировать процессы, происходящие в биореакторе, для достижения их оптимизации. Компромиссным подходом является использование полусинтетических сред, которые содержат биогенные добавки вместе с соединениями известной химической природы. Компонентный состав сред зависит от пищевых потребностей биообъекта. Автотрофные организмы синтезируют органические вещества клеток из CO_2 и H_2O с утилизацией энергии света (фотоавтотрофы) или химических реакций окисления (хемоавтотрофы), поэтому питательные среды для таких биообъектов могут не содержать органических соединений. Очень простые по составу среды необходимые для культивирования цианобактерий: источником энергии служит свет, углерода – CO_2 (или карбонат), азота N_2 - атмосферы (многие цианобактерии способны к его усвоению). Смесь минеральных добавок в последние годы вносят в виде тех или иных комбинаций из сельскохозяйственных удобрений [3,4].

Простой рецепт для получения среды также относится к гемоавтотрофным организмам, которые вызывают окисление металлов в рудах и тем самым приводят их в растворимое состояние (выщелачивание металлов из руд). Камень, из которого должно быть извлечено оставшееся количество ценного металла, выливается в воду, и соответствующие микроорганизмы развиваются в породе без каких-либо дополнительных добавок.

Многие разработки используют биообъекты, которые требуют органического углерода и (или) источников энергии. Такие организмы раньше назывались гетеротрофами, но сегодня они подразделяются на органо-автотрофы (использующие органические вещества в качестве источников энергии), литогетеротрофы (использующие органические вещества в качестве источников углерода) и органогетеротрофы, для которых органическими веществами являются углерод.

Органические вещества, используемые в биотехнологии, разнообразны и отражают особенности системы и критерии технологической и экономической целесообразности.

С технической и экономической точки зрения субстрат является сырьем для получения целевого продукта. Сырье должно быть дефицитным, недорогим, максимально простым и доступным. Они также используют дорогое сырье, но в этом случае им приходится покрывать расходы, связанные с продажей продукта [5].

Большое внимание уделяется различным видам растительной массы: фруктам, сокам, клубням, травяной массе, древесине. Они используют отходы сельского хозяйства, деревообработки и бумажной промышленности, что означает, что принципы безотходного производства могут быть реализованы с использованием биотехнологий [6.7].

Биотехнология не ограничивается использованием растительных отходов. Биотехнологические цепочки имеют тенденцию образовываться, когда отходы или побочные продукты одного биотехнологического процесса используются в качестве дешевого сырья для другого. Кормовые дрожжи можно выращивать на отходах, оставшихся от микробиологического производства этанола. Был разработан способ получения биомассы, в котором дрожжи выращивают на гидролизатах растительного материала, а затем фильтрат культуральной жидкости используют для синтеза грибкового белка.

Биотехнологические процессы принципиально не отличаются от процессов химического синтеза. Они характеризуются такими стадиями, как загрузка субстратов для реакции синтеза, конверсия субстратов, отделение и очистка целевого продукта. Оба типа процессов могут быть прерывистыми и непрерывными. Существуют принципы, которые являются общими по своей форме, но отличаются по своей практической реализации. В первую очередь, это принцип масштабирования – поэтапного увеличения объема аппаратов и принцип однородности физико-химических условий – температуры, pH, концентрации растворенных веществ, включая O_2 и другие газы, во всём объёме аппарата.

В биотехнологических процессах нередко используют реакторы для химического синтеза, что, однако, порождает серьезные проблемы. Нередко терпят неудачу попытки непосредственно применить в области биотехнологии уравнения для расчета параметров процесса, разработанные для химической технологии. Специфика биотехнологических процессов состоит в том, что в них принимают участие живые клетки, субклеточные структуры или выделенные из клеток ферменты и их комплексы. Это оказывает существенное влияние на процессы массопередачи - обмена веществом между различными фазами (например, перенос кислорода из газовой фазы в жидкую) и теплообмена - перераспределения тепловой энергии между взаимодействующими фазами. Поэтому важной составной частью биореактора является система перемешивания, служащая для обеспечения однородности условий в аппарате, эффективной массопередачи между водной фазой в биореакторе и пузырьками газа или частицами твердого субстрата, между культуральной жидкостью и культивируемыми клетками, а также в пределах жидкости между её различными слоями.

Расчет системы перемешивания требует четкого понимания особых свойств среды в биореакторе. Клетки, которые часто связаны в длинные цепи и, в частности, гифы из грибов или актиномицетов, значительно увеличивают вязкость среды. Кроме того, жидкость, которая содержит, так сказать, нитевидную формацию, получает жесткое усиление. Усилия ниже определенного порогового значения, приложенного в такой жидкости (например, давление лопасти), не вызовут смешивания. Это свойство не характерно для жидких сред, которые не содержат органический объект. Поэтому биотехнология предъявляет особые требования к системе смешивания, в частности, необходимо значительно повысить производительность смесителя.

Увеличение мощности и, соответственно, ускорение вращения смесителя вызывают еще одну проблему. Прилагая значительные усилия к жидкости, можно подавить рост биологического объекта, снизить эффективность синтеза целевого продукта, повредить и гибель клеток.

Список литературы

1. Фиापшев А.Г., Кильчукова О.Х., Хамоков М.М. Биогазовая установка для малых предприятий. Научно-производственный журнал «Сельский механизатор». №2, 2017 г., стр. 18-19.
2. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Хамоков М.М. Биогазовая установка для сельскохозяйственных предприятий. Научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал «Энергобезопасность и энергосбережение». 2017. № 2. С. 27-29.
3. Патент РФ №2015109021/13(014286), 13.03.2015. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Апажев А.К., Хажметов Л.М., Шекихачев Ю.А., Хамоков М.М и др. Биореактор // Патент России № 152918, 2015. Бюл. № 17.
4. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Хамоков М.М. Экспериментальные исследования модернизированной биогазовой установки. // Материалы Международной научно-практической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М.: ГНУ ВИЭСХ. 2014. Т 4. С.273-278.
5. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Темукуев Т.Б., Хамоков М.М. Энергетическое обоснование использования биогаза. // Научно-теоретический журнал «Известия Горского ГАУ». Владикавказ. 2014. Т 51, №4. С. 207-211.
6. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х. Энергетическая оценка биогазовой установки БГУ-М. // Известия «Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование». Волгоград. 2015. №3(39). С.193-198.
7. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Фиапшев А.Г. Разработка и исследование биореактора для получения биоудобрения и биогаза / Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 2 (40). С. 60-63.

УДК 620.9
ГРНТИ 44.31.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Фиапшев А.Г., канд. техн. наук, доц.;
Хамоков М.М., канд. техн. наук, доц.;
Кильчукова О.Х., ст. преподаватель,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик

Большой интерес для сельского хозяйства представляет тепло охлаждающей воды и отработавших газов на тепловых станциях, а перспективным направлением в снабжении энергетическими ресурсами различных объектов, является применение вторичных энергетических ресурсов.

Промышленные установки и электростанции располагают значительными ресурсами высокотемпературных и низкотемпературных отходов. За счет них можно покрыть часть потребности сельского хозяйства в тепле. Однако реализация этой возможности связана с преодолением многих технических преград. Например, передача на относительно большие расстояния низкотемпературной воды нецелесообразна из-за высокой стоимости тепловых сетей и теплоаккумулирующих емкостей, крупных потерь тепла при транспортировке. Опыт показывает, что территориальная близость источников и потребителей отбросного тепла существенно уменьшает потребление энергии животноводческими фермами, сушилками, парниками и теплицами [1,2].

В стране накоплен известный опыт утилизации тепловых отходов нефтеперерабатывающих заводов. Здесь после охлаждения нефтепродуктов вода имеет температуру 60...85°C, а ее расход достигает 200...1200% количества перерабатываемого сырья; Такая вода пригодна для обогрева теплиц, разных технологических нужд на животноводческих и птицеводческих комплексах, отопления жилых и производственных зданий. На нефтеперерабатывающих предприятиях в атмосферу

выбрасывают много отработанного пара температурой 120...125°C и давлением 0,15 МПа. Его можно использовать для обогрева культивационных сооружений или нагрева воды в бойлерах до температуры 95°C. Эту воду можно транспортировать на расстояние 5...7 км и применять на крупных животноводческих фермах и комплексах.

Можно утилизировать тепло отходящих газов газокompрессорных станций. Современные утилизационные теплообменники позволяют получать теплоноситель с верхним уровнем температуры 150°C.

Практический интерес для сельского хозяйства представляет тепло охлаждающей воды и отработавших газов на тепловых электростанциях. В дизельной установке вместе с отработавшими газами теряется 25...35%, а с охлаждающей водой – 27...40% тепла. На создание этого тепла фактически затрачивают 60...70% сжигаемого топлива. Отработавшие газы можно утилизировать для получения горячей воды, пара и нагретого воздуха. Для этого служат котлы-утилизаторы, которые экономически выгодно устанавливать вместе с двигателями, имеющими мощность 185 кВт и более. Воду нагревают отработавшими газами в теплофикационных экономайзерах. При некоторых электростанциях сооружены теплицы, которые обогревают теплом отходящих газов (рис.). Охлаждающая вода при выходе из двигателей внутреннего сгорания имеет температуру 55...95°C в зависимости от ее качества и нагрузки двигателя. Такую воду применяют для обогрева грунта, теплиц и парников [3,4].

При температуре сбрасываемой воды до 90...95°C на каждый квадратный метр обогреваемой площади теплиц надо 0,8 м² нагревательной поверхности, то есть 3,3 м труб диаметром 76 мм. Если температура воды 60°C, то количество труб возрастет в два раза, а при 40°C – в 3...5 раз [5]. Таким образом, при наличии низкотемпературной воды выгодно вести ее подогрев, затрачивая на это небольшое количество энергии и доводя ее температуру до 60...70°C. Водой, имеющей температуру 50...70°C, можно обогревать парники, пропуская ее через асбоцементные трубы, уложенные в грунте на глубине 60...65 см.

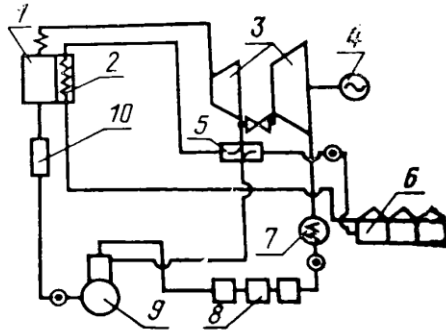


Рис. Теплоснабжение теплиц отходящими газами котельных агрегатов ТЭЦ:

- 1- котел; 2 - экономайзер; 3 - турбина; 4 - генератор;
 5 - пароводяной подогреватель; 6 - теплицы; 7 - конденсатор;
 8 - подогреватели; 9 - деаэрактор; 10 - подогреватель высокого давления.

Во многих случаях в самое холодное время года температура отводимого с водой сбросного тепла электростанций может падать до 8...11°C. На атомных станциях она значительно выше: зимой 18...20°, а летом 35...40°C. Для утилизации этого тепла предложена специальная конструкция теплиц с горизонтальной водонаполненной кровлей, прошли опытно-хозяйственные испытания теплицы с кровлей площадью 50 и 500 м². Создан проект теплицы с кровлей площадью 6000 м². Такая теплица должна обогреваться низкотемпературной охлаждающей водой. Зимой, кроме обогрева теплообменной водой температурой 20...25°C, нужно вести дополнительный обогрев другими средствами, чтобы обеспечить расход тепла, равный 4200...5800 кДж/(м²*ч). Этот расход тепла зимой при наружной температуре - 25...28°C обеспечивается при условии, что за 1 ч на каждый квадратный метр площади теплицы через кровлю проходит 80 л теплообменной воды температурой 30...45°C.

Расчеты показывают, что в теплицах с водонаполненной кровлей расход тепла незначителен и себестоимость овощей не очень высока. Такая теплица при обогреве низкотемпературной обменной водой ТЭЦ с дополнительным вводом тепла расходует

всего 39% условного топлива, затрачиваемого на обогрев традиционной блочной теплицы с собственной котельной.

Как указано выше, использование для нужд сельского хозяйства энергетических отходов промышленных предприятий и электростанций направлено на экономию электрической энергии и топлива. При этом экономию топлива $B_э$ (т/ч) при выработке тепла определяют по формуле

$$B_э = b_э Q_T \sigma = b_э Q_{и},$$

где $b_э$ - удельный расход топлива при выработке тепла на замещающей установке, т/ГДж; Q_T - производство тепла в утилизационной установке за счет энергетических отходов, ГДж/г; σ - коэффициент использования утилизированного тепла; $Q_{и}$ - использование энергетических отходов, ГДж/г.

Список литературы

1. Фиापшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х. Разработка альтернативных источников энергосбережения фермерских хозяйств // Журнал «Владимирский земледелец» №2, 2012.- с. 35-36.
2. Юров А.И., Фиापшев А.Г., Кильчукова О.Х. Ресурсосбережение и экология - стимул экономического роста и основа безопасности жизнедеятельности региона. // Научно-практический журнал «Вестник АПК Ставрополя». – Ставрополь, 2014г. №3(15). стр. 81-86.
3. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Юров А.И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе. // М.: ГНУ ВИЭСХ. Вестник ВИЭСХ. 2014. №4 (17). С. 16-19.
4. Темукуев Т.Б., Фиапшев, А.Г. Экономические и технические механизмы стимулирования энергосбережения. // Нальчик. Полиграфсервис и Т. 2009. С. 84.
5. Патент на изобретение RU2520775C1. Теплообменная панель и способ ее сборки. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Патент на изобретение RU2520775C1, 27.06.2014. Заявка №2013103957/06 от 29.01.2013.

УДК 620:004
ГРНТИ 44.29

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА РЕМОНТОВ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Скрипко О.В., д-р техн. наук, проф.;

Гордиенко А.К., студент;

Ткачева А.А., студент;

**ФГБОУ ВО Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье рассматривается вопрос об использовании информационных систем учета ремонтов и технического обслуживания оборудования в энергетике. Приведен анализ достоинств и недостатков существующих информационных систем.

Информационная система – это взаимосвязанная совокупность средств, способов и персонала, применяемых с целью хранения, обработки и выдачи данных для достижения цели управления. В современных условиях главным технологическим орудием обработки данных считается персональный компьютер.

В энергетике информационная система состоит из двух частей: отраслевой и интеграционной, она специализирована непосредственно для сбора, обработки и сохранения данных о состоянии топливно-энергетического комплекса страны. Информационная система необходима для формирования оперативной информации и служит источником для принятия оптимальных управленческих решений в энергетике, используется мониторинга и планирования событий, анализа тенденций развития топливно-энергетического комплекса в целом [1].

Информационные системы в энергетике применяются и для учета ремонтов и технического обслуживания оборудования. При этом их использование помогает решить множество проблем, связанных с облегчением труда человека.

Ремонт – это совокупность действий по восстановлению исправности или трудоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их сложных частей. Для оборудования на предприятиях тепло и электроэнергетики применяют несколько видов ремонта, различающихся по объему.

Прежде всего – капитальный ремонт, который выполняют для восстановления исправности и полного или близкого к полному ресурсу оборудования со сменой или восстановлением любых его элементов, в том числе базисных.

Наиболее распространён текущий ремонт, то есть ремонт, целью которого является предоставление или возобновление трудоспособности оснащения, путем замены или восстановления изношенных отдельных частей [2].

Существует также понятие средний ремонт – ремонт, который выполняется в объеме, установленном в нормативно-технической документации. Целью среднего ремонта является восстановление исправности и частичное восстановление ресурса оборудования с заменой или восстановлением отдельных составных частей и контролем их технического состояния[2].

Для энергетического комплекса России характерна высокая изношенность оборудования, которая обуславливает большой объем работ по техническому обслуживанию и ремонтам (ТОиР). В связи с чем, одной из основных задач эффективности работы энергогенерирующего предприятия является совершенствование технического обслуживания и ремонтов оборудования.

Ещё один серьезный вопрос для учета оборудования энергетической компании – это недостаток точных данных о номенклатуре, перечне, текущей конфигурации и месте установки оборудования, прежде всего для электрических сетей с удаленными подразделениями [2].

Отсутствие рабочих данных о недочетах или сбоях в работе оборудования приводит к тому, что отклик на возникшие недочеты опаздывает, в результате чего появляются отказы с надлежащими последствиями (внеплановых простоев, значительных затрат на ремонты, которые проводят по факту отказа) [2].

Учитывая эти факторы необходимо создание системы учета на энергетических предприятиях, которая позволит:

- создать единое информационное пространство для всех пользователей системы, с распределением по задачам (техническому обслуживанию и ремонту, системе обеспечения, управлению распределенным складом и т.д.);

- сократить аварийность оборудования за счет проведения своевременного и высококачественного технического обслуживания и ремонта;

- уменьшить трудоемкость технического обслуживания и ремонтов;

- снизить затраты на проведение технического обслуживания и ремонтов;

- сформировать паспорта на основное и вспомогательное оборудование и обеспечить доступ к ним и их коллективное ведение;

- значительно сократить время на сбор и обмен данными, необходимыми для организации ремонта и технического обслуживания между подразделениями и организациями в компании;

- уменьшить время для планирования и учета выполненных работ;

- обеспечить прозрачность процесса управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования для руководителей подразделений и организации без подготовки специальных отчетов.

На сегодняшний день проблема учета ремонтов и технического обслуживания на предприятиях энергетических предприятиях решается путем использования существующих систем, таких как «IC:ToIP» и «NERPA EAM», предназначенные для управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, а также проведения планирования ремонта оборудования различных типов: планово-предупредительный ремонт, текущий ремонт, ремонт по техническому состоянию, капитальный ремонт [3, 4]. Эти системы включают в себя следующие функции:

- учет оснащения и нормативов ремонтных работ;

- отражение передвижения, выбытия оснащения, подсчет гарантийных обязательств изготовителя;

- автоматически создаваемые иерархии предметов ремонта;
- учет характеристик эксплуатации;
- автоматизация ремонтов по состоянию;
- планирование технологического сервиса и ремонтов;
- планирование технологического сервиса и ремонтов с учетом жестких исправительных циклов;
- планирование технического сервиса и ремонтов с учетом остановочных ремонтов;
- управление нарядами и работами;
- управление нарядами и работами с учетом опасных операций, работы высокой угрозы;
- настраиваемые бизнес-процессы;
- система оповещений;
- базовые документы по анализу эффективности ТОиР;
- анализ характеристик эффективности ТОиР с учетом KPI, вероятность расширения списка показателей;

Вместе с тем, данные системы обладают рядом недостатком, которые снижают эффективность их применения в энергетических компаниях. К недостаткам следует отнести:

- отсутствие показателей эффективности процессов поддержания основных фондов, увязывающих достижение стратегических целей компании;
- разделение границ: ТОиР и производства;
- отсутствие формализованных основ развития инвестиционных и ремонтных программ, способов ранжирования инвестиционных проектов и активов, предусматривающих техническое состояние, приоритета единицы оснащения в общем реестре технологической значимости и последствий отказов единицы оснащения. Планирование ремонтов и затрат выполняется как правило исторически по графикам предыдущих периодов;
- низкий уровень автоматизации ремонтных бизнес-процессов (АСУ ТОиР);
- отсутствие объективных данных о техническом состоянии оборудования - нет соответствующих методик и правил оценки;
- решения, связанные с важным комплектом промышленных влияний на производственные активы

принимаются, как правило, концентрированно на высших ступенях руководства с привлечением узкого числа экспертов, непосредственно обслуживающих оборудование;

- отсутствие технологических карт типовых ремонтов и диагностики оборудования и соответственно актуальных трудозатрат (нормативов) на эти работы;

- отсутствие учета материальных и трудозатрат по каждой единице оборудования (как плановых, так и аварийных).

Таким образом, для ликвидации недостатков, обусловленных использованием существующих систем учета технического обслуживания и ремонтов, необходима разработка данной системы применительно к энергетическим предприятиям.

Создание новых информационных систем для энергетических предприятий поможет спланировать графики ремонтных работ, учитывать дефекты, найденные в текущем ремонте, облегчить труд человека, а так же безопасно хранить данные, не боясь утечки информации.

Список литературы

1. Цыцарев, С.Ю. Применение информационных систем управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования в энергетике [Текст] / С.Ю. Цыцарев, А.Н. Богомаз, С.В. Кузнецов // Ползуновский альманах. – 2011. – №2. – С. 119-124.

2. Беляев, Л.А. Комплексный анализ планирования ремонтов оборудования электростанций в генерирующих компаниях [Текст] / Л.А. Беляев, А.С. Заворин, С.А. Косяков, К.С. Кривогузов // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – №4. – С.141-146.

3. 1С:ТОИР как инструмент планирования и проведения технического обслуживания и ремонтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://efsol.ru/articles/toir-article.html>. – Дата обращения: 12.02.2020.

4. Ремонт энергетического оборудования ТЭЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tesiaes.ru/?p=6031>. – Дата обращения: 12.02.2020.

УДК 621.548
ГРНТИ 44.39.29

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

**Корнилов Д.А., магистрант 2 года обучения,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

Составлены задачи, решение которых поможет повысить эффективность использования ветроустановки. Дано обоснование выбора некоторых элементов конструкции.

На территории Амурской области одним из перспективных направлений развития нетрадиционной энергетики для отдельных территорий можно считать использование ветроагрегатов.

Анализ факторов методом корреляции выявил отсутствие связи между солнечной радиацией и суммарной годовой скоростью ветра, а также возможные проблемы использования ветроэнергетических установок на территории Амурской области. Проведённый анализ показал, что использование роторных ветроэнергетических установок на территории Амурской области не эффективно в виду малой среднегодовой скорости ветра. Отдельные периоды с ветрами скоростью более 3,5 м/с наблюдаются только весной или осенью, что ограничивает период использования таких установок.

Другим вариантом можно считать ортогональные установки, для которых решающим фактором считается не скорость ветра, а плотность атмосферы.

Ветроэнергетическая установка (ВУЭ) – комплекс устройств и оборудования, предназначенный для преобразования энергии ветрового потока в другой вид энергии, удобный для практического использования.

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов – это использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем

уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что нам предстоит провести комплекс организационных, технологических и экономических мер, направленных на повышение значения рационального использования ветроэнергетического потенциала Амурской области.

Любая ветроэнергетическая установка включает в себя:

- Лопасти
- Генератор
- Аккумуляторные батареи
- Инвертор
- Коммутационное оборудование

В некоторых случаях может содержать контроллеры, анемоскопы или устройства измерения направления ветра, автоматические регуляторы питания и при необходимости удлинённую мачту. Для повышения эффективности использования ветроагрегата, важно правильно определиться с выбором типа и конструкции лопастей.

Существует множество конструкций ветрогенераторов. Одни из них рассчитаны на максимальную эффективность, другие - неприхотливы в использовании. Ко второй группе относится ротор Савониуса. Сигурд Йоханнес Савониус (1884 - 1931) - изобретатель из Финляндии, получил известность благодаря работам по физике, связанным с изучением энергии ветра. Созданный им около 100 лет назад, он до сих пор с успехом применяется для решения разных технических задач.

Каждый замечал, что при езде на велосипеде воздух создает значительное сопротивление движению. И чем больше скорость, тем выше эта величина. Вторым фактором, влияющим на сопротивление, является площадь сечения тела, на которое воздействует воздушный поток. Но есть еще третья величина, которая связана с геометрией тела. В аэродинамике каждая форма тела имеет коэффициент сопротивления, у выпуклой формы он будет 0,34, у прямой - 1,1, у вогнутой - 1,33. Именно вогнутая форма была взята для лопастей ротора Савониуса. Она признана наиболее эффективно принимающей энергию ветра.

Суть идеи Савониуса является в том, чтобы поток воздуха, бьющий в одну лопасть, не просто уходил после этого в сторону, но, проходя через осевой промежуток, перенаправлялся на вторую лопасть, что значительно усиливало эффект ветра. Такой принцип действия позволяет ротору Савониуса работать даже при слабом ветре. Существует несколько вариантов профиля:

- Лопасты закреплены на оси таким образом, что между ними не остается воздушного промежутка. Это самый простой вариант из многочисленных описаний ротора Савониуса. (рис.1)



Рис. 1. Лопасты без воздушного зазора

- Основание одной лопасти заведено внутрь основания другой. По линии оси остается значительный промежуток. Этот вариант позволяет ветру от одной половины ротора переходить на другую. (рис 2)



Рис. 2. Лопасты имеющие воздушный зазор

- Более эффективный профиль. То же, что и во втором варианте, только площадь сечения лопастей увеличена за счет добавления прямой пластины на внутренней части. (рис 3)



Рис. 3. Лопасти с увеличенной площадью воздушного зазора

Благодаря малой поперечной площади они не боятся ураганных ветров. Благодаря вогнутой форме лопастей запуск происходит при минимальных значениях ветра - 0,3 м/сек. Благодаря низкому уровню шума до 20 дБ, ветряк может быть установлен в непосредственной близости к жилью, что важно при маломощной выработке электричества и потере силы тока в проводах. Не требуют определенного направления ветра. Начинают работать от воздушного потока, идущего под любым углом. Простая конструкция снижает расходы на дальнейшее обслуживание. Не опасны для птиц, которые воспринимают конструкцию, как единое целое и не пытаются пролететь через лопасти.

Исходя из всего этого, в качестве лопастей для нашей ветроустановки, была выбрана конструкция ротора с расположением лопастей показанных на рисунке под номером три. Однако отличительной чертой разрабатываемой установки, будет являться наличие в конструкции ротора дополнительного элемента, состоящего из постоянных магнитов. Данный элемент, в теории так же поможет повысить эффективность установки за счёт уменьшения трения в подшипниках посредством уменьшения влияния массы лопастей и силы трения. В дальнейшем планируется смоделировать, при необходимости произвести расчёты, а за тем собрать ветроустановку в полном объёме, в соответствии с выбранной нами конструкцией лопастей, а так же соблюдая при этом государственные стандарты и правила.

Список литературы

1. Ветровой режим [Электронный ресурс] E-library - Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27540773> – Дата обращения: 15.01.2020
2. О ветроэнергетике в мире и в России [Электронный ресурс] E-library - Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30515591> – Дата обращения: 12.01.2020
3. Ветроэнергетика [Электронный ресурс] E-library - Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23203417> – Дата обращения: 12.01.2020

УДК 620.9
ГРНТИ 44.29

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И БЫТА НАСЕЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

Монгуш Д.А. магистрант 2 курса;
Черемисина С.А. доцент, канд.с-х.наук. доц.,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

В статье рассматриваются возможности применения возобновляемых источников энергии для сельскохозяйственного производства и быта населения в Республике Тыва.

Электропередача в сельскохозяйственной территории решает целый ряд задач и в целом повышает эффективность агропромышленного производства, улучшает условия жизни населения в сельской местности. В последнее время актуальным и важным становится использование возобновляемых источников энергии, из-за подорожания энергоносителей традиционного вида возрастает значение альтернативной энергетики, из числа нетрадиционных и возобновляемых источников энергии наиболее важными и перспективными являются

использование солнечной энергетики, остальные ВИЭ не подходят из-за географического и экономического положения региона. В Республике Тыва имеются определенные условия, позволяющие получать дополнительные источники энергии для сельскохозяйственных потребителей.

Энергия солнца – является очень перспективным направлением в сфере развития энергоресурсов. Для анализа применения этого направления энергообеспечения были взяты данные с «НИИ гидрометеорологической информации» период с 2016 по 2018 годов. Средние значения суммарной солнечной радиации на Кызыльском и Дзун-Хемчикском районах по Республике Тыва. Наиболее подробно рассмотрены показатели метеостанций размещенные на территории республики Тыва в западном и восточном районах которые являются основными сельскохозяйственными районами в Республике Тыва (табл.1). В Кызыльском и Дзун-Хемчикском районе перепад высот не столь значителен, высота над уровнем моря Кызыльском районе 926 м, Дзун-Хемчик составляет 947 м.

Таблица 1

**Показатели метеостанций на территории республики Тыва
сельскохозяйственных районов**

Метеостанция	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Индекс	Высота над уровнем моря, м
Кызыльский	51°48'	91°1'	WMO:36099	926
Дзун-Хемчик	51°12'	91°2'	WMO:36096	947

Республика Тыва обладает наиболее благоприятным расположением, характеризуется большой протяженностью и резко континентальным климатом и приемлемой для жизни количества солнечного тепла и светового дня. Наибольшего значения суммарная радиация в двух районных метеорологических пунктах достигает в летний период приблизительно до 6400 Вт/м², а в зимний период уровень суммарной инсоляции падает до наименьшего значения и составляет приблизительно 1500 Вт/м². (рис. 2)

Инсоляция достигает максимальных значений в июне одинаково это $6401,3 \text{ Вт/м}^2$ за летний период с облачностью ниже 4 баллов. Большой уровень инсоляции объясняется жарким летним периодом и температура самого жаркого (июль) месяца составляет $+42^\circ\text{C}$. В соответствии с графиком, предоставленным на рисунке 1 оптимальный период использования солнечных модулей и коллекторов для Кызыльского и Дзун-Хемчикского района, это период с март по сентябрь.

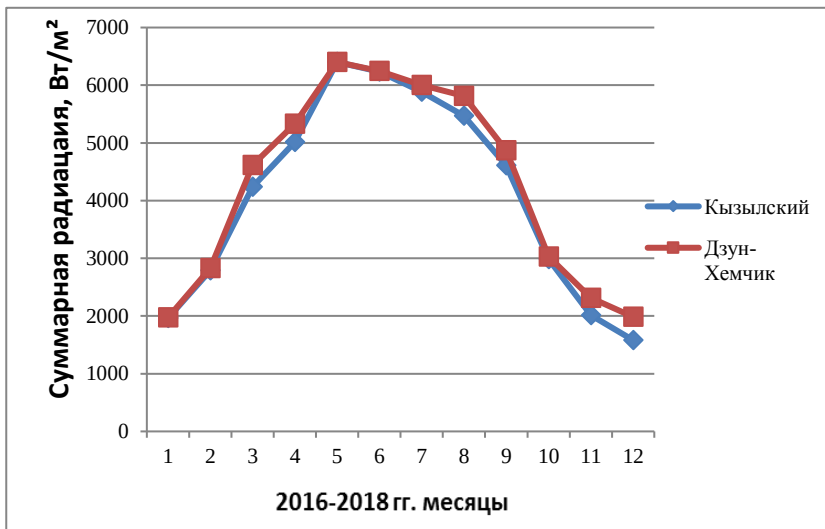


Рис. 1. Среднее значение суммарная солнечная радиация на Кызыльском и Дзун-Хемчикском районах.

В Кызалском и Дзун-Хемчик районах Республики Тыва возникает необходимость, введения дополнительных энергетических мощностей, в связи со строительством новых животноводческих объектов. Используя нетрадиционные источники энергии можно частично восполнить нехватку энергетических ресурсов и повысить энергоэффективность сельскохозяйственных объектов.

Рассматривая возможности применения нетрадиционных источников энергии и учитывая характеристики климатических

факторов Республики Тыва нами выявлено, что наиболее оптимальным видом энергии для сельскохозяйственных предприятий будут являться солнечные электроустановки, которые могут успешно дополнить недостающую мощность энергоснабжения и являться вспомогательным или автономным источником энергии.

Нами был проведен эксперимент с 3 июля по 13 июля. Во время эксперимента брали напряжение солнечной панели ФСМ-200М. Данные измерялись с промежутком на час с 9:00 до 17:00, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Напряжение (U) солнечной панели ФСМ-200М, В

Дни	Время								
	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
1	12,9	14,3	14,87	16,0	18,8	18,8	18,7	18,0	17,3
2	11,8	12,8	15,3	17,3	18,0	20,4	20,00	20,0	18,0
3	9,1	11,8	12,4	13,0	14,0	14,0	13,2	11,4	11,5
4	13,1	14,5	16,4	18,3	20,1	24	24	21,3	18,4
5	12,4	15,7	16,9	17,7	20,2	20,2	19,9	18,1	17,3
6	9,8	13,6	15,6	16,9	17,9	18,7	17,2	17,0	16,8
7	11,3	13,5	15,7	17,2	18,0	18,9	17,9	18,0	17,5
8	11,5	13,7	14,9	17,8	19,2	20,1	19,5	17,0	17,0
9	12,5	14,5	16,5	16,6	19,9	19,9	18,2	18,2	17,9
10	9,2	9,4	10,5	10,9	11,5	12,4	12,4	12,1	11,2
Среднее значение	11.36	13.36	14.9	16.17	17.7	18.7	18.11	16.41	16.29

В результатах измерений мы получили, что максимальное число напряжений период с 13:00 дня до 16:00 ч. После этого происходит спад напряжений в основные дни. Самое минимальное значение напряжения мы наблюдали на десятый день измерений, так как в этот день было пасмурная дождливая погода, солнечной активности не наблюдалось. Нами применялась солнечная панель ФСМ-200М. Солнечный модуль премиум класса ФСМ 200М изготовлен из высокоэффективных монокристаллических солнечных элементов первой категории, что гарантирует повышенную производительность и надежность модуля. Номинальная мощность 200Вт, номинальное напряжение 24В.

При расчетах среднего значения напряжения мы наблюдали, что напряжение не превышало 19 В. Это свидетельствует о том, что нужны дополнительные исследования, при которых необходимо учесть угол поворота солнечной панели в соответствии с солнечной активностью в разное время суток (рис.2).

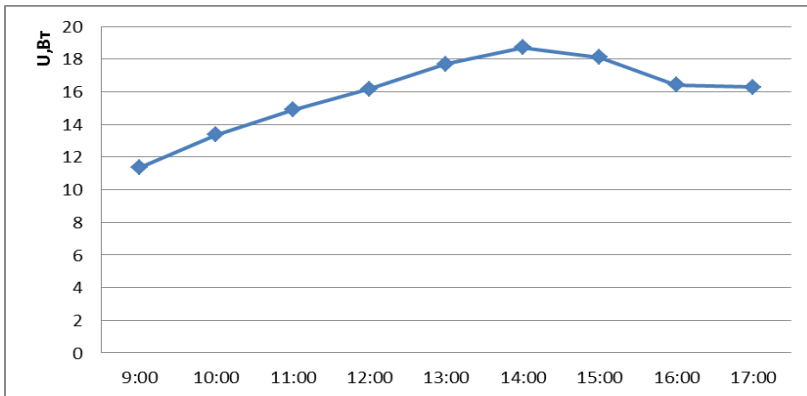


Рис. 2. График изменения напряжения за сутки

Список литературы

1. Фотоэлектрические и гидроэнергетические установки в системах автономного электро-снабжения: монография / В. А. Тремясов, К. В. Кенден. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017-208с.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации. Раздел № С. 33-34 [электрон. тестовые данные]. – Режим доступа: minenergo.gov.ru/node/1920 (дата обращения: 3.12.2018).
3. Козелков О.В. Некоторые аспекты применения возобновляемых источников энергии в современной российской энергетической отрасли /О.В.Козелков, С.С.Усачев// Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2016. – №1 (29). – С. 97-104.
4. Батенин В.М., Концепция распределительной энергетики в России / В.М. Батенин, В.М. Зайченко, А.И. Леонтев, А.А. Чернявская. //Известия российской академии наук. Энергетика. 2017. №1. С.3-18.

УДК 621.31

ГРНТИ 44.35.29

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ УЗЛОВ ГИДРОАГРЕГАТОВ НА ЗЕЙСКОЙ ГЭС

**Карпова Т.В., старший преподаватель кафедры АППиЭ,
ФГБОУ ВО АмГУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье рассматривается система для автоматизации системы охлаждения масла в подпятнике гидрогенератора, целью которой является регулирование охлаждения путем изменения потока воды, проходящей через охлаждающие трубки - маслоохладители, с помощью задвижки, установленной в трубопроводе и приводимой в движение электроприводом.

Каждый гидроагрегат (ГА) Зейской ГЭС, снабжен собственной системой охлаждения. Она состоит из трех сегментов: охлаждение подшипников, подпятника, обмоток ротора и статора. От оптимального температурного режима зависит срок эксплуатации узлов и масла, применяемого для их смазки. Непосредственно охлаждаются не узлы, а масло в подпятнике и подшипнике, и воздух, циркулирующий вокруг статора и ротора. Это происходит за счет того, что охлаждаемая среда проходит через охлаждающие радиаторы-теплообменники, в которых циркулирует вода, отбираемая из спиральных камер гидроагрегата. Температура отбираемой воды от 4-10 С°. За счет того, что температура воды достаточно низка, охлаждение таким способом эффективно. Вода на охлаждение, поступает по системе техводоснабжения ГА. Номинальное давление в системе $P=3.8-4$ кг/см². Задвижки, расположенные на концах трубопроводов, сбрасывающих «отработанную» воду в нижний бьеф, постоянно находятся в полностью открытом состоянии, и прикрываются только при гидравлических испытаниях. Ещё одна задвижка является запорной и перекрывается совместно с дополнительной задвижкой К при ремонтных работах. Две заслонки являются запорно-регулирующими и обеспечивают поступление воды в

напорные коллекторы охлаждения подпятника, обмоток ротора и статора, а также на смазку направляющего подшипника. С помощью этих заслонок можно регулировать поток воды. Так же в систему охлаждения генератора и подшипника встроен инжектор.

Перед входом и выходом из напорных коллекторов имеются раздвоения входящих и выходящих трубопроводов, которые снабжены задвижками. Также каждый теплообменник снабжен двумя задвижками. Вся эта система задвижек предназначена для того, чтобы не происходило засора радиаторов и трубопроводов. Это достигается путем перенаправления потока воды.

Объектом в рассматриваемой системе регулирования является система охлаждения подпятника. Контролируемая величина – температура масла – измеряется с помощью термосопротивления, установленного непосредственно в масляной ванне подпятника. Увеличение температуры масла происходит от рабочих сегментов, нагревающихся в результате трения. Рабочие сегменты представляют собой пластины, изготовленные из специального металла, покрытого слоем эластичного покрытия из фторопласта. Всего их 36 штук, уложенных в два ряда. Фторопластовый слой соединяется с медным подслоем сегмента и непосредственно сегментом посредством пайки. На сегменты опирается зеркало вращающейся части. Масло в подпятнике постоянно циркулирует, за счет вращения вала ГА, а его нужный уровень поддерживается с помощью МНУ. Смазываются сегменты путем самозахвата масла.

В каждом наружном сегменте установлено термосопротивление. В оптимальном режиме работы температура сегментов должна поддерживаться в районе 75 градусов, разброс между t каждого не более 1-2 °С. При 80 градусах срабатывает аварийная сигнализация, а при 85 агрегат идет на останов. Это сделано для того, чтобы не допустить потери свойств фторопласта, и преждевременного его износа. Если же t превысила норму в одном из сегментов, это свидетельствует о его неисправности по той или иной причине.

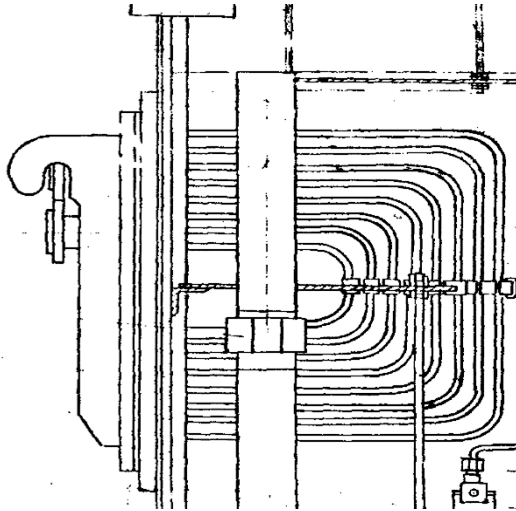


Рис. 1. Маслоохладитель

В масляной ванне установлены 18 маслоохладителей, представляющих собой полые трубки, обладающие большой теплопроводностью, по которым протекает холодная вода. На рисунке 1 показан маслоохладитель.

Масло, омывая эти трубки, охлаждается. На рисунке 2 представлена ванна масляная, с подпятником в разрезе.

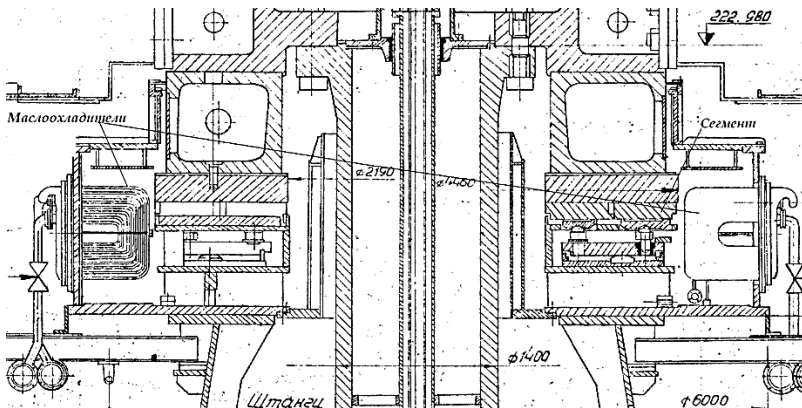


Рис. 2. Масляная ванна, с подпятником в разрезе

Масло, применяемое в подпятнике, имеет маркировку: Тп-30. Как и многие другие, оно, при достаточно низких температурах, теряет часть своих свойств. При номинальных рабочих параметрах, приведенных в таблице 1, и для обеспечения хорошей вязкости, температура масла должна быть не ниже 35°C. В настоящее время, при работе ГА, t держится в районе 34 ± 2 °C, при этом температура сегментов 70-73°C. Эта температура является оптимальной для фторопласта. Она обеспечивает наилучшее скольжение и меньший износ. Так же на трущихся деталях создается масляная пленка, уменьшающая трение. Температура масла и сегментов прямопропорциональны друг другу. Охлаждая масло, охлаждаются и сегменты подпятника.

При пуске ГА одна из задвижек автоматически открывается на 80%, тем самым сразу же выводя охлаждающую способность теплообменников на оптимальный, предусмотренный заранее, уровень.

Таблица 1

Номинальные рабочие параметры

Параметр	Значение
1. t -воздуха вокруг подпятника	18 °C
2. t - охлаждающей воды	4-10 °C
3. Скорость вращения	136,4 об/мин

Выход на номинальные обороты с момента пуска занимает приблизительно 1-1,5 минуты. Температура масла в подпятнике неработающего ГА 13-15 °C. От трения сегменты и опорное зеркало начинают нагреваться, от них соответственно греется и масло, но работающая с момента пуска, с максимальной эффективностью, система охлаждения препятствует быстрому его разогреву до рабочей температуры, а соответственно долго разогреваются и сегменты. Это существенно ухудшает их рабочие параметры, и приводит к наибольшему износу в это время. Система охлаждения сделана таким образом, что при разогревом масле, при открытых, регулирующих поток воды, задвижках, его температура держится в пределах 34 ± 2 °C, а именно при этой t , сегменты находятся в оптимальных условиях (70-74°C и масляная пленка на трущихся деталях). При выходе из

стройка одного из теплообменников, его задвижки закрывают, и охлаждение возлагается на остальные, но они, зачастую, не справляются с задачей, и это приводит к превышению температурных пределов, и срабатыванию аварийной сигнализации. В результате почти сразу идет команда на останов агрегата. Отрицательно на работу системы охлаждения влияют и перепады температур воды.

В связи с этим, разрабатываемая система должна обеспечить непрерывное регулирование температуры масла. Система основана на непрерывном управлении задвижкой, с помощью которой осуществляется подача воды в напорные коллекторы системы охлаждения подпятника. Структурная схема системы представлена на рисунке 3.

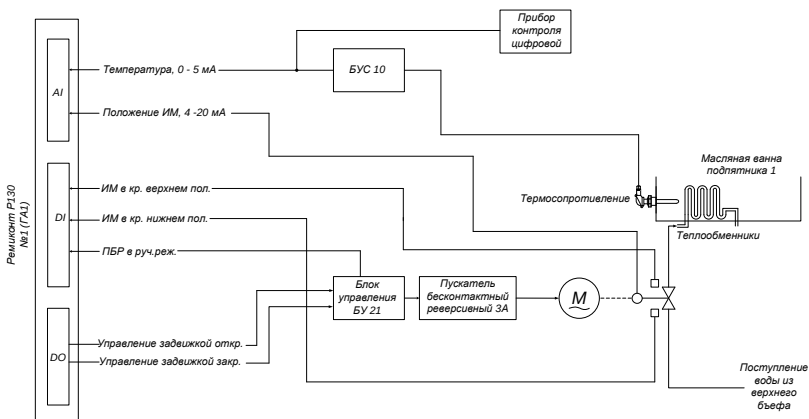


Рис. 3. Структурная схема системы

При пуске ГА, задвижка находится в полностью закрытом состоянии, по мере прогрева масла она постепенно открывается, тем самым, увеличивая поток воды через теплообменники. В результате увеличивается эффективность охлаждения. После набора номинальной температуры масла, задвижка будет находиться открытой на такой уровень, чтобы обеспечить поддержание t на нужном уровне. Преимуществами системы то, что при пуске, время прогрева масла, а соответственно и сегментов, до оптимальной температуры будет существенно

снижено, что уменьшит соответственно и износ. Так же система позволит избавиться от перегревов в результате выхода из строя теплообменников, и вынужденных остановок ГА по этой причине.

Основным элементом системы управления задвижкой является программируемый микроконтроллер Ремиконт Р130. Номенклатура входов-выходов контроллера определяется его модификацией. Управление приводом осуществляется с помощью пускателя бесконтактного реверсивного, для трехфазного напряжения.

Для обеспечения более надежной работы системы целесообразно использовать по одному контроллеру на один ГА. А для дополнительной индикации температуры, в системе необходимо использовать приборы контроля цифровые ПКЦ 1Э.

Вывод. При холодном пуске ГА, функционирующая система охлаждения сразу выводит ее эффективность на стопроцентный уровень, что приводит к долгому прогреву масла до рабочей температуры, так же при выходе из строя одного или нескольких маслоохладителей, эффективность охлаждения снижается, в результате чего возможен перегрев масла и сегментов, и как следствие – останов ГА. Рассматриваемая система предполагает решение этих проблем. В ходе эксплуатации, система должна обеспечить оптимальные пусковые и рабочие температурные режимы в подпятниках ГА.

Список литературы

1. Шегал Г.Л., Коротков Г.С. Электрические исполнительные механизмы в системах управления. – М.: «Энергия», 1968
2. К. Бриндли. Измерительные преобразователи: Справочное пособие: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144с: ил.
3. Руководство по эксплуатации контроллера малоканального, многофункционального, регулирующего микропроцессорного «Ремиконт Р130». – М.: Изд-во ОАО ЗЭиМ, 2003. – 192 с.

УДК 628.971
ГРНТИ 75.31.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В СТУДЕНЧЕСКОМ ГОРОДКЕ В ФГБОУ ВО ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ГАУ

**Назытты Б.В., магистр 1 курса ЭЭФ;
Черемисина С.А., канд .с.-х.наук, доц.,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье рассмотрены вопросы эффективности использования системы наружного освещения на территории студенческого городка ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ. Проведен анализ нормативных значений освещенности с действующими источниками света.

Электрическое освещение является одним из наиболее важных факторов, влияющих на трудоспособность населения и благоустройство жилья и прилегающих территорий. Целью освещения улиц и дворовых территорий является безопасность жизни и повышение эстетических качеств населенных пунктов.

Исследование эффективности систем наружного освещения в студенческом городке Дальневосточного ГАУ в первую очередь обусловлена экономным использованием электрической энергии. Важность регулирования использования энергии на систему наружного освещения в том, что на него расходуется не менее 4,5 % от общего потребления электроэнергии в нашей стране, по данным исследователей это значение составляет около 1,52 млрд кВт·ч в год. [5]

Нами проведены исследования существующего уличного освещения на территории Дальневосточного ГАУ. На сегодняшний день, в качестве источников света используются лампы накаливания, люминесцентные и светодиодные. Лампы накаливания и люминесцентные являются энергоемкими источниками света. Также к недостаткам ламп накаливания относится их низкий спектральный состав и низкое излучение света. Люминесцентные лампы также имеют недостатки: сложная

схема сетевого подключения, требующая дополнительных балластов, в зависимости от условий окружающей среды.

Менее энергоемким источником света являются светодиодные лампы, которые имеют широкий спектр цветов и срок службы в 2 раза больше, чем у люминесцентных ламп. Не маловажным достоинством светодиодных ламп является то, что они не содержат вредных веществ. К недостаткам можно отнести их высокую стоимость.

Нами проведено исследование территории ФГБОУ ВО Дальневосточном ГАУ, в результате которого составлена карта применяемого уличного освещения (рисунок 1). Наши наблюдения показали применение светильников следующих марок: ArteLamp Urban, РКУ 97-250-002, ЖКУ, Пегас, Eglo Monreale. Преобладающим большинством является применение светильников с ртутными лампами РКУ 97-250-00, с лампами мощностью 250 Вт.

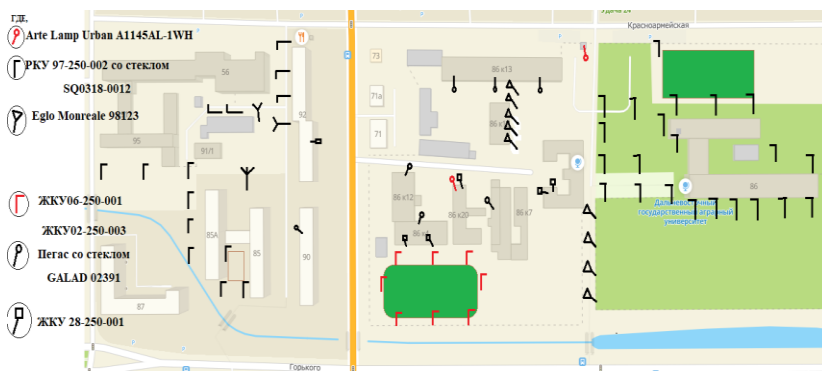


Рис. 1. Виды освещений ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ

На основе полученных данных, проведен расчет потребляемой мощности в летнее и зимнее время года. Результаты расчеты приведены в таблице.

Таблица

**Анализ потребляемой мощности
ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ.**

Период		За день	За месяц	За сезон
		кВт·ч	кВт·ч	кВт·ч
Лето	Июнь	139,5	4185	13916
	Июль	139,5	4324,5	
	Август	174,4	5406,4	
Осень	Сентябрь	209,3	6279	21154,7
	Октябрь	226,7	7027,7	
	Ноябрь	261,6	7848	
Зима	Декабрь	279,04	8650,2	23594,6
	Январь	261,6	8109,6	
	Февраль	244,1	6834,8	
Весна	Март	209,3	6488,3	16587,3
	Апрель	174,4	5232	
	Май	157	4867	
За год		75252,6		

Проведенные расчеты показали, что в летний период система освещения потребляет меньше электроэнергии, чем в зимний. В результате проведенного исследования уличного освещения студенческого городка мы выяснили, что 30% уличных светильников приостановили свою деятельность. Большая часть светильников (95%) старого образца, которые потребляют очень большую мощность.

Также нами изучены нормативные документы, регламентирующие нормы освещённости для наружного освещения. Существуют социальные запреты и ограничения, так и у уличных освещений нормирование основывается на «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение». [4]

Анализ нормативных документов показал, что освещение на территории студенческого городка должно быть по нормативам, представленным на рисунке 2.

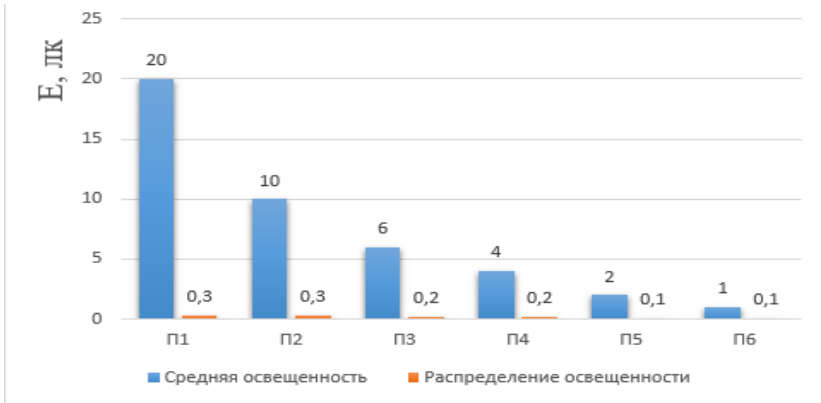


Рис. 2. Общие нормы освещения для всех типов

П1 – площадки перед входами; П2 – главные пешеходные улицы исторической части города и основных общественных центров; П3 – пешеходные улицы; П4 – тротуары, отделенные от проезжей части дорог и улиц; П5 – второстепенные проезды на территориях микрорайонов, хозяйственные площадки; П6 – боковые аллеи и вспомогательные входы парков административных округов

Для анализа правильности применения светильников в соответствии с нормами, нами проведен расчет наружного освещения. Количество светильников рассчитывается по общепринятым методикам [3]:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{(F \cdot \eta)} \quad (1)$$

где E – освещенность;

S – площадь;

Z – показатель неравномерного освещения территории;

K – коэффициент учета длительного использования;

F – показатель излучаемого света;

η – показатель отражающих способностей элементов.

Необходимые физические характеристики и параметры осветительных приборов указаны в их технической документации.

Необходимое расстояние между осветительными приборами (шаг светильников) вычисляется по формуле [2]:

$$\Phi = \frac{L \cdot K \cdot \pi}{\eta}, \quad (2)$$

где L – нормируемый коэффициент яркости покрытия;

K – коэффициент запаса (накаливания);

η – параметр использования светового потока.

В результате нашего анализа получили, что ряд светильников установлены с отклонением от нормативных значений.

В результате измерений освещенности люксметром testo 540, выявлены несоответствия с нормативными значениями. При чем, измеренная освещенность чаще была завышена. У светильников с лампами ДРЛ значение освещенности было завышено в 50% случаев в 2-3 раза. Светильники с лампами ДНаТ имеют освещенность в 5-7 раз превышающую нормативные значения. У источников света с лампами накаливания наблюдались отклонения освещенности в меньшую сторону на 10-15%.

Одним из существенных недостатков, выявленных нами при исследовании системы освещения является то, что 40 % источников света вообще не работают. Соответственно территория в этих местах не освещена.

Исходя из наших исследований, можно заключить, что рационального использования необходимо ряд светильников заменить с учетом нормативных значений, что приведет к уменьшению потребления электрической энергии.

Весьма немаловажно иметь хорошо освещенную территорию студенческого городка. Так как уличное освещение должно служить вопросам общественной безопасности. Однако крупномасштабные проекты по внедрению уличного освещения должны выполняться грамотно, потому необходимо учитывать вопросы нормирования и энергоэффективности установок уличного освещения.

Список литературы

1. Бесхлебная И.К., Коновалов Р.В. «Системы освещения» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://220.guru/osveshhenie/ulichnoe/podsvetka-ulic.html> (Дата обращения: 03.02.2020)

2. Черничко А.С., Бедная К.А. «Уличное освещение лампами» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://indeolight.com/obekty-osveshheniya/naruzhnoe/ulichnoe/ulichnoe-osveshhenie-lampami-drl.html> (Дата обращения: 26.01.2020)

3. Глазкова Г.А. «Расчет наружных освещений» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cdelct.ru/vidy/outdoor/rasschet-naruzhnogo-osveshhenija-territorii.html> (Дата обращения: 01.02.2020)

4. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». [Электронный ресурс] Законодательство: Версия Проф. – URL: docs.cntd.ru (Дата обращения: 05.02.2020)

5. Болутенко В. С. Пути повышения эффективности систем Городского наружного освещения [Электронный ресурс] URL: <https://elib.gstu.by/bitstream/handle/220612/17868/Болутенко%20С%20В.%20С.%20Пути...pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Дата обращения: 13.02.2020)

УДК 621.317
ГРНТИ 44.29

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДВУХТАРИФНОГО СЧЕТЧИКА В ЧАСТНОМ ДОМЕ

**Соболева Н.В. ст. преподаватель,
Ляшенко Т.А. ст. преподаватель,
Черемисина С.А. доцент, канд. с-х. наук,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье рассмотрены примеры использования двухтарифного и однотарифного в частном секторе. Проведены сравнительные характеристики по затратам.

В настоящее время в условиях развивающегося рынка информационные и коммуникационные технологии играют важную роль в различных отраслях. Внедрение информационных и коммуникационных технологий в электроэнергетической отрасли позволяют автоматизировать процессы сбора

статистических данных и проводить их анализ, что позволяет грамотно, правильно и рационально решать многие проблемы теплоснабжения, что способствует их усовершенствованию не только существующей системы ЖКХ, но и теплоэнергетической отрасли в целом.

В современном обществе информационные технологии в энергетике внедряются поочередно, начиная от действующих электростанций и заканчивая котельными, расположенными в частных домах.

В частности, информационные технологии в энергетике дают возможность смоделировать экономическую эффективность различных процессов подачи электроэнергии, оценить целесообразность запуска новых проектов и возможность включения их в действующую систему электроэнергетики, что является важным аспектом в вопросах инвестирования и реализации инновационных проектов в отрасли.

С быстрым ростом увеличения стоимости подачи электроэнергии и увеличением числа электроприборов в квартире (доме) актуален вопрос замены однотарифного прибора учета на более современный двухтарифный счетчик. Принцип действия устройства заключается в том, что тариф подразделяется на два этапа – ночной и дневной. Для каждого из периодов действует индивидуальный тариф согласно нормативным документам. Исполнения тарифа «ночной» - начинается с 23.00 и заканчивается в 7.00 утра. Зона использования утреннего тарифа начинается с 7.00 и продолжается до 9.00. Применение дифференциального учета электроэнергии позволяет снизить расходы, что особенно актуально для домов с электрическим отоплением.

Приведем примеры потребления электроэнергии однотарифного и двухтарифного счетчика и их использования в частном секторе, затем рассчитаем показатели и построим графики сравнения с помощью электронных таблиц Microsoft Excel.

Для поддержания температуры воздуха 21⁰С используются две батареи мощностью на 1,5 кВт в частном доме площадью

42 м². Проведен анализ потребления электроэнергии за 3 месяца: ноябрь, декабрь и январь.



Рис. 1. Потребление электроэнергии двухтарифного счетчика

Анализируя графики использование двухтарифного и однотарифного счетчика видно, что затраты электроэнергии были больше в январе так как жители находились на новогодних каникулах дома, что повлекло за собой большее потребление электроэнергии днем.

Проведя расчеты, мы подсчитали, что затраты по двухтарифному счетчику меньше, чем затраты по однотарифному счетчику. Разница составляет более 3000 рублей в период за три месяца использования.

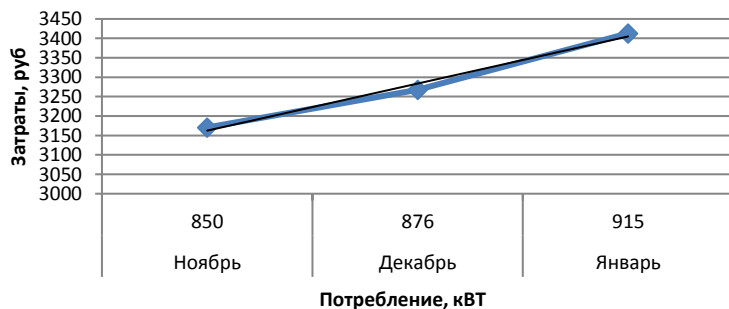


Рис. 2. Потребление электроэнергии однотарифного счетчика

Таким образом, можно сделать вывод, что применение двухтарифных счетчиков в частном доме является более выгодным по сравнению с однотарифными. Потребители электроэнергии, у которых используются электроприборы (Отопление, нагрев воды, насос и т.д.) круглые сутки, особенно нуждаются в применении двухтарифных счетчиков. Рациональное использование электроприборов в зимнее время года для частного сектора, будет являться энергоэффективным в случае применения таких счетчиков.

Список литературы

1. Железко, Ю. С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - М.: НЦ ЭНАС, 2006. - 280 с.
2. Правила устройства электроустановок в вопросах и ответах. Раздел 2. Передача электроэнергии. Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний. - М.: НЦ ЭНАС, 2007. - 578 с.
3. Осика, Л.К. Коммерческий и технический учет электроэнергии на оптовом и розничном рынке. Спб: Политехника, 2005- 368 с.

УДК.620.9
ГРНТИ 44.29

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Середа Н. В., ст. преподаватель,
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический
университет, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

Проведен анализ существующих технологий хранения энергии, выявлены их основные недостатки и рассмотрены новейшие перспективные разработки ведущих специалистов разных стран в этой области.

На современном этапе развития энергетики уже отработаны технологии по обеспечению необходимого уровня выработки электроэнергии, но по-прежнему остается нерешенной проблема

автономного электроснабжения из-за отсутствия достаточно эффективных технологий хранения энергии.

Исторически хорошо известна и повсеместно применяется в энергосистемах механическая технология хранения энергии - гидроаккумулирующие электростанции ГАЭС. Их принцип работы очень прост и экономически эффективен. Но есть серьезные препятствия их широкому применению - это подбор местности с большим перепадом высоты уровней воды и необходимость затопления больших площадей для формирования озера верхнего бассейна. Если отсутствие необходимого рельефа местности можно компенсировать строительством дамб и насыпей, то проблему создания искусственных водоемов решить невозможно. А это ведет к серьезным экологическим проблемам.

Кроме вышеперечисленных проблем, ГАЭС имеют большую мощность, а в последнее время в связи с развитием источников электроэнергии на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) возникла и все более увеличивается потребность в устройствах хранения энергии относительно небольшой мощности. Это связано с нестабильностью работы электростанций на базе НВИЭ, основной проблемой для них является необходимость обеспечения потребления избыточного количества электроэнергии.

Традиционно для изготовления устройств хранения электроэнергии используются электрохимические технологии. По сравнению с механическими накопителями, электрохимические аккумуляторы имеют гораздо более высокую плотность хранения энергии, то есть их габариты существенно меньше. Также можно изготовить аккумулятор любого размера. Кроме того, применение электрохимических накопителей энергии позволяет реализовать блочную структуру хранилища, то есть общая емкость хранилища ограничена только территорией для хранения. Самым существенным недостатком электрохимических накопителей энергии является их ограниченный ресурс. Для лучших аккумуляторов он не превышает 10.000 циклов, то есть не более 8 лет. Существуют различные технологии электрохимических аккумуляторов. Перспективным решением являются так называемые проточные аккумуляторы, которые обладают увеличенной емкостью.

Решение проблемы накопления и хранения электроэнергии имеет крайне важное значение для нашей страны, это может позволить решить столь стратегически важную проблему как автономное электроснабжение удаленных районов Крайнего Севера и Дальнего Востока.

В настоящее время во многих странах ведется работа по созданию различных, в том числе весьма экзотических технологий хранения энергии.

В 2019 году компания Tesla опубликовала патент на новый литий-ионный аккумулятор и на новое химическое соединение для аккумуляторов, но это не принципиально новые технологии, а совершенствование существующих. Компания IBM заявила о начале разработки принципиально новой технологии изготовления аккумуляторных батарей, которая исключает необходимость применения столь вредных для человека элементов, как кобальт и никель. Концерн ABB открыл в Швейцарии завод по производству принципиально новых модульно-блочных систем накопления энергии для транспортных систем, которые позволят расширить зоны эксплуатации троллейбусов и электрических автобусов. В Массачусетском технологическом университете разработано принципиально новое «экологичное» устройство накопления энергии, позволяющее извлекать углекислый газ из любого потока. В Британии начались работы по созданию криогенных накопителей энергии.

В январе 2020 года в США официально запущена комплексная программа Energy Storage Grand Challenge по разработке и внедрению нового поколения накопителей энергии.

Всем разработчикам новых технологий хранения необходимо понимать, что накопители электроэнергии выполняют функции, более широкие, чем у обычного аккумулятора. Они являются комплексными, интегрированными конструкциями, способными не только накапливать энергию, но и преобразовывать ее, делая пригодной для дальнейшего использования в автономных энергоустановках. Если говорить о перспективах применения современных накопителей электроэнергии в промышленных сетях, то с их помощью можно будет решить серьезнейшую проблему маневренности энергосистем, и хотя бы частично отпадет необходимость строительства проблемных ГАЭС.

Список литературы

1. Накопители электрической энергии для дома // 220.ru URL: https://electric-220.ru/news/nakopiteli_ehlektricheskoy_ehnergii_dlja_doma/2014-05-25-616(дата обращения: 19.12.2019);
2. Система накопителей электроэнергии для повышения энергоэффективности в метро. // energosovet.ru URL: http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=185 (дата обращения: 21.01.2020);
3. Долгосрочные накопители энергии Московский инновационный кластер i.moscow. URL: <https://i.moscow/projects/38> (дата обращения: 25.01.2020);
4. Накопители энергии. Производство топливных элементов в мире превысило 1 ГВт общей мощности (январь 2020). Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» energy.hse.ru. URL: <https://energy.hse.ru/accenergy> (дата обращения: 25.01.2020);
5. Эксплуатация автономных энергоустановок на возобновляемых источниках энергии. НПО НПФ «Ингео-2000» <http://www.ingeo-2000.ru> URL: http://www.ingeo-2000.ru/k3_62.html (дата обращения: 20.01.2020);
6. Ростех разработает автономные энергоустановки для Арктики. Сайт Ростех rostec.ru. URL: <https://rostec.ru/news/rostekh-razrabotaet-avtonomnye-energoustanovki-dlya-arktiki/> (дата обращения: 22.01.2020);

УДК 621:004
ГРНТИ 44.29

О СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Илюхина Т.А., канд. техн. наук, доц.;
Сергеева В.В., канд.с.-х. наук, доц.,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

В статье рассматриваются и анализируются системы управления ресурсами предприятия, их роль в энергетических предприятиях, актуальность информационных технологий в учебном процессе.

В сфере энергетики всё больше актуальным становится вопрос об использовании информационных технологий. Некоторые энергетические компании даже начали создавать «цифровые подстанции» с огромным количеством измерительного и учетного оборудования, переводящего задачи управления в цифровой формат. Первая цифровая подстанция в России была введена в эксплуатацию в декабре 2017 года. Всё больше в энергетические предприятия внедряются не стандартные, а новые методы в области комплексной автоматизации энергетического бизнеса. Чтобы использовать технологию, которая может обеспечить потребности всех отделов, необходима единая программа. Цифровизация энергетического комплекса очень важна для отечественной экономики в целом, так как она позволит российским компаниям успешно конкурировать на мировом рынке.

В качестве альтернативы предлагаются системы управления ресурсами предприятия. В каждом подразделении, как правило, есть своя компьютерная система, свои методы работы. Цифровые методы управления позволяют объединить предыдущий опыт ИТ – ресурсов с современными, что позволяет быть универсальной программой, которая работает с общей базой данных.

В итоге позволит упростить обмен информацией между отделами и доступ сотрудников к документообороту. При этом цифровые методы обеспечат:

- получение достоверной и надежной коммерческой информации для автоматизации расчетов за электроэнергию и мощность с потребителями оптового и розничного рынка электроэнергии;

- формирование достоверных данных для производственной и статистической отчетности по полезному отпуску и реализации электроэнергии, анализа режимов электропотребления и потерь;

- своевременность и полноту предоставления результатов измерений участникам расчетов, требования к которым обуславливаются правилами работы рынка;

- повышения эффективности использования энергетических ресурсов, обеспечения энергосбережения на базе получаемой более полной, достоверной, привязанной к единому астрономическому времени, метрологически обеспеченной информации о потреблении электроэнергии по всем контролируемым присоединениям в соответствии с требованиями учета электроэнергии и мощности на ОРЭ;

- межмашинный обмен информацией (повышение оперативности и достоверности расчетов за электроэнергию);

- выполнение измерений 30–минутных приращений активной и реактивной электроэнергии, характеризующих оборот товарной продукции;

- периодический (1 раз в сутки) и /или по запросу автоматический сбор привязанных к единому календарному времени измеренных данных о приращениях электроэнергии с заданной дискретностью учета (30 мин);

- прием от Интегрированной автоматизированной системы управления коммерческим учетом администратора торговой системы (ИАСУ КУ) необходимых результатов измерений смежных по электрическим сетям субъектов;

- хранение данных об измеренных величинах в специализированной базе данных, отвечающей требованию повышенной защищенности от потери информации (резервирование баз данных) и от несанкционированного доступа;

- предоставление контрольного доступа к результатам измерений, данных о состоянии объектов и средств измерений по запросу со стороны ИАСУ КУ к информационно-вычислительному комплексу, информационно-вычислительному комплексу электроустановок и, по возможности, к измерительно-информационному комплексу;

- передача в ИАСУ КУ: результатов измерений, а так же данных о состоянии объектов и средств измерений;

- обеспечение защиты оборудования, программного обеспечения и данных от несанкционированного доступа на физическом и программном уровне (установка паролей и т.п.).

Все этапы внедрения и осуществления данной деятельности энергетических компаний, не возможны без наличия грамотных и подготовленных кадров. Основы данных ИТ – технологий закладываются на занятиях по информатике, которые начинаются с первого курса у студентов ФГБОУ ВО «Дальневосточного ГАУ», по специальностям 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», а также 35.04.06 «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» в пределах направления подготовки «Агроинженерия».

Список литературы

1. Государство. Бизнес. ИТ. [Электронный ресурс] Tadvisir - Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php>. (Дата обращения: 20.01.2020)

2. Энергоснабжение [Электронный ресурс] МСК Энерго. – режим доступа: <http://msk-energo.ru>. (Дата обращения: 21.01.2020)

УДК 621.1
ГРНТИ 44.29

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРОМ ПОДАЧИ УГЛЯ В КОТЕЛЬНОЙ

**Светличный С.В. ст. преподаватель,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье рассмотрены преимущества применения частотного преобразователя для управления конвейером подачи угля в котельной с использованием автоматической системы подачи угля УСУ и линии шлакоудаления УСШ.

Современная энергетика, основанная на использовании ископаемых видов топлива (уголь, нефть, газ), оказывает наиболее губительное воздействие на окружающую среду. Начиная от добычи, переработки и транспортировки энергоресурсов и заканчивая их сжиганием для получения тепла и электроэнергии - все это отрицательно отражается на экологическом балансе планеты. Поэтому в настоящее время энергосбережение является одним из основных приоритетных направлений политики в России. В России до 75% всей потребляемой электроэнергии на производствах используется для приведения в действие всевозможных электроприводов. Как правило, на большинстве отечественных предприятий установлены электродвигатели с большим запасом по мощности в расчете на максимальную производительность оборудования, несмотря на то, что часы пиковой нагрузки составляют всего 15-20% общего времени его работы. В результате электродвигателям с постоянной скоростью вращения требуется значительно (до 60%) больше энергии, чем это необходимо. Поэтому возникает необходимость применения энергосберегающих технологий и оптимизации оборудования при использовании электроприводов в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства в том числе. [1].

Сегодня многие предприятия внедряют и применяют преобразователи частоты для управления работой электропривода. Частотные преобразователи появились в 2000 году на отдельных российских предприятиях, но цена на них была высокой. Сегодня же преобразователи частоты благодаря передовым разработкам инженеров и ученых становятся все более доступными по цене, компактными и надежными в эксплуатации. **Режим энергосбережения** особенно актуален для механизмов, которые часть времени работают с пониженной нагрузкой, - конвейеры, насосы, вентиляторы и другое оборудование. Кроме снижения расхода электроэнергии, экономический эффект от применения частотно-регулируемых электроприводов достигается путем увеличения ресурса работы электротехнического и механического оборудования, что повышает сроки эксплуатации.

Большинство объектов систем энерго и теплоснабжения (ТЭЦ, котельные) работают с переменной нагрузкой. Изменение нагрузки обусловлено колебаниями температуры в течении отопительного сезона, поэтому появляется возможность повысить экономическую эффективность котельных за счет сбережения электроэнергии. Основными потребителями электрической энергии в котельных являются агрегаты, оснащенные асинхронными электродвигателями. К числу таких агрегатов относятся насосы, дымососы, воздуходувки и системы вентиляции, конвейеры для подачи угля и удаления шлака и золы. Применяя для управления двигателями данных агрегатов преобразователи частоты можно существенно снизить затраты электрической энергии при работе котельных в период низкого потребления тепла.

Еще одним преимуществом использования преобразователей частоты в котельных является повышение уровня автоматизации. Применение преобразователей частоты эффективно для следующих технологических операций: обеспечение непрерывной циркуляции в водогрейных котлах; управление давлением в трубопроводах отопительных системах; регулирование производительности насосных агрегатов котельных; обеспечение режимов плавного разгона-торможения агрегатов. Экономический эффект от внедрения частотного

привода в котельных и системах отопления настолько велик, что нередко срок окупаемости составляет 6-12 месяцев. [2].

Применение преобразователей частоты для привода конвейеров обусловлено неравномерностью загрузки данного оборудования. При решении данной задачи преобразователи частоты не только обеспечивают плавный пуск и высокий крутящий момент вала электродвигателя на низких частотах, но и позволяют обеспечить синхронизацию ведущего и ведомого двигателя. Данная схема отличается относительной простотой и надежностью. При высоких нагрузках на вал резко возрастает величина скольжения, что не всегда позволяет достичь требуемой точности синхронизации. Использование частотного преобразователя (или системы из нескольких связанных преобразователей) позволяет, прежде всего достичь максимальной плавности старта и торможения транспортирующего узла. Кроме того, в ряде случаев важно обеспечить постоянство скорости вращения вала или величины крутящего момента при разных уровнях загрузки транспортирующего механизма. Если в системе используется несколько двигателей с необходимостью обеспечить их оптимальное взаимодействие, то возможности, предоставляемые использованием частотных преобразователей, вообще трудно переоценить. Подключение преобразователей друг к другу и несложная настройка позволяют быстро и просто достичь эффективной совместной работы всех двигателей. Обычно один из преобразователей в этом случае выполняет роль «ведущего», собирая и обрабатывая информацию с датчиков и подавая команды на остальные преобразователи, выступающие в качестве «ведомых». Надежность и эксплуатационные характеристики всей конвейерной или транспортной системы при таком способе управления существенно возрастает. Появляется возможность работы двигателей на очень низких оборотах – вплоть до единиц и долей. Что касается экономии электроэнергии, то очень высокая энергоемкость лифтового и конвейерного оборудования делает эту сторону функционирования систем определяющей. [3].

Рассмотрим схему инвертора для управления конвейером (рис.).

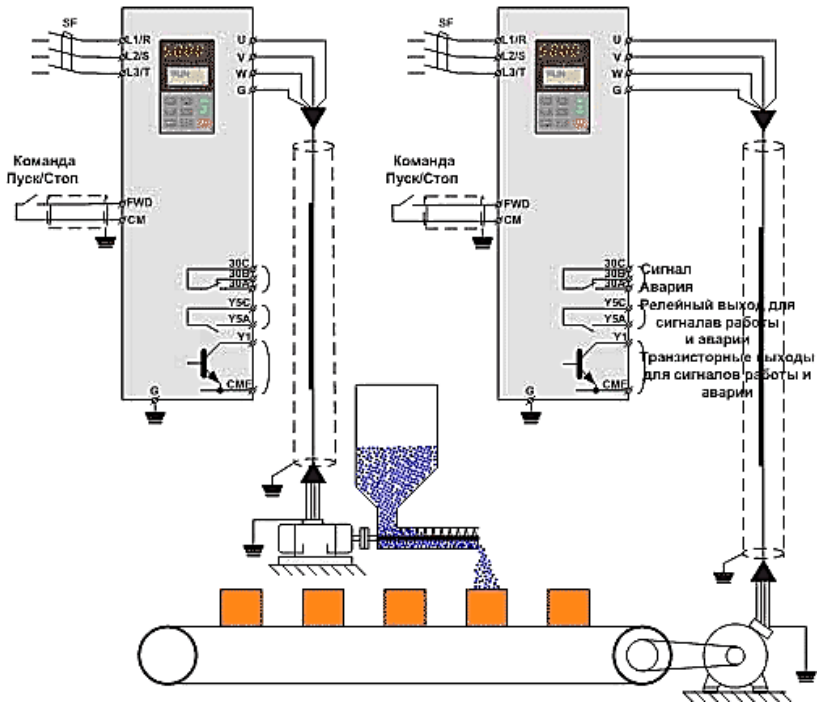


Рис. Схема инвертора для управления конвейером подачи угля

Векторное управление моментом позволяет эффективнее использовать двигатель на низких оборотах, что делает возможным плавный пуск даже загруженного конвейера. Длинные конвейеры, перемещающие тяжелые грузы обычно имеют два двигателя, по одному на каждой стороне. Плавное управление этими двигателями затруднено из-за рассогласования нагрузки в начале и в конце конвейера. Для исключения этой проблемы преобразователь частоты устанавливают для каждого двигателя и используют функцию «Выравнивание скоростей», что позволяет добиться эффективного распределения нагрузки между двигателями.

На сегодняшний день преобразователь частоты единственное устройство, позволяющее использовать электропривод с большей эффективностью. Причем оно не только снижает энергопотребление, но может существенно

увеличить качество производственного процесса за счет подбора более точных скоростей электродвигателя. [4].

Рассмотрим внедрение автоматической системы подачи угля с использованием частотного преобразователя в МУП «Ромненские коммунальные сети», с. Ромны Ромненского района Амурской области. Основной вид деятельности предприятия: производство пара и горячей воды (тепловой энергии) для обеспечения теплом и горячей водой населения с. Ромны.

С 2009 по 2011 год была ручная подача угля в котельную. Всего было 8 котлов для всего населенного пункта. Расход электроэнергии составлял 150 тыс. киловатт часов в месяц. В 2011 году для уменьшения потребления электрической энергии было установлена автоматическая система подачи угля УСУ в котельную и линия шлакозолоудаления УСШ (транспортёр скребковый ТС).

Таблица

Технические характеристики УСШ

Марка	Установка скребковая золоудаления - УСШ
Тип	Скребковый транспортер
Длина транспортера, м	43
Производительность, т/ч, max	30
Производительность, т/ч, min	5
Скорость движения тяговой цепи, м/с	0,4
Максимальный размер кусков, шлака (угля) не более, мм	100
Длина секции, мм	3000, 1800, 1100
Угол подъема, град	30
Шаг скребков цепи, мм	320
Привод: цепной	P2-80-290
Редуктор, тип j = 40,0	Ц2У-250-40
Двигатель, тип: мощность, кВт	7,5
скорость, об/мин	1500
Двигатель, тип: мощность, кВт	11,0
скорость, об/мин	1500

Для этого использовались две линии шлакозолоудаления УСШ и две линии подачи угля в котельную УСУ транспортерами скребкового типа ТС с одной и двумя тяговыми цепями производительностью 5 т/ч и 30 т/ч. Транспортеры предназначены для подачи угля в котельные и удаления шлака и золы из-под котлов. Транспортеры состоят из приводной, натяжной, прямых и поворотных секций, скребковой цепи. Шлак и уголь перемещаются по секциям транспортера путем волочения. Привод транспортеров должен обеспечивать плавное, без заеданий скребковой цепи. Транспортеры должны обеспечивать устойчивую работу системы подачи угля и удаления шлака и золы, а для этого между двигателем и редуктором были установлены преобразователи частоты фирмы «Vespeg» 2 - мощностью 7,5 кВт и 2 – мощностью 11 кВт. Технические характеристики приводных двигателей: два двигателя марки 4A132M4У3, мощностью 7,5 кВт, скорость 1500 об/мин и два двигателя марки 4A132M4У3, мощностью 11 кВт, скорость 1500 об/мин.

В транспортере стоит редуктор РГП-2М-5400, который предназначен для уменьшения угловой скорости и увеличения крутящего момента на выходе. Технические характеристики редуктора: номинальная мощность 2,2 кВт., номинальная частота вращения входного звена редуктора 1500 об/мин., номинальная частота вращения выходного звена редуктора 0,27 об/мин., номинальный крутящий момент на выходном валу 12 кН•м, максимальный крутящий момент на выходном валу 18 кН•м., передаточное отношение редуктора равно произведению передаточных отношений его ступеней: $i = 35 \times 27 \times 5,7 = 5387$.

Крутящий момент от вала привода (ротора электродвигателя) через компенсирующую муфту передается на планетарную ступень, с которой крутящий момент поступает на генератор волновой ступени с промежуточными звеньями (роликами). Выходным звеном изделия является вал, установленный на подшипниковой опоре. Направление вращения выходного вала изделия совпадает с вращением вала привода (ротора электродвигателя).

Применение частотно-регулируемого электропривода для управления приводными станциями ленточных конвейеров обеспечивает:

- плавный запуск и останов асинхронных электродвигателей конвейера;
- автоматическое регулирование скорости движения ленты;
- снижение динамических нагрузок в приводе и тяговом органе в рабочих режимах и в режимах перегрузок и стопорения механизмов;
- повышение надежности, увеличение ресурса и срока службы технологического оборудования;
- существенное снижение затрат электроэнергии на транспортирование угля и шлака за счёт оптимизации нагрузок при холостых режимах.

При внедрении автоматической системы и частотных преобразователей число котлов сократилось с восьми до четырех, а потребление электроэнергии сократилось до 40-50 кВт/ч в месяц.

Список литературы

1. Рязанова Г.Н., Никонова И.О., Прокопьева А.Ю. Энергосбережение в России: задачи и пути их решения. // Региональное развитие, 2015. № 7. <https://cyberleninka.ru/article/n/energoberezhenie-v-rossii-zadachi-i-puti-ih-resheniya>. (дата обращения: 16.02.2020).
2. Преимущества использования частотных преобразователей в котельных. <http://elektroprivodprom.ru/B8.htm>. (дата обращения: 13.02.2020).
3. Где нужно применять преобразователь частоты. <http://www.int76.ru/solutions/preobrazovatel-chastoty-nadezhnyy-instrument-energoberezheniya/gde-nuzhno-primenyat-preobrazovatel-chastoty/>. (дата обращения: 13.02.2020).
4. Примеры применения инверторов (преобразователей частоты) Fuji Electric для управления технологическим оборудованием. <https://docplayer.ru/85008725-Primery-primeneniya-invertorov-preobrazovateley-chastoty-fuji-electric-dlya-upravleniya-tehnologicheskim-oborudovaniem.html> (дата обращения: 13.02.2020).

УДК 620.91(571.61)
ГРНТИ 44.39

ОЦЕНКА ЗАКОНА ВЕРОЯТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СЕВЕРНОЙ ЗОНЫ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Пустовая О.А. канд.с-х.наук, доц.,
Пустовой Е.А. канд.с-х.наук, доц.,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье приведены результаты анализа скоростей ветра в северной зоне Амурской области. Получено уравнение тренда, которое позволяет оценить возможную мощность ветроэнергетической установки в перспективе.

Последние десятилетия наметилась тенденция к широкому использованию как систем альтернативной энергетика, так и отдельных элементов таких систем. Особенно это актуально для удалённых объектов, требующих электроснабжения, а в частности это удалённые поселения, прииски, рудники и др. Для таких объектов полная замена используемых генераторных систем на альтернативные источники невозможно, однако можно часть используемых мощностей обеспечить за счёт нетрадиционных источников энергии таких как энергия солнца, ветра и др.

Для этого необходимо иметь возможность предсказать выработку электроэнергии на продолжительные период времени, что требует знания закона вероятности распределения ветроэнергетических ресурсов, солнечного излучения. Нами для анализа на территории Амурской области выбрана северная зона и два крупных населённых пункта для которых имеются многолетние наблюдения погодных условий это г. Зея и пос. Экимчан, координаты метеостанций приведены в таблице 1.

Оценка закона распределения скорости ветра проводилась по ежедневным наблюдениям метеостанций за период с 2015 по 2017 год. Для оценки закона распределения скорости ветра ними

произведён расчёт таких показателей как среднегодовое значение скорости ветра, среднемесячное значение скорости ветра, степень изменчивости воздушного потока. Полученные значения приведены в таблице 2.

Таблица 1
Основные характеристики метеостанций пос. Экимчан и г. Зея

Метеостанция	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Индекс	Высота над уровнем моря, м
Зея	53°77'	127°1'	WMO:31300	229
Экимчан	53°1'	132°09'	WMO:31329	682

Таблица 2
Средняя трёхлетняя скорость ветра

Населённый пункт	Средняя скорость ветра, м/с											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
г. Зея	1,525	1,655	1,296	2,089	1,899	1,476	1,411	1,515	1,424	2,103	1,755	1,146
пос. Экимчан	1,424	1,871	2,377	2,803	3,089	2,49	2,44	2,21	2,349	2,718	1,783	1,789

Для получения графика вероятности распределения необходимо получить средние значения скорости ветра как за отдельные годы, так и за трёхлетний период (табл.3).

Таблица 3
Среднегодовая скорость ветра, м/с

Населённый пункт	Год			
	2015	2016	2017	$\bar{X}$
г. Зея	1.427	1.445	2.079	1.65
пос. Экимчан	1.736	1.878	3.144	2.26

Дальнейший расчёт закона распределения производится согласно формуле вероятности для закона Гаусса, результаты расчёта приведены в таблице 4.

$$f(x) = \sum \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2 \cdot \sigma^2}}, \quad (1)$$

где σ – среднеквадратическое распределение массива;

x – средняя за месяц скорость ветра;

m_x – математическое ожидание.

Таблица 4

Оценка вероятности скорости ветра

Населённый пункт	Вероятность											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
г. Зоя	0,759	0,653	0,592	0,718	0,807	0,611	0,77	0,597	0,681	0,501	0,539	0,6
пос. Экимчан	0,263	0,348	0,262	0,269	0,252	0,28	0,283	0,322	0,299	0,325	0,264	0,322

По полученным данным строим закон распределения вероятности для изменения скорости ветра (рис.1).

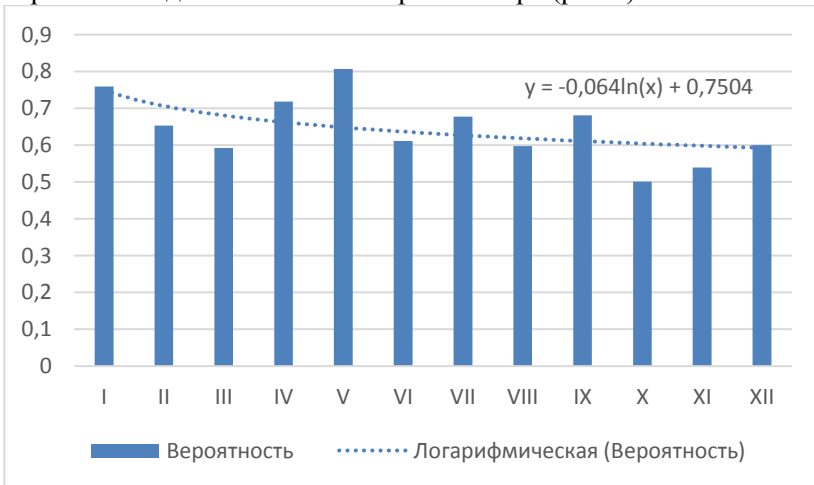


Рис. 1. Закон распределения скорости ветра за 3 года г.Зоя

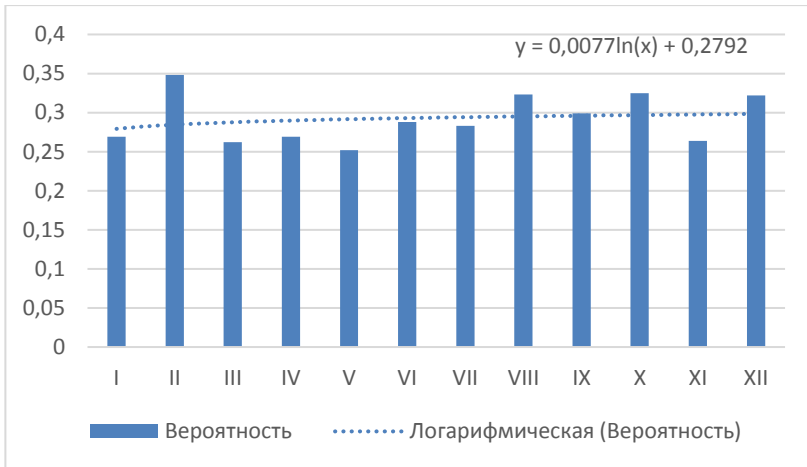


Рис. 2. Закон распределения скорости ветра за 3 года пос. Экимчан

Таким образом закон распределения скорости ветра за последние три года подчиняется логарифмическому закону распределения, о чём говорит полученное уравнение линии тренда. Полученный закон позволяет оценить среднее количество энергии, которое может быть получено от ветроэнергетической установки в перспективе.

Список литературы

1. Ветроэнергетические установки в системах автономного электроснабжения: монография / Н.Г.Коноплёв; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2008. – 152 с.
2. Расторгуев И.П., Новак А.Н. Методика оценки климатического потенциала солнечной и ветровой энергетики// И.П. Расторгуев, А.Н. Новак// Гелиогеофизические исследования. – 2014. -№ 9. – с. 150-160

**УДК 620
ГРНТИ 44.29**

ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Проценко П.П., доц., доцент кафедры энергетики;
Калашников И.К., бакалавр, энергетический факультет,
ФГБОУ ВО Амурский государственный университет»,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В работе рассмотрена необходимость использования технологий промышленного аккумулирования и хранения энергии. Рассмотрена перспектива их применения в Амурской области.

Важность развития технологий накопления и хранения энергии в последнее время связана с рядом значимых факторов, таких как: распространение и развитие генерации электрической энергии на базе возобновляемых источников энергии, неравномерность потребления электроэнергии в пиковые часы и в ночное время, а также несбалансированное размещение электростанций. Данные технологии позволят исключить необходимость строительства и содержания новых резервов мощности.

Технологии аккумулирования и хранения энергии необходимы и для повышения надежности электроснабжения потребителей. Для нетрадиционных возобновляемых источников энергии это связано с тем что их график генерации непостоянен и зависит от определенных условий (ветреная и солнечная погода, приливы и т.д.) таким образом если накапливать вырабатываемую этими источниками энергию, то это повысит равномерность выдаваемой мощности в те часы, когда это нужно потребителю. Также ни одно электрооборудование не может все время работать бесперебойно и в случае аварийной ситуации накопители энергии могут обеспечить бесперебойность электроснабжения потребителей, в частности внимание будет акцентироваться на потребителей первой и второй категории.

Использование накопителей энергии разной номинальной мощности будет способствовать развитию распределенной энергетики, что в свою очередь является наиболее экономически выгодной концепцией.

По сравнению с другими производящими отраслями, в электроэнергетике должно производиться столько товара, т.е. электроэнергии сколько в данный момент требуется потребителю. Это связано с невозможностью хранения излишков энергии в промышленных масштабах.

Поэтому при проектировке электростанций их расчетная мощность выше той что будет идти на транзит потребителю, это необходимо для создания резерва мощности. Из-за дисбаланса между потребляемой и производимой электроэнергией следует ухудшение качества электроэнергии, возможно изменение частоты в энергосистеме или изменение уровня напряжения [1].

В связи с выше перечисленными факторами необходимо объединять генерирующие мощности в объединенные энергосистемы чтобы обеспечивать достаточный уровень маневренности и надежности энергоснабжения. В связи с этим приходится устанавливать много оборудования связующего отдельные электростанции. Это вызывает дополнительные экономические затраты и увеличивает риск выхода из строя отдельных узлов. Все эти проблемы поможет решить развитие технологий аккумулирования и хранения энергии в промышленных масштабах.

Положительные эффекты систем аккумулирования энергии для современных энергосистем:

- аккумулирующие устройства можно будет подключать к любой точке энергосистемы;
- позволят обеспечить более спокойное прохождение дневного максимума и ночного минимума нагрузок;
- резерв на случай аварийной ситуации;
- удешевление электроэнергии;
- позволят перейти на более чистую энергетику, что благоприятно повлияет на экологию и снизит затраты на добычу ископаемого топлива (рис. 1);
- будут способствовать развитию распределенных энергосистем (рис. 2).

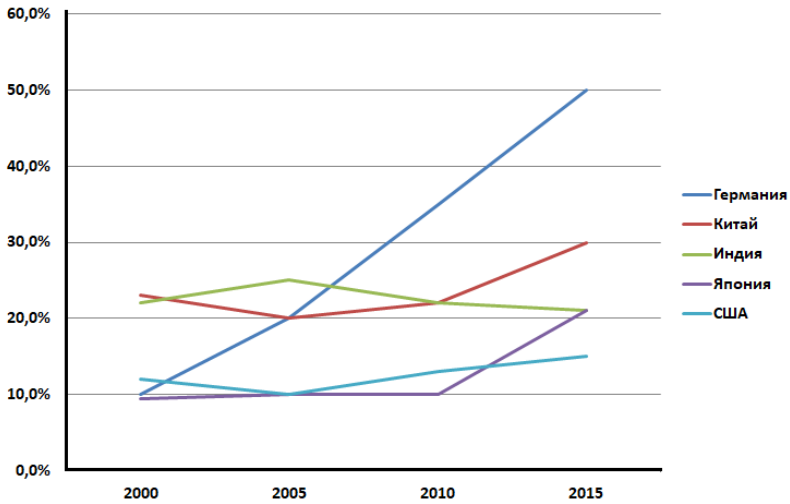


Рис 1. Изменение доли НВИЭ

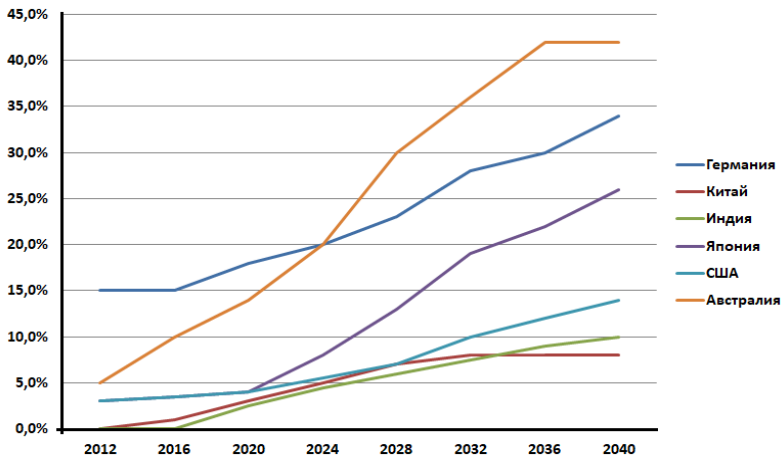


Рис. 2. Прогноз изменения доли децентрализованных мощностей

Также можно подчеркнуть, что все существующие на данный момент системы хранения энергии дороги для крупных промышленных объемов, поэтому различные производители и государства делают масштабные инвестиции в создание новых

способов хранения больших объемов энергии. Но сперва рассмотрим, какие аккумуляторы существуют на данный момент и представляют наиболее существенную значимость для крупного промышленного производства (рис. 3).

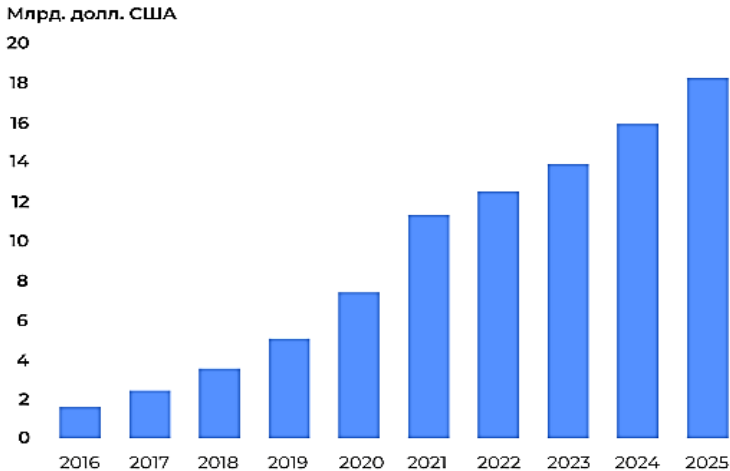


Рис. 3. Мировой рынок систем накопления энергии

Таблица

Классификация технологий накопления энергии

Накопители механической энергии	Химические накопители энергии	Электрические накопители
Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС)	Аккумуляторные батареи (Ni-Cd, Li-ion и т.д.)	Ионисторы
Твердотельная аккумулирующая станция (ТАЭС)	Проточная батарея	Сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИН)
Накопители на сжатом воздухе		

Применение систем накопления и хранения энергии для Амурской области во многом связано с климатическими и географическими параметрами. В области суровые зимы: на

севере, в горных районах средняя температура января достигает отметки минус 31°C, в Благовещенске минус 21,5°C. С этим связано экономически нецелесообразное применение электрохимических накопителей, которые могут стабильно работать только в узком диапазоне температур. Гораздо перспективней и экономически выгодней будет строительство ГАЭС, этому располагает большое количество полноводных рек, таких как Селемджа, Гиллой, Зея, Буря и горный рельеф на севере области, который обеспечит достаточный перепад высот. ТАЭС можно построить практически в любом районе области, она не прихотлива к условиям окружающей среды.

Наиболее перспективные направления внедрения технологий аккумулирования и хранения энергии для Амурской области:

– Использование накопителей вместе с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии:

Амурская область в виду географических особенностей (многочисленные горные массивы), расположения вдали от морского побережья не располагает достаточными ветровыми ресурсами (среднегодовая скорость ветра не превышает 4 м/с), что исключает возможность постройки ветровых парков. Для области наиболее перспективным нетрадиционным источником энергии является солнечное излучение. С учетом облачности и времени года среднее число солнечных часов в сутках в зимние и летние периоды 5 и 12 часов соответственно. Величина солнечной радиации: на севере 90-95 ккал/см², на юге 110-117 ккал/см² в год. Таким образом для Амурской области есть большая перспектива использовать солнечные электростанции, а для их нормального режима работы необходимо строительство накопителей энергии.

– Использование накопителей для резервирования наиболее важных потребителей электроэнергии.

На территории области действуют такие предприятия как космодром Восточный, ГПЗ, Амурский завод железобетонных конструкций, начато строительство Амурского ГХК. Эти потребители являются особо важными для государства, даже кратковременный перебой в электроснабжении нарушит

сложный технологический процесс и приведет к экономическим издержкам.

– Применение в населенных пунктах, отдаленных от основной энергосистемы.

На территории области есть несколько населенных пунктов находящихся в труднодоступных условиях (села: Бысса, Игнашино, Осежино; поселки: Снежногорский, Апрельский) и поэтому их энергосистема является децентрализованной. Питание они получают от дизель-генераторных электростанций. Применение накопителей энергии обеспечит ряд преимуществ:

– резерв на случай аварийной ситуации или кратковременных ремонтных работ;

– стабилизирует частоту и напряжение в сети при прохождении пиковых нагрузок;

– обеспечит более равномерный график нагрузки в течении суток, что приведет к уменьшению расхода топлива, уменьшению затрат на топливо и уменьшению выбросов в атмосферу.

Список литературы

1. Эрикссон, К. Хранение энергии: что, как и почему / К. Эрикссон, О. Нью // Экология и право. – 2019. - №74. – С. 22 – 24.

2. Пат. 2699855 Российская Федерация, МПК F03G 3/00, F03G 7/08. Промышленная система накопления энергии / С. В. Солобьев, А. А. Брызгалов; ООО «Энергозапас». – № 2018123773; Заявл. 29.06.2018; Опубл. 11.09.2019, Бюл. №26.

3. Savard, С. Развитие технологий накопления электрической энергии / С. Savard, Э. В. Яковлева // Молодой ученый. – 2017. - №50. – С. 76 – 81.

УДК 620.92
ГРНТИ 44.29

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Проценко П.П., доц., доцент кафедры энергетики;
Николаева Т.А., бакалавр, энергетический факультет,
ФГБОУ ВО Амурский государственный университет»,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В исследовании поставлена задача проанализировать структуру источников биоэнергии, а также оценить эффективность применения биогазовых установок.

Недостаток энергии, истощение топливных ресурсов и ухудшение экологического состояния окружающей среды демонстрируют необходимость перехода на альтернативные источники энергии.

Анаэробный процесс переработки биоэнергетических отходов в биогазовых установках представляется одним из основных методов получения возобновляемого вида топлива. Возникновение огромного количества отходов оказывает отрицательное воздействие на внешнюю среду, это приводит к потребности существенных капитальных и эксплуатационных расходов по их переработке и захоронению.

Причины привлекательности и препятствия для строительства биогазовых установок представлены на рисунках 1 и 2.

Для того чтобы процесс получения газа был устойчивым и постоянным, желательно строить несколько биогазовых установок.

Конструкция БГУ зависит от технологии получения газа и некоторых параметров (рис. 3).

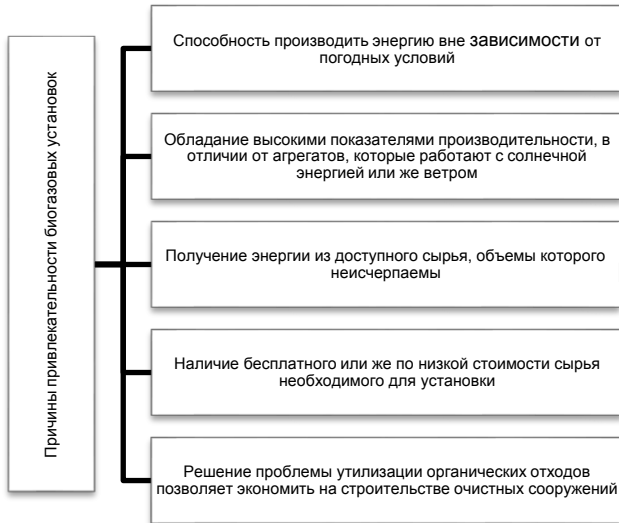


Рис. 1. Причины привлекательности биогазовых установок

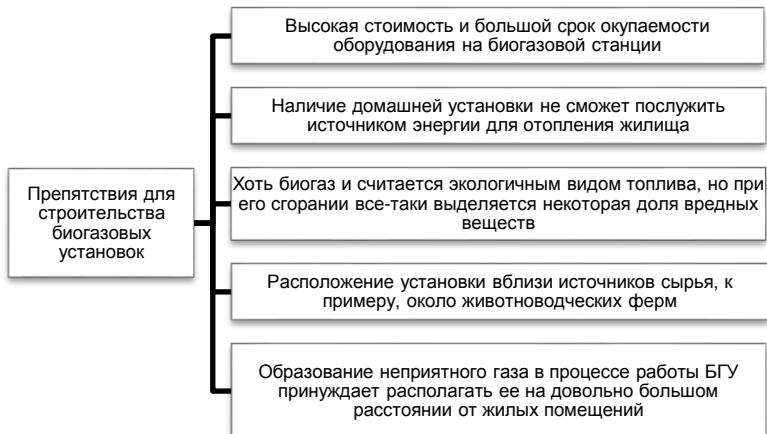


Рис. 2. Препятствия для строительства биогазовых установок



Рис. 3. Основные параметры, влияющие на конструкцию БГУ

Производство биогаза происходит следующим образом:

1. Продукты животноводства (навоз), пищевые и другие отходы (переработка древесины), поступают в резервуары для хранения.

2. Для сырья, требующего измельчения, эта операция также выполняется, затем готовое сырье, с помощью насосов, конвейеров, вводится в переходной резервуар (кислототенк), где происходит нагревание биомассы.

3. Приготовленное сырье отправляется в биореактор, который обязан обладать высокой прочностью, кислотостойкостью, герметичностью, для определения развития производства биогаза.

4. Чтобы создать оптимальные условия для разложения приготовленного сырья и ускорить процесс ферментации, в реакторе обычно устанавливаются устройства, которые обеспечивают дополнительный нагрев и перемешивание продуктов разложения.

5. В результате разложения и брожения по истечении определенного периода времени, который зависит от первоначального сырья и функциональных возможностей конкретной установки, образуются биологический газ и биоудобрения.

6. Биогаз скапливается в газгольдере, который может быть отделен от реактора или установлен вместе с ним в одном

корпусе.

7. Биодоброения аккумулируются в резервуаре самого биореактора, и после прекращения процесса брожения они удаляются для последующего использования.

8. Биологический газ, под давлением, создаваемым в газгольдере, поступает в систему очистки, впоследствии он используется потребителями в быту, а также для получения электрической и тепловой энергии.

Применение биогазовых установок на животноводческих фермах дает возможность решить некоторые задачи, такие как:

- получение дополнительных источников тепловой энергии;
- соблюдение правил охраны окружающей среды;
- использование ценного органического удобрения на полях;
- создание малоотходного и безотходного производства.

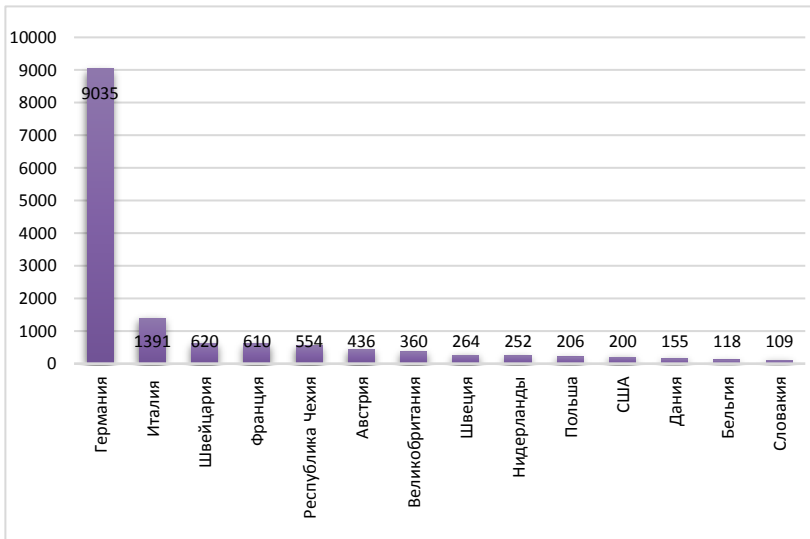


Рис. 4. Биогазовые установки в Европе

Совершенствование биогазовых технологий происходит достаточно быстрыми темпами, а именно в странах, в которых

активно развивается сельское хозяйство. Не так давно, производство биологического газа из животноводческих сельскохозяйственных отходов и сельскохозяйственных энергетических культур, стало расти стремительным темпом.

В настоящее время наибольшее количество БГУ функционируют в Китае около 15 млн., второе место занимает Индия, где около 10 млн. установок, а также динамично развивается строительство биогазовых установок в Европе (рис. 4) [3].

На сегодняшний день европейский рынок БГУ расценивается в 2 млрд. долларов, по оценкам, он должен вырасти до 25 млрд. к 2020 г. [3].

В России БЭК насчитывается единицы, но ее переход на собственный биологический газ, бесспорно, связан с значительными экономическими выгодами.

Лидером по производству биогаза в России, очевидно, является биогазовая станция «Лучки» (Прохоровский район, Белгородской области) мощностью 24 МВт, которая была введена в эксплуатацию 25 июня 2012 года [2]. В скором времени намечено строительство трех новых станций, а в далеком будущем планируется построить более 100 биоэнергетических комплексов (БЭК).

Ввод в эксплуатацию первой БГУ (мощность 320 кВт) было выполнено в ноябре 2009 года в деревне Дошино (Медынский район, Калужской области) корпорацией «БиоГазЭнергоСтрой» [2]. В качестве сырья предприятие использует органические отходы крупного рогатого скота, силос и кормовые отходы.

В данной работе производится оценка эффективности применения биогазовой установки на объекте с проектной мощностью 2200 голов и реальной мощностью 1200 голов (табл.1).

В качестве объекта исследования была рассмотрена мегаферма «МилАНКа» (с. Грибское Благовещенского района) [1].

Таблица 1

**Результаты эффективности биогазовой установки проектной
и реальной мощности**

Расчётные формулы	1200 голов	2200 голов
Выход биогаза при полном разложении СОВ навоза $V_{ПОЛ}$, м ³		
$V_{ПОЛ} = n_{ЭК} \cdot m_{СОВ}$	1014,4 м ³	1926,4 м ³
Объём полученного биогаза при выбранной продолжительности метанового брожения $V_{\bar{o}}$, м ³		
$V_{\bar{o}} = V_{ПОЛ} \frac{n_t \%}{100}$	725,76 м ³	1330,56 м ³
Объём метантенка V_M , м ³		
$V_M = \frac{m_{СВ}}{n_V}$	1200 м ³	2200 м ³
Количество теплоты, необходимое для подогрева загружаемой массы до температуры брожения в сутки $Q_{ПОД}$, МДж		
$Q_{ПОД} = m_{сут\bar{ж}} \cdot C_C (T_{ПР} - T_{ЗАГ}) \frac{1}{\eta}$	4872,69 МДж	8933,26 МДж
Количество теплоты, теряемое субстратом в процессе теплоотдачи через реактор в окружающую среду за час $Q_{ПОТ}$, Вт		
$Q_{ПОТ} = kF (T_{ПЛ} - T_{ср\bar{е}д}) \frac{1}{\eta}$	2790 Вт	2790 Вт
Общие затраты энергии на поддержание процесса в сутки $Q_{общ}$, МДж/сут		
$Q_{общ} = Q_{ПОД} + Q_{ПОТ} \cdot 24 + (Q_{мех} \cdot t_{раб})$	5443,69 МДж/сут	9504,26 МДж/сут
Потенциальные запасы энергии биогаза, выработанного в сутки $Q_{выр}$, МДж		
$Q_{выр} = V_{\bar{o}} \cdot C_{\bar{o}}$	15966,72 МДж	29272,32 МДж
Энергетический эффект установки $\mathcal{E}_{\bar{o}}$, Гкал/сут		
$\mathcal{E}_{\bar{o}} = Q_{выр} - Q_{общ}$	2,513 Гкал/сут	6,765 Гкал/сут
Коэффициент товарности биогазовой установки $K_{ТОВ}$		
$K_{ТОВ} = \frac{Q_{выр} - Q_{общ}}{Q_{выр}} \cdot 100\%$	65,9	96,75

В 2006 году компания АНК выиграла тендер на строительство мегафермы – самой крупной в Приамурье [1].

На мегаферме «МилАНКа» имеется огромное количество животноводческих отходов. Стимулом к их использованию для производства биологического газа является решение экологических проблем, а также получение высокоэффективных удобрений. В настоящее время навоз с комплекса не утилизируется, а вывозится в отвалы [1].

На основе расчетов можно сделать вывод, что коэффициент товарности биогазовой установки, выход биогаза и количество теплоты возрастают с увеличением числа голов. Таким образом, чем больше БГУ, тем выше ее рентабельность и короче сроки окупаемости.

Применение навоза с местных животноводческих ферм в качестве биологического топлива является эффективным решением многочисленных проблем, таких как:

- утилизация навоза;
- производство органических удобрений;
- улучшение экологического состояния окружающей среды;
- занятость населения в сельской местности (создание новых рабочих мест).

Строительство биогазовой установки позволит компании не зависеть от повышения тарифов на электроэнергию и обеспечит доступ к недорогому электричеству и теплу.

Список литературы

1. Агрохолдинг АНК – Животноводство: [сайт]. URL: <https://ank-agro.nethouse.ru/cattle>
2. Развитие рынка биотоплива в мире и в Российской Федерации, ФГБУ РЭА, 2011 - 56 с.
3. Хоруженко, Е. С. Развитие рынка биотоплива в мире / Е. С. Хоруженко, В. К. Дорогов // Инновационная экономика: материалы IV Междунар. науч. конф. - Казань: Бук, - 2017. - С. 27-31.
4. Хамоков, М. М. Производственная и энергетическая эффективность использования биогазовой установки / М. М. Хамоков, Ю. А. Шекихачев, В. З. Алоев, В. С. Курасов, Т. Б. Темукуев // КубГАУ. - 2012. - № 76(02). - С.1-10.

УДК 631.171:631.223.2
ГРНТИ 689.85.85

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ФЕРМЕ

**Прищепов М.А., д-р техн. наук, доц.,
Григорьев Р.Д., аспирант,
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь**

Рассматривается характеристика электродных процессов, материалов электродов, обоснованы направления совершенствования электротехнологического оборудования для обработки воды на животноводческой ферме.

На современной животноводческой ферме используется большое количество оборудования, чувствительного к качеству воды. Важнейшими проблемами здесь являются избыточная (более $0,4 \text{ мг/дм}^3$) концентрация солей кальция и железа, которые нарушают работу наиболее уязвимых частей гидравлического оборудования (вентили, клапаны, распылители, нагреватели и др.). Избыточная минерализация приводит к увеличению буферной емкости воды, что влечет за собой снижение эффективности моющих и дезинфицирующих средств. В результате увеличивается выброс в окружающую среду отработанных химикатов. Плохая мойка и дезинфекция являются причиной порчи продукции в процессе ее производства и хранения, при этом повышается риск распространения инфекционных заболеваний. Поэтому, разработка способа электротехнологической очистки воды от солей с одновременной дезинфекцией, позволит решить указанные проблемы.

Основным устройством при реализации электротехнологической обработки воды является электролизер (электрохимический реактор), который представляет собой блок гидравлически и электрически соединенных электролитических

элементов, конфигурация и схема соединения которых зависит от конкретных условий и свойств воды.

Электроды - важнейшая и наиболее дорогостоящая часть оборудования для электротехнологической обработки воды и должны соответствовать следующим требованиям:

- материал электродов должен обладать минимальным перенапряжением выделения необходимых веществ и максимальным, по отношению к реакции выделения нежелательных веществ;

- качество поверхности электрода должно обеспечивать минимальное экранирование пузырьками газов (газовая поляризация);

- материал электродов должен быть электрохимически стойким, а его участие в электрохимических реакциях - минимальным;

- по возможности, обладать каталитическими свойствами по отношению к реакциям образования необходимых веществ.

Для изготовления электродов, как правило, применяются химически стойкие материалы, которые отличаются потенциалом электрохимической реакции разложения. Для того, чтобы материал анода не подвергался электрохимическому износу, потенциал реакции разложения его материала должен быть выше, чем потенциал реакции, протекающей в растворе на границе раздела фаз проводников первого и второго рода. Чаще всего в качестве анода используют электроды, состоящие из металлической подложки, имеющей на своей поверхности электрохимически стойкий слой. Для изготовления материала подложки чаще всего используют титан, тантал и другие металлы. Для изготовления покрытий применяют различные материалы и их композиции. В настоящее время получили распространение покрытия из оксида иридия и оксида тантала, диоксида рутения или диоксида титана, диоксида марганца. Известны также многокомпонентные составы покрытий (оксид иридия, оксид рутения, диоксид титана и др.) Широко распространены покрытия из платины и других металлов платиновой группы, которые не только имеют высокую электрохимическую стойкость, но и обладают каталитическими

свойствами по отношению к анодной реакции ионизации водорода и катодной реакции его образования. Платиновые покрытия используются совместно с оксидом палладия или с оксидом иридия, повышающим стойкость электрода. Существуют различные способы создания содержащих платину покрытий (ионное легирование титана и др.)

Чаще всего платинирование проводится методом электрохимического осаждения, который позволяет получить покрытия от 0,1 до 200 мкм и является наиболее удобным в технологическом отношении способом. Однако поверхность получается пористой, что, несмотря на более низкое перенапряжение выделения хлора и кислорода, чем на гладкой поверхности, рассматривается как явление нежелательное и приводящее к увеличению интенсивности износа анода. Существующие способы сглаживания путем шлифования и отжига, а также заполнения пор другими металлами приводят к потере материала и удорожанию процесса.

В то же время существуют примеры изготовления электродов из более дешевых и доступных материалов, не обладающих высокой электрохимической стойкостью (графит, магнетит, никель и др.).

Необходимо отметить, что анод только условно можно считать пассивным. В действительности же в большинстве случаев имеет место течение нежелательных электрохимических реакций с участием его материала, которые в общем случае могут быть представлены уравнением

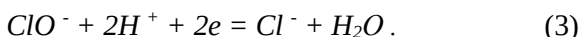
$$M - Ze = M^{Z+} . \quad (1)$$

Потенциал протекания данной реакции зависит от расположения материала анода в ряду электрохимических напряжений металлов, а также направления и интенсивности работы ячейки. Существенное увеличение напряжения выше потенциала разряда ионов металла, сопровождающееся изменением направления протекания электрохимических процессов, приводит к увеличению доли участия материала анода в электрохимических реакциях и его разрушению в результате электрохимической коррозии.

Продукты вторичных электрохимических реакций, которые являются достаточно активными, по сравнению с исходной солью, в свою очередь также могут вступать во взаимодействие с компонентами раствора. Результатом этого взаимодействия могут стать нежелательные, с точки зрения необходимых технологических свойств растворов, процессы, связанные с протекающим в одну или несколько стадий распадом активных компонентов, например:



и далее



Равновесные потенциалы катодного и анодного процессов становятся более отрицательными с ростом pH и могут быть высчитаны по уравнению Нерста:

$$E_p^a = E_o^a + \frac{2,3RT}{F} \lg H^+ \quad (4)$$

$$H_p^k = E_p^k + \frac{2,3RT}{F} \lg H^+, \quad (5)$$

где E_o^a , E_o^k - стандартные потенциалы анодной и катодной реакции, В.

В соответствии с уравнением Гиббса-Гельмгольца теоретическое напряжение разложения снижается при увеличении температуры, кроме того растворяющиеся газы (хлор и кислород) вступают в химические реакции, которые протекают с выделением тепла. Однако, абсолютное значение энтальпии процесса образования воды из газов выше свободной энергии этого процесса, поэтому электролиз воды всегда идет с поглощением тепла. Из этого следует, что потери энергии с уходящими газами могут считаться пропорциональными равновесным потенциалам катодной и анодной реакции.

Концентрационная поляризация, обусловленная работой гальванического элемента с ЭДС, направленным против ЭДС

источника, пропорциональна отношению концентраций веществ в анолите и католите:

$$E_{\kappa\lambda} = \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{C_1}{C_2}, \quad (6)$$

где $E_{\kappa\lambda}$ - концентрационная поляризация, В;

T - температура, К;

n - количество вещества, участвующего в реакции, моль;

F - число Фарадея ($F = 96500$ Кл/моль);

C_1 ; C_2 - концентрации веществ в анолите и католите, моль/л.

Для изготовления катода нет необходимости выбирать дорогостоящие материалы, поскольку он не подвергается электрохимическому износу. Как правило, используют материалы с низким перенапряжением выделения водорода (железо, никель, кобальт или их сплавы), нержавеющие стали, в том числе содержащие на своей поверхности активные покрытия из металла или окиси (никеля, кобальта, хрома и др.), а также устойчивый к обычной коррозии полированный титан. Электроды из нержавеющей стали обладают невысокой смачиваемостью и поэтому меньше экранируются пузырьками водорода.

При этом разряд молекул воды протекает с образованием ионов гидроксила и атомарного водорода с последующей его рекомбинацией в молекулы по каталитическому или электрохимическому механизму:



Потенциал реакции образования водорода очень невысок, и она протекает с выходом по току близким к 100%. Побочные катодные реакции практически отсутствуют. Последовательное включение электродов ячейки обеспечивает равенство токов. Поэтому в балансе ячейки катодные процессы не являются лимитирующими, не смотря на значительную разницу сдвига потенциалов катодной и анодной реакции в сторону от равновесного.

Вторая фаза катодного процесса характеризуется образованием щелочи в результате взаимодействия ионов гидроксила с катионами соли, например:



При этом выделяющийся водород мешает нормальному протеканию процесса. В качестве перспективного направления рассматривается возможность утилизации содержащего в себе значительное количество энергии водорода путем его разряда у анода, что позволит уменьшить долю участия материала анода в электрохимических реакциях и увеличить срок его службы. Разряд водорода имеет химический эффект, обеспечивающий искомое изменение рН воды, с образованием связанных химических соединений, представляющих меньшую технологическую и экологическую опасность.

Таким образом, исследования должны быть направлены на разработку конструкции электролизера, позволяющей устранить недостатки уже существующих электротехнологических устройств, путем использования:

- простой, лишенной дорогостоящих материалов конструкции ячейки и способа разделения потоков, позволяющей эффективно использовать воду с максимальным выходом фильтрата;

- ячейки с низким сопротивлением, позволяющей более эффективно использовать электрическую энергию на процесс электролиза;

- оригинальной конструкции электролизера, позволяющей эффективно утилизировать электролизные газы, которые обычно мешают процессу, и использовать их для уменьшения энергоемкости процесса, увеличения технологического эффекта обработки, а также увеличения надежности и долговечности электродов.

Список литературы

1. Григорьев, Р.Д. Исследование электротехнологии подготовки воды на свиноводческом комплексе / Р.Д. Григорьев // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сборник научных трудов / ГГАУ. - Гродно, 2018. - Т. 41: Зоотехния. - С. 41-47

2. Ивашко, В.С. Водоснабжение животноводческих комплексов с применением погружных электронасосных агрегатов: монография / В.С. Ивашко [и др.]; под науч. ред. В.К. Пестиса. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 251 с.

3. Прищепов, М.А. Выбор электротехнологического оборудования для подготовки воды на животноводческой ферме / М.А. Прищепов, Р.Д. Григорьев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, (Минск, 21-23 ноября 2018 года) - Минск: БГАТУ, 2018. - С. 516-519

4. Прищепов, М.А. Электротехнология водоподготовки в энергетическом балансе фермы / М.А. Прищепов, Р.Д. Григорьев // Актуальные вопросы энергетики в АПК: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, (Благовещенск, 27 февраля 2019 г.) – Благовещенск: ДальГАУ, 2019. – С. 35-38.

УДК 637
ГРНТИ 65.63

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СИСТЕМЕ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ, С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ ТЕПЛО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

**Леонович И.С., старший преподаватель,
Раицкий Г.Е., канд.техн.наук, доц.,
УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь**

Рекуперация тепла в системе сушки возможна при условии очистки и кондиционирования теплоносителя.

Эксплуатация конвективных распылительных сушилок для молочных продуктов сопряжена с большими энергетическими затратами, на подогрев теплоносителя-воздуха и обеспечение работы агрегатов распыления и аспирации отработанного воздуха. Нормативные затраты на 1 кг, например, сухого молока,

составляют 18% от полной себестоимости продукта. На 1 кг испаренной влаги в сушилках такого типа затрачивается около 3 кг насыщенного водяного пара, что несравнимо с повышением концентрации выпариванием, где, на современных вакуум-выпарных установках затрачивается 1 кг пара на 14÷20 кг испаренной влаги. Повышение концентрации методами мембранных технологий энергетически экономичнее в сотни раз. Тем не менее достижение параметров нормативной влажности в сухих молочных продуктах (2÷4%), показателей растворимости, нативности готового продукта, в настоящее время возможно только с использованием распылительных сушилок разных марок, преимущественно иностранного производства. Преобладают установки с производительностью 1,0-2,5 тыс. кг испаренной влаги в час. При этом объем теплоносителя нагретого до 170÷220°C находится в диапазоне 36÷130 тыс. м³ в час.

В республике Беларусь распылительные сушилки используются на 67 предприятиях молочной промышленности. Тепловая энергия во всех случаях получается сжиганием газа или нефтепродуктов и используется однократно – пропускается в зону сушки продукта, выводится в систему аспирации, с целью осаждения продукта из отработанного теплоносителя и далее – в окружающую среду. Рекуперация тепла затруднена по двум основным причинам: наличием в теплоносителе большого количества не осажденного продукта (250÷800 мг/м³) и повышенным влагосодержанием этого теплоносителя. Таким образом повторное использование тепловой энергии (рекуперации) возможно при решении двух задач. Первая – полное разделение пыли-теплоносителя на две фазы – газообразную, в виде чистого воздуха и твердого в виде порошка сухого готового продукта. Вторая – снижение влагосодержания чистого воздуха, до минимальных ее значений.

Первая задача в значительной степени разрешена для сушильных установок с небольшим расходом теплоносителя (до 46 тыс. м³) использованием рукавных фильтров. Таким образом на таких установках возникает возможность частичной рециркуляции теплоносителя и рекуперации теплового потока. Следует иметь в виду, что, например, при сушке молочной сыворотки температура теплоносителя на выходе из сушильной

установки достигает $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако использование всей тепловой энергии при рециркуляции невозможно, поскольку понижение влагосодержания теплоносителя физически достигается только за счет конденсации водяных паров, т.е. их охлаждения до точки росы. Тем не менее для высокопотенциального теплового потока температуры конденсации достаточно высоки. Использование хладагента в условиях молочных заводов не сопряжено со значительными затратами. Следует иметь в виду, что перегрев влаги в воздухе до высоких рабочих температур ($170\div 250\text{ }^{\circ}\text{C}$) ведет к значительным затратам тепла и кондиционирование по влагосодержанию даже свежего, забираемого из окружающей среды, воздуха, рационально. Рассмотрим здесь некоторые предпосылки для принятия решения по использованию технологии кондиционирования свежего воздуха, имея в виду, что она вполне применима и к рециркулируемому, в случае обеспечения его достаточной очистки.

Оптимальным является использование сухого воздуха. В материальном и тепловом балансах речь всегда идет о абсолютно сухом воздухе. Вместе с тем на производстве нет и речи о подготовке к сушке именно сухого воздуха. Свежий воздух забирается или из помещения сушильного цеха или, через вентиляционную камеру, из окружающей среды, абсолютная влажность которой изменяется во взаимосвязи с температурой воздуха, погодой и, следовательно, с сезоном года. В морозный ясный день влагосодержание будет минимальным, так же как и при многодневном летнем сухом периоде. При дождливой погоде в весенне-летне-зимний периоды влагосодержание может быть максимальным.

Нами исследованы среднемесячные показатели относительной влажности воздуха в регионах Республики Беларусь за последние 20 лет. Средняя относительная влажность составляет 80%, с пиками max, min, соответственно: декабрь-февраль, май-июнь.

Рассмотрим фрагмент диаграммы d-i (d-влагосодержание – i-теплосодержание) с целью уяснения фазных преобразований водяного пара в влажном воздухе (диаграммы Рамзина).

Диаграмма d-i для влажного воздуха приведена на рис. 1. Вертикальные линии соответствуют постоянному значению

влажностерержания $d=\text{const}$. Линии соответствующие постоянному значению энтальпии $i=\text{const}$, приведены под углом 135°C .

Жирная кривая соответствует относительной влажности воздуха $\varphi=1$ (100%) и разделяет область ненасыщенного влажного воздуха – левее и выше $\varphi=1$ – и область тумана, которая лежит правее и ниже кривой, соответствующей $\varphi=1$.

В области ненасыщенного влажного воздуха проведены кривые линии постоянной относительной влажности $\varphi=0,8; 0,6; 0,4$ и т.д.

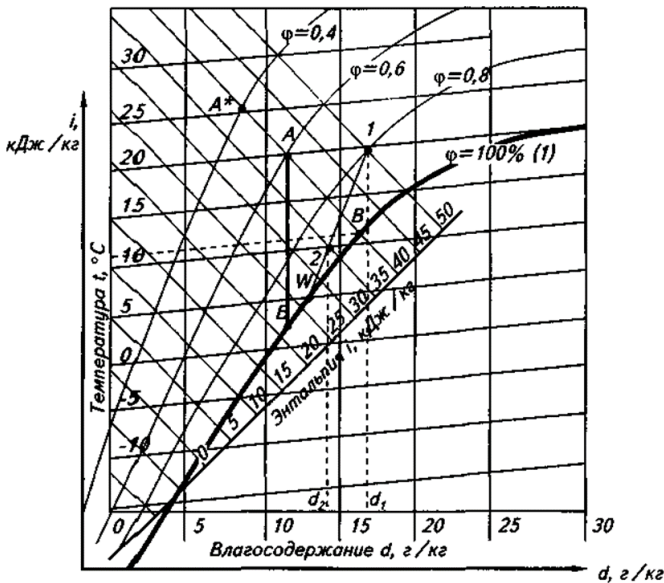


Рис. 1. Диаграмма $d-i$ для влажного воздуха

Линии постоянной температуры $t=\text{const}$ идут с небольшим подъемом от горизонтальных.

Таким образом, состояние влажного воздуха в диаграмме характеризуется точкой, которую можно найти на пересечении любых двух линий: $i=\text{const}$ и $t=\text{const}$ или $d=\text{const}$ и $i=\text{const}$ и т.п. По этой точке можно найти значения и других ее параметров. Если точка лежит между линиями, то значения параметров находят интерполированием.

На рисунке 1 показан ряд процессов. Вертикальная линия А-Б соответствует процессу охлаждения воздуха при постоянном влагосодержании $d=\text{const}$, а температуру в точке Б, лежащей на линии $\phi=100\%$, называют температурой точки росы (примерно 3°C) для состояния влажного воздуха в точке А, с температурой 20°C .

Из рассмотрения диаграммы видно, что для точки 1, температура воздуха в которой равна 20°C , так же как и в точке А, температура точки росы В будет существенно выше (примерно 12°C), что объясняется более высоким влагосодержанием воздуха в точке 1 по сравнению с точкой А.

На диаграмме показан процесс 1-2, соответствующий конденсации водяных паров d_1-d_2 (г/кг воздуха).

Общее количество влаги, выпадающей на поверхности аппарата, можно найти, умножив найденную разность влагосодержаний Δd на общее количество воздуха G_v (кг/с), проходящего через воздухоохладитель.

Произведем расчет теплового баланса на нагревание влажного воздуха летнего периода, для наиболее распространенной одностадийной сушильной установки VRA-4 с использованием уравнения

$$Q=G \cdot c(t_2-t_1), \text{ кДж/кг} \quad (1)$$

где $G=G_{\text{с.в.}}+G_{\text{в.п.}}$, $G_{\text{с.в.}}$ – массовый расход сухого воздуха, кг/ч;

$G_{\text{в.п.}}$ – массовый расход водяного пара, кг/ч;

$c=c_{\text{с.в.}}+c_{\text{в.п.}}$, $c_{\text{с.в.}}$ – удельная теплоемкость сухого воздуха, кДж/кг·К;

$c_{\text{в.п.}}$ – удельная теплоемкость водяных паров, кДж/кг·К;

t_1 – температура воздуха на входе в калориферную батарею (теплогенератор) $^{\circ}\text{C}$, $t_1=17^{\circ}\text{C}$;

t_2 – температура воздуха на выходе из батареи калориферов (теплогенератора) $^{\circ}\text{C}$, $t_2=180^{\circ}\text{C}$.

Для VRA – объем воздуха V составляет $42 \div 46$ тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$G=V \cdot \rho, \quad (2)$$

где ρ – плотность сухого воздуха и водяного пара.

Для сухого воздуха

$$G=44000 \cdot 1,217=53548 \text{ кг/ч.}$$

При средней летней температуре влажного воздуха 17°C и относительная влажность 73-78%, определяем, что точка росы при заданных параметрах составляет 15°C, а влагосодержание воздуха 13 г/м³.

Расход теплоты для нагрева воздуха

$$Q=53548 \cdot 1,0(180-17)=8728324 \text{ кДж/ч.}$$

Расход теплоты на нагрев водяных паров содержащихся в воздухе при начальных условиях

$$Q_n=44000 \cdot 0,0172 \cdot 1,874(180-17)=231173 \text{ кДж/ч.}$$

здесь $c_n=0,0172 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$; $\rho_n=1,874 \text{ кг/м}^3$.

Очевидно, что при кондиционировании влажного воздуха по влагосодержанию, путем частичной конденсации водяных паров до нагревания влажного в батарее калориферов, можно снизить расход теплоты на подготовку теплоносителя для сушильной установки. Например если снизить влажность на 70% от начальной, соответственно уменьшить и перерасход тепла

$$\Delta G_n=0,7 \cdot Q_n=0,7 \cdot 231173=161871 \text{ кДж/ч.}$$

При этом следует помнить, что при использовании сушилок для сушки сыровоточных продуктов температура теплоносителя может быть поднята до 230 °C, в связи со структурой сыровотки.

Нами разработаны и запатентованы способ кондиционирования воздуха, используемого в качестве сушащего агента в распылительных сушильных установках [7] и устройства для его осуществления [5,9].

Список литературы

1. Леонович, И.С. Влияние влажности сушащего агента на производительность распылительных сушилок / И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий, Т.П. Троцкая // Современные технологии сельскохозяйственного производства: м-лы XV международной научно-практической конференции/ УО «ГГАУ». Гродно, 2012. С. 299-300.
2. Леонович, И.С. Способ кондиционирования воздуха на распылительных сушильных установках / И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий // Современные технологии сельскохозяйственного производства: м-лы

XVI международной научно-практической конференции/ УО «ГГАУ». Гродно, 2013. С. 95-97.

3. Леонович, И.С. Оценка потерь продукта при работе сушилок распылительного типа / И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий // Современные технологии сельскохозяйственного производства: м-лы XVIII международной научно-практической конференции/ УО «ГГАУ». Гродно, 2015. С. 268-269.

4. Раицкий, Г.Е. К вопросу больших потерь при сушке молочных продуктов на распылительных сушилах /Раицкий Г.Е., Леонович И.С. //Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО «ГГАУ». – Гродно, 2015. Т.31: Зоотехния. – С. 182-191.

5. Раицкий, Г.Е. К вопросу энергоэффективности использования распылительных сушилок при производстве сухих молочных продуктов // Г.Е. Раицкий, И.С. Леонович // Энергетика и информационные технологии: мат. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та. – Благовещенск, 2017. С. 120-124.

6. Раицкий, Г.Е. Разработка и задачи исследования установки для очистки теплоносителя распылительной сушилки перед выпуском в атмосферу / Г.Е. Раицкий, И.С. Леонович // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО «ГГАУ». - Гродно, 2018. - Т. 41: Зоотехния. – С. 230-237.

7. Способ кондиционирования воздуха, используемого в качестве сушащего агента в распылительной сушильной установке. Патент РБ на изобретение №20296, МПК F24F 3/00/ И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий, О.П. Шабунько, А.С. Коломиец; заявитель и патентообладатель УО Гродненский государственный аграрный университет. заявл. 17.12.2012; опубл. 30.08.2016.

8. Троцкая, Т.П. Экономия энергии при работе распылительных сушилах за счет снижения влажности сушащего агента/ Т.П. Троцкая, Г.Е. Раицкий, И.С. Леонович // Пищевая промышленность: наука и технологии / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; РУП НПЦ НАН Беларуси по продовольствию. - Минск, 2014. - №. 2. – С. 70-74.

9. Устройство для осушки воздуха. Патент РБ на изобретение № 20424, F 24F 3/14/ И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий, О.П. Шабунько, А.С. Коломиец; заявитель и патентообладатель УО Гродненский государственный аграрный университет. заявл. 11.03.2013; опубл. 30.10.2016.

10. Шавра, В.М. Основы холодильной техники и технологии (для учащихся и практических работников) – М. ДеЛи принт, 2004. – 187 с.

УДК 621
ГРНТИ 44.29

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Кушаев С.Х., канд. с.-х. наук, доцент,
Лихов А.М., магистрант 1 курса,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия**

Статья посвящена проблемам использования низкопотенциальной энергии и перспективным способам обеспечения предприятий альтернативными видами энергоресурсов.

Большое количество мелких рек и ручьёв и скважин создает условия для использования гидравлической энергии в сельскохозяйственном производстве. В то же время излишний напор можно было бы использовать для выработки электрической энергии. Таким способом может вырабатываться электрическая энергия на магистральных газопроводах [1,2]. Газ из магистральных газопроводов, расположенных в зонах пастбищ, можно использовать для подъёма воды в безмоторных насосах без промежуточной выработки электрической энергии [3].

Для подачи воды из открытых водоисточников служат гидравлические тараны, работа которых основана на использовании явлений, протекающих при гидравлическом ударе в трубопроводе. При этом используется энергия движущейся с некоторым перепадом воды. Установка состоит из питательной трубы, ударного клапана, нагнетательного клапана, воздушного колпака, напорного трубопровода.

Работает водоподъёмник следующим образом. Вода из источника по питательной трубе поступает в воздушный колпак, сжимает воздух и частично заполняет напорный трубопровод. При этом ударный клапан закрыт, а нагнетательный находится в нерабочем положении. Если принудительно открыть ударный клапан, то вода будет вытекать через него с возрастающей скоростью, давление будет повышаться, и когда сила давления

превысит вес ударного клапана и его сопротивление, клапан закроется, истечение воды прекратится, что приведет к гидравлическому удару. Давление в питательной трубе станет выше, чем в воздушном колпаке, и вода через нагнетательный клапан будет поступать в колпак, сжимать воздух и подниматься по напорному трубопроводу. Когда давление в питательной трубе понизится, напорный клапан закроется, а ударный откроется. Вода будет вновь истекать через ударный клапан, и цикл повторяется. В дальнейшем процесс будет происходить автоматически, т. е. вода будет изливаться через ударный клапан и закрывать его, а повышенное давление будет открывать нагнетательный клапан.

На работу гидравлического тарана влияет расход в нагнетательной трубе - производительность тарана - q ; расход в питательной трубе Q ; высота падения (рабочий напор) H ; высота нагнетания h , равная сумме величин геометрической высоты подъёма h_z и потерь напора в трубопроводе h_n

Коэффициент полезного действия гидротаранной установки определяют по формуле:

$$\eta = \frac{q \cdot h}{Q \cdot H}. \quad (1)$$

Подача воды на высоту осуществляется за счёт использования энергии воды Q , находящийся на высоте H . При этом через ударный клапан выливается расход Q_n . Расход через питательную трубу:

$$Q = q + Q_n. \quad (2)$$

Размеры питательной трубы влияют на производительность установки и не могут быть произвольными. Так, при уменьшении длины питательной трубы уменьшается время цикла, и если оно будет меньше времени закрытия ударного клапана, произойдет непрямой гидравлический удар, что приведет к снижению КПД установки.

Повышают подачу гидравлического тарана увеличением объёма колпака и диаметра питательной трубы, а также использованием многоклапанных таранных установок.

Гидравлический таран может обеспечить подъём воды до 100 м и подачу от 7 до 200 л/мин при перепаде от 1 до 5 м. В таране отсутствуют приспособления для понижения давления воздуха в

колпаке, а стабильная работа возможна благодаря наличию специальной диафрагмы. Большие значения производительности соответствует отношению h/H , равному 2, меньшие – 30.

Для подъема воды при больших перепадах (водоснабжение и орошение в предгорных районах) применяют гидравлический таран, отличающийся от других конструкций тем, что ударный клапан перемещается по неподвижному штоку, и предотвращает шток от повреждения [4,5]. Седла клапанов металлические, с резиновыми амортизаторами. Нагнетательный клапан установлен в корпусе воздушного колпака и перемещается горизонтально. Такое положение клапана улучшает работу тарана при соотношении нагнетательного и питательного напоров меньше 2. Таран имеет простое приспособление для автоматического пополнения колпака воздухом, состоящее из трубки с клапаном, которая соединяет питательную трубу с воздушным колпаком. При увеличении высоты падения и постоянной величине h производительность гидравлического тарана возрастает. Ограничение напора определяется прочностью узлов. Характеристики тарана могут изменяться в широких пределах.

Гидравлические тараны могут работать как при последовательном соединении для увеличения напора, так и при параллельном для увеличения подачи. В гидротаранных установках на питательной и напорной трубах устанавливают задвижки для пуска и отключения при профилактических работах.

Полный цикл работы гидравлического тарана разделяют на три периода: разгон, нагнетание и отражение. Необходимо также учитывать и инерцию клапана. При малой продолжительности периода разгона повышение скорости может оказаться недостаточным и нагнетания не произойдет. Увеличение периода разгона уменьшает объем нагнетаемой воды и повышает объем сбрасываемой.

Применяется оросительно-энергетический комплекс, включающий дождевальную установку для орошения склонов до 30° и оборудование для энергообеспечения [6,7]. Установка предназначена для орошения участка площадью 10 га. Рабочий напор создаёт гидротаранное устройство, состоящее из двух параллельно работающих генераторов, присоединённых к общим питательному и нагнетательному трубопроводам. Для

сглаживания удара при подаче воды в нагнетательном трубопроводе дополнительно установлена демпферная ёмкость, которая наполняется воздухом через форсунку. Длина питательной трубы 50м, диаметр 180мм. Установка обеспечивает нагнетательный напор 40 м, питательный напор 6 м, питательный расход 215 л/с , производительность 20 л/с.

Для всех таранных установок и оросительно-энергетических комплексов характерен устойчивый режим работы, которой определяется энергетическим балансом автоколебательной системы, т. е. равенством энергии, подводимой от источника к колебательной системе и теряемой системой.

Список литературы

1. Фиापшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х. Разработка альтернативных источников энергосбережения фермерских хозяйств // Журнал «Владимирский земледелец» №2, 2012.- с. 35-36.
2. Хамоков М.М., Шекихачев Ю.А., Алоев В.З., Курасов В.С., Фиापшев А.Г., Кишев М.А. Оптимизация режимов работы установки для переработки птичьего помета / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 75. С. 275–284.
3. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Юров А.И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе. // М.: ГНУ ВИЭСХ. Вестник ВИЭСХ. 2014. №4 (17). С. 16-19.
4. Темукуев Т.Б., Фиапшев, А.Г. Экономические и технические механизмы стимулирования энергосбережения. // Нальчик. Полиграфсервис и Т. 2009. С. 84.
5. Кильчукова О. Х. Энергетическая оценка биогазовой установки БГУ-М // Известия «Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование». 2015. № 3(39). С.193–198.
6. Патент на изобретение RU2520775C1. Теплообменная панель и способ ее сборки. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Патент на изобретение RU2520775C1, 27.06.2014. Заявка №2013103957/06 от 29.01.2013.
7. Юров А.И., Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х. Ресурсосбережение и экология-стимул экономического роста и основа безопасности жизнедеятельности региона. // Научно-практический журнал «Вестник АПК Ставрополя». – Ставрополь, 2014г. №3(15). стр. 81-86.

УДК 629.33
ГРНТИ 55.43

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

**Щитов С. В., д-р. техн. наук, проф.
кафедры транспортно-энергетических средств
и механизации АПК;**

Кривуца З.Ф., д-р техн. наук, доц.;
Кузнецов Е.Е., д-р техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия

Проведен анализ влияния скорости движения на энергетические затраты автомобильного транспорта при перевозке сельскохозяйственной продукции. Результаты исследований позволяют снизить расход топлива, увеличить срок эксплуатации транспорта.

Одним из путей снижения энергозатрат является оптимизация скорости движения автотранспортного средства при выполнении заданных производственно-технологических работ. Согласно проведенным ранее исследованиям, с увеличением скорости движения транспортного средства полные энергетические затраты в технологическом процессе перевозок грузов снижаются по гиперболической зависимости [1-4].

Для определения влияния среднетехнической скорости движения на энергетические затраты проведены экспериментальные исследования на примере работы автомобилей КамАЗ-55102 с прицепом НЕФАЗ 8560-02 при выполнении перевозок грузов сельскохозяйственного назначения на расстояние 60 км по дорогам с асфальтобетонным покрытием при следующих условиях: $\beta=0,5$; $t_{пв}=0,4$ ч; $q=18$ т; $\gamma=1$. Измерение расхода топлива проводилось с использованием навигационной системы ГЛОНАСС и GPS мониторинга транспорта при скоростных режимах от 45 км/ч до 85 км/ч [5-6]. Температура окружающего воздуха (23 ± 4) °С. Полные удельные

энергетические затраты транспортного средства при перевозке грузов сельскохозяйственного назначения учитывающие влияние скорости движения на расход топлива описываются моделью [7-9].

$$E_{\pi} = \left(\frac{(\alpha_m + f_m) \cdot G_0 e^{\delta_V(V-V_0)} \cdot Z_e \cdot l_{ге} \cdot \rho}{50} + n_{ч} \cdot a_{ж} \cdot T_{н} + E_a \cdot Z_e \cdot L \right) \times \times \frac{(l_{ге} + V_T t_{пв} \beta)}{T_{н} q \gamma V_T \beta}, \quad (1)$$

где α_m – теплосодержание топлива, МДж/кг;

f_m – коэффициент учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/кг;

t – время ездки, ч;

ρ – плотность топлива, кг/л;

$l_{ге}$ – длина груженой ездки, км

$T_{н}$ – времени пребывания в наряде, ч;

q – грузоподъемность транспортного средства, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

Z_e – число ездок;

β – коэффициент использования пробега;

$t_{пв}$ – среднее время погрузочно-разгрузочных работ за один оборот, ч.;

G – расход топлива, л/100 км;

G_0 – наименьшее значение расхода топлива, л/100 км;

δ_V – коэффициент возрастания скорости, ч/км; V – скорость движения, км/ч;

V_0 – скорость движения, при наименьшем расходе топлива, км/ч;

δ_t – коэффициент возрастания температуры $1/(^{\circ}\text{C})$;

t – температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 – оптимальная температура окружающего воздуха при наименьшем расходе топлива, $^{\circ}\text{C}$.

На основе полученных экспериментальных данных построены зависимости полных удельных энергозатрат транспортного средства от среднетехнической скорости движения при заданных условиях эксплуатации (рис.1).

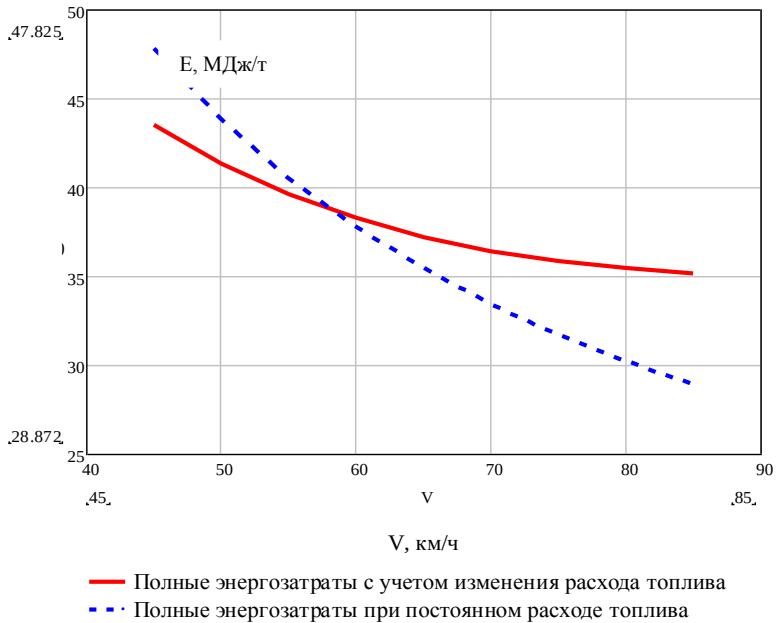


Рис. 1. Зависимость полных удельных энергозатрат от среднетехнической скорости движения транспортного средства

Анализ установленных закономерностей (рис.1) показывает, что зависимость расхода топлива от среднетехнической скорости движения транспортного средства существенно влияет на полные удельные энергозатраты. При скоростном режиме транспортного средства до 60 км/ч фактические энергетические затраты ниже теоретических, за счет меньшего расхода топлива по сравнению со среднестатистическим значением, тогда как с увеличением среднетехнической скорости движения транспортного средства приращение расхода топлива увеличивается по экспоненциальному закону, и, как следствие, ведет к росту энергозатрат.

Проанализируем полученную зависимость на примере работы автомобиля ЗИЛ-ММЗ-554 при выполнении перевозок сельскохозяйственных грузов на расстояния 5 км, 10 км, 15 км,

20 км, 25 км, при различных скоростных режимах. Условия движения: $T_n=8$ ч; $\beta=0,5$; $t_{пв}=0,5$ ч; $q=5$ т; $\gamma=1$.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 2.

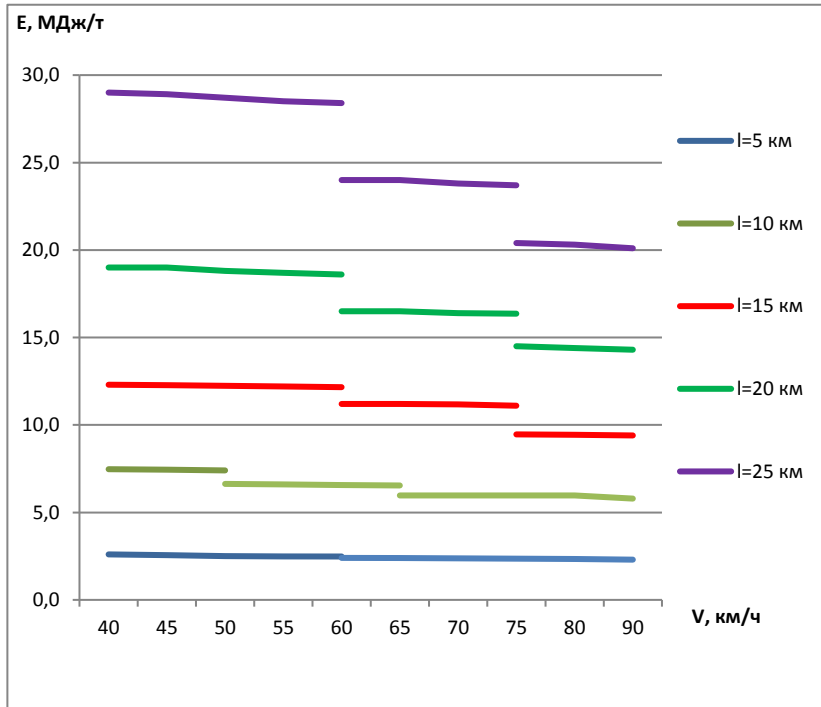


Рис. 2. Зависимость полных удельных энергетических затрат автомобиля ЗИЛ-ММЗ-554 от скорости движения при различных расстояниях грузовой езды

На основе экспериментальных данных (рис. 2) определено, что при небольшой протяженности грузовой езды с увеличением скорости движения транспортного средства полные удельные энергозатраты уменьшаются и имеют дискретный характер. Это объясняется тем, что за плановое время пребывания в наряде автомобиль может выполнить только целое число ездов. С увеличением скорости движения автомобиля появляется возможность выполнить большее число ездов на

рассматриваемом маршруте за отведенный промежуток времени, тем самым перевезти больший объем груза. Также следует отметить, что с увеличением числа ездов за счет увеличения скорости движения возрастает суммарное время пребывания транспортного средства в погрузочно-разгрузочном пункте.

В связи с этим, прирост скорости в интервале малых значений может дать больший эффект, чем в интервале больших значений скорости. С повышением скорости движения всегда возрастают затраты, связанные с увеличением расхода топлива. Исходя из принципа, что за плановое время пребывания на маршруте транспортное средство может выполнить только целое число ездов, можно утверждать, что увеличение среднетехнической скорости движения только тогда приводит к уменьшению энергозатрат, когда за счет сокращения затрат времени на движение появляется возможность выполнить за плановое время дополнительную езду. В противном случае, при повышении скорости движения полные энергозатраты будут возрастать за счет увеличения расхода топлива.

Анализ влияния скорости движения на эффективность работы подвижного состава показывает, что на достаточно больших интервалах приращения скорости не наблюдается снижение полных энергозатрат. Поэтому повышение скорости движения автомобиля не всегда приносит положительный эффект и может приводить к ошибкам в анализе и планировании работы транспортных средств.

Выявленные закономерности соответствуют реальным транспортным процессам. Использование их при планировании дает возможность получить

строго обоснованный план работы транспортных средств, что позволит наиболее точно определить пути снижения энергетических затрат.

Список литературы

1. Кривуца, З.Ф. Повышение эффективности перевозки сельскохозяйственных грузов / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №2. – С.26-28.

2. Кривуца, З. Ф. Исследование топливной экономичности автомобилей в транспортно-технологическом обеспечении предприятий АПК / З.Ф. Кривуца // Вестник «Алтайского государственного аграрного университета». – 2014. - №3. – С.107-110.

3. Кривуца, З.Ф. Снижение энергозатрат на транспортных работах за счет оптимизации скорости движения / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Вестник «Алтайского государственного аграрного университета». – 2012. - №5. – С.114-117.

4. Кривуца, З.Ф. Повышение производительности автопоездов с прицепными системами в транспортно-технологическом обеспечении АПК/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.В. Панова // Научное обозрение. – 2014. - №7. – С.469-474.

5. Кривуца, З.Ф. Оптимизация работы автомобильного транспорта с использованием навигационных систем ГЛОНАСС И GPS / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Научное обозрение. – 2011. - №6. – С.87-92.

6. Кривуца, З.Ф. Использование навигационной системы ГЛОНАСС и GPS для мониторинга автомобильного транспорта / В.Г. Евдокимов, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Двойные технологии. – 2012. – №3. – С.26-29.

7. Кривуца, З. Ф. Повышение эффективности транспортно-технологического обеспечения АПК Амурской области: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 /Кривуца Зоя Федоровна. – Благовещенск, 2015.- 362 с.

8. Кривуца, З.Ф. Оптимизация энергозатрат в транспортно-технологическом обеспечении АПК: монография /С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца - Благовещенск: ДальГАУ, 2012. – 151 с.

9. Кривуца, З.Ф. Влияние внешних факторов на топливную экономичность автомобиля при транспортно-технологическом обеспечении АПК/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца // Вестник «Алтайского государственного аграрного университета». – 2014. - №9. – С.111-117.

УДК 620.91
ГРНТИ 44.37

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕЛИОТЕПЛИЦ В КБГ

Макуашев И.О. магистрант 1 курса,
факультет механизации и энергообеспечения предприятий,
направление «Теплоэнергетика и теплотехника»;
Абитов А.М.,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Рассмотрены вопросы эффективного сопряжения показателей коэффициентов ограждения и теплового аккумулярования гелиотеплицы, как функции геометрических параметров и поступления солнечной радиации.

Благодаря своему географическому расположению Кабардино-Балкария обладает значительными ресурсами возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Ресурсы солнечной энергии в республике составляют 4,64 млрд. МВт-ч. или 23,4 кВт-ч. на 1 м² поверхности. Ресурсы ветровой энергии оцениваются в 2 млрд. МВт-ч., геотермальной энергии – 6,3 ГДж-год. Из них реально для освоения – 27 %. Ресурсы переработки биомассы (отходов животноводства) – 1,6 млрд. м³ метана. Однако, вне поля зрения остается один из перспективных аспектов использования одного из наиболее доступного и имеющего огромные ресурсы источника – солнечной энергии. Это – использование гелиотеплиц [1,2].

Определяющими энергетическими характеристиками солнечных теплиц являются следующие характеристики: 1) максимальное поступление солнечной радиации в теплицу; 2) минимальные тепловые потери; 3) максимальное аккумулярование тепла энергии солнечного излучения, прошедшего в теплицу.

Важнейшими геометрическими и энергетическими характеристиками гелиотеплиц являются коэффициенты ограждения K_o и аккумулярования K_a :

$$K_o = F_o / F_n ; K_a = \Sigma Q_{ak} / \Sigma Q_{np}, \quad (1)$$

где F_o – площадь поверхности ограждения гелиотеплицы;

F_n – площадь поверхности почвы теплицы;

ΣQ_{ak} – количество энергии солнечного излучения, аккумулируемое в теплице;

ΣQ_{np} – количество энергии солнечного излучения, входящей в гелиотеплицу.

Задачей тепловой и геометрической оптимизации гелиотеплицы является максимально эффективное сопряжение параметров коэффициентов ограждения K_o и аккумулирования K_a . Суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу за период инсоляции:

$$\Sigma Q_{np} = \Sigma S_{np} + \Sigma D_{np}, \quad (2)$$

где ΣS_{np} , ΣD_{np} – сумма, прошедшей в теплицу, прямой и рассеянной солнечной радиации:

$$\Sigma S_{np} = \Sigma S_{\perp} B_s \cos i; \Sigma D_{np} = \Sigma D B_d, \quad (3)$$

где $S_{\perp}$, D – прямая и рассеянная радиация, падающая на прозрачную поверхность теплицы;

B_s , B_d – коэффициенты светопропускания прямой и рассеянной радиации.

Поступление рассеянной радиации D практически мало зависит от угла падения лучей на прозрачные поверхности, в основном зависит от площади поверхности прозрачного ограждения [3,4]. Поэтому количество прошедшей радиации является функцией прямой радиации S_{np} , падающей на поверхности прозрачного ограждения, и угла их падения i :

$$\Sigma Q_{np} = f(S_{\perp}, i), \quad (4)$$

Угол наклона нижнего прозрачного ската принимается в пределах $\rho=45^\circ$. Как показывают расчеты, при углах наклона до $\rho=60^\circ$ поступление солнечной радиации за отопительный сезон возрастает, при углах выше $\rho=65^\circ$ – падает (рисунок 2). Для условий Кабардино-Балкарии наиболее оптимальным является $\rho=60^\circ$. Угол наклона верхнего южного ската принимается в

пределах $\rho_1 = 25^\circ \dots 50^\circ$. Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от геометрических параметров теплицы. Принимаем постоянные значения $h=2,2$ м; $\rho=60^\circ$, $\rho_1=30^\circ$. Переменные величины: ширина пролета $b=3 \dots 7$ м, длина теплицы $l=10 \dots 30$ м.

Коэффициент ограждения будет определяться по формуле (рисунок 1):

$$K_o = \frac{(h+b/\cos\rho_1+h/\sin\rho) \cdot L + 2hb + b^2/(2ctg\rho_1) + h^2ctg\rho}{(b+h \cdot ctg\rho) \cdot l}, \quad (5)$$

где h, b, l – высота, ширина пролета и длина теплицы;
 ρ, ρ_1 – углы наклона нижнего и верхнего южных прозрачных скатов.

Как видно из рисунка 3, с увеличением ширины пролета теплицы в пределах $b=5 \dots 6$ м, коэффициент ограждения K_o резко падает. Увеличение длины теплицы более $l=26 \dots 28$ м мало изменяет значения K_o . Таким образом, в первом приближении, можно рекомендовать ширину пролета $b \geq 6$ м, длину теплицы $l \geq 25$ м. Определим изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла ρ_1 в пределах $\rho_1=25^\circ \dots 50^\circ$. Принимаем высоту скатов h_1 постоянной (не зависимой от угла ρ_1) при $\rho_1=30^\circ$, которая определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{b}{2} \cdot tg\rho_1 = \frac{b}{2} \cdot tg30^\circ = \frac{b}{2} \cdot 0,577 \quad (6)$$

В этом случае коэффициент ограждения:

$$K_o = \frac{\left(h + \sqrt{h_1^2 + \left(b - \frac{h_1}{tg\rho_1} \right)^2} + \frac{h}{\cos\rho_1} + \frac{h}{\cos\rho} \right) \cdot L + 2hb + h_1b + h^2ctg\rho}{(b+h \cdot ctg\rho) \cdot L} \quad (7)$$

Как видно из таблицы 1, с изменением угла ρ_1 коэффициент ограждения K_o изменяется незначительно. Наименьшее значение K_o при $\rho_1=30^\circ$, наибольшее – при $\rho_1=50^\circ$.

Таблица 1

Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от угла наклона ρ_1 при $b=6$ м, $l=25$ м

ρ_1 , град	25	30	35	40	45	50	55	60
K_o	1,827	1,822	1,825	1,831	1,84	1,85	1,827	1,822

Для полной геометрической и тепловой характеристики гелиотеплицы, рассмотрим влияние угла наклона ρ_1 верхнего южного ската на соотношение суммы прошедшей солнечной радиации ΣQ_{np} и тепловых потерь ΣQ_{mn} в теплице. С увеличением угла наклона ρ_1 южного ската 1 поступление среднемесячной суммарной солнечной радиации Q_{np} падает пропорционально росту угла наклона ρ_1 (рисунк4). Суммарные теплотери через верхние скаты определяются суммой теплотери через скаты 1 и 3:

$$\Sigma Q_{mn} = \Sigma Q_{m1} + \Sigma Q_{m3}, \quad (8)$$

Теплотери через скаты 1 и 3 определяются по формуле:

$$\Sigma Q_{mi} = K_i(t_e - t_n)F_{it}, \quad (9)$$

где K – коэффициент теплопередачи;

F – площадь поверхности ската;

t_e, t_n – температура внутреннего и наружного воздуха;

τ – время;

$i = 1$ и 3 скаты.

Коэффициент теплопередачи K через ограждения, температуры внутреннего t_e и наружного t_n воздуха не зависят от угла наклона ρ_1 ската 1. Стекланные скаты 1 имеют значительно больший коэффициент теплопередачи, чем непрозрачные скаты 3. Поэтому с увеличением ширины b_1 для ската 1 суммарные теплотери ΣQ_{mn} возрастают, с увеличением ширины b_3 для ската 3 – падают. Соотношение теплотери через скаты можно представить в следующем виде:

$$B_1 = \frac{K_1 \cdot b_1}{K_1 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_3} \quad B_3 = \frac{K_3 \cdot b_3}{K_1 \cdot b_1 + K_3 \cdot b_3} \quad (10)$$

На рисунке 5 показаны графики изменения доли теплотери B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1 при средних коэффициентах теплопередачи $K_1=6,4$ Вт/(м² К) и $K_3= 3...4$ Вт/(м² К). Доли теплотери B_1 и B_3 изменяются пропорционально увеличению угла наклона ρ_1 (B_1 – падает; B_3 – возрастает). С ростом коэффициента теплопередачи K_3 доля теплотери B_3 – падает. Функции $B_1(B_3) = f(\rho_1)$ не имеют точек экстремумов. Таким

образом, анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. В качестве оптимального варианта геометрии гелиотеплицы можно рекомендовать параметры (рисунок 1): ширина пролета $b \geq 6$ м; длина теплицы $l \geq 25$ м; высота несущих конструкций $h = 2,2$ м; угол наклона нижнего южного ската $\rho = 60^\circ$; угол наклона верхнего южного ската $\rho_1 = 30^\circ$. Количество тепла, аккумулируемого в конструкции теплицы:

$$\Sigma Q_{ак} = \Sigma Q_{np} - \Sigma Q_{mn}, \quad (11)$$

где ΣQ_{mn} – теплопотери в теплице.

Тепло, аккумулированное в теплице, выражается следующей суммой

$$\Sigma Q_{ак} = \Sigma Q_{ка} + \Sigma Q_{ма}, \quad (12)$$

где $\Sigma Q_{ка}$, $\Sigma Q_{ма}$ – тепло аккумулируемое в конструкции теплицы и тепловом аккумуляторе.

Тепло аккумулируемое за период инсоляции в конструкции теплицы $\Sigma Q_{ка}$ определяется площадью поверхности грунта и наличием больших массивов в ограждении теплицы. Количество тепла, аккумулируемое в тепловом аккумуляторе, определяется его теплоаккумулирующей эффективностью [5,6]: материал, способность поглощения солнечной радиации, объем, место расположения. В первом приближении требуемый суммарный объём теплоаккумулирующих элементов можно определить из соотношения (13):

$$V_a = C_{ya} F_n / C_p, \quad (13)$$

где C_{ya} – удельная теплоемкость теплового аккумулятора, отнесённая к 1 м^2 площади прозрачного ограждения, Дж/($\text{м}^2 \cdot \text{К}$).

Для теплоаккумулирующих элементов V_a из емкостей с водой при удельной теплоёмкости воды $C_p = 4186 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ и $C_{ya} = 620 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, при площади поверхности прозрачного ограждения $F_n = 150 \text{ м}^2$, объём теплоаккумулирующих элементов составляет $V_a = 22,2 \text{ м}^3$. При достаточных значениях массы теплоаккумулирующих элементов вся или почти вся

улавливаемая теплоаккумулирующими элементами солнечная энергия полезно используется, устраняется перегрев в теплице, суточные колебания температуры воздуха в теплице сглаживаются [7,8].

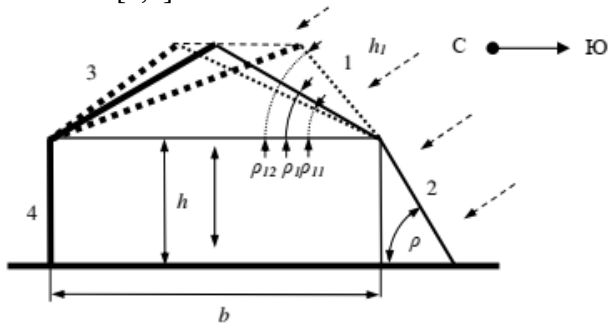


Рис. 1. Схема гелиотеплицы:

1 и 2 – верхний и нижний луче воспринимающие скаты; 3 – северный непрозрачный скат; 4 – северная стена

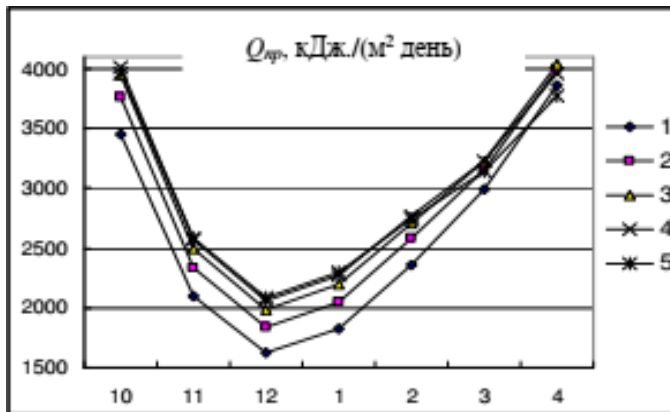


Рис. 2. Среднемесячная суммарная солнечная радиация, поступающая в теплицу на перпендикулярную лучам поверхность

$Q_{пр}$ в зависимости от угла наклона южного ската ρ :

1 – $\rho=30^\circ$; 2 – $\rho=40^\circ$; 3 – $\rho=50^\circ$; 4 – $\rho=60^\circ$; 5 – $\rho=70^\circ$

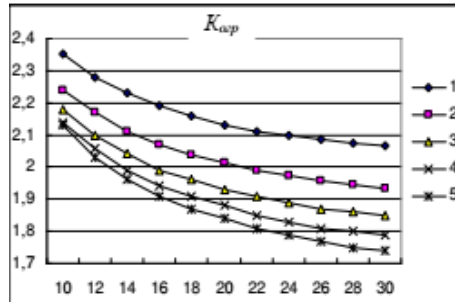


Рис. 3. Изменение коэффициента ограждения K_o в зависимости от ширины пролёта b и длины теплицы l :

1- $b=3$ м; 2- $b=4$ м; 3- $b=5$ м; 4- $b=6$ м; 5- $b=7$ м

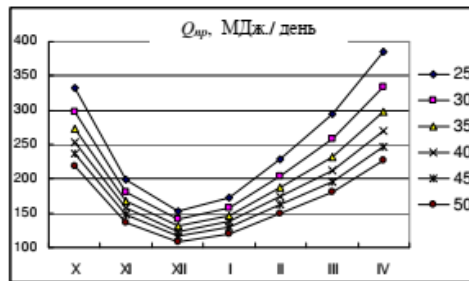


Рис. 4. Среднемесячная суммарная радиация $Q_{ср}$ поступающая через южный скат 1 при $\rho_1 = 25...50^\circ$

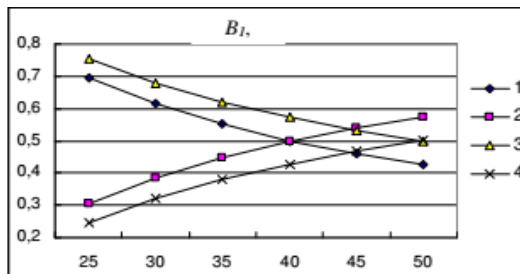


Рис. 5. Изменение доли теплотерь B_1 и B_3 через верхние скаты в зависимости от угла наклона южного ската ρ_1 :

1—южный скат 1 и 2—северный скат 3 при $K_3=4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$;

3—южный скат 1 и 4—северный скат 3 при $K_3=3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Список литературы

1. Ким, В. Д., Дусяров, А. С., Ким, В. В. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи на внешних поверхностях гелиоустановок // Гелиотехника. – Ташкент: Фан, 2004, №2, С. 27-30
2. Амерханов, Р.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем/ Р.А.Амирханов. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 220с.
3. Sven Teske, Leung J., Luis Crespo et.al Solar Thermal Electricity: Global Outlook 2016. European Solar Thermal Electricity Association.20016.
4. Фиापшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х. Разработка альтернативных источников энергосбережения фермерских хозяйств // Журнал «Владимирский земледелец» №2, 2012.- с. 35-36.
5. Юров А.И., Фиापшев А.Г., Кильчукова О.Х. Ресурсосбережение и экология - стимул экономического роста и основа безопасности жизнедеятельности региона. // Научно-практический журнал «Вестник АПК Ставрополя». – Ставрополь, 2014г. №3(15). стр. 81-86.
6. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Юров А.И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе. // М.: ГНУ ВИЭСХ. Вестник ВИЭСХ. 2014. №4 (17). С. 16-19.
7. Темукуев Т.Б., Фиапшев, А.Г. Экономические и технические механизмы стимулирования энергосбережения. // Нальчик. Полиграфсервис и Т. 2009. С. 84.
8. Патент на изобретение RU2520775C1. Теплообменная панель и способ ее сборки. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Патент на изобретение RU2520775C1, 27.06.2014. Заявка №2013103957/06 от 29.01.2013.

УДК 621.311
ГРНТИ 44.29.37

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Великий И.С., магистрант заочного обучения,
2 курс электроэнергетического факультета;
Горбунова Л.Н., канд. с-х.наук, доцент кафедры ЭиЭ,
электроэнергетического факультета
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

В статье подробно рассмотрены современные литературные источники по тематике применения инновационных технологий для модернизации электрических сетей. Рассмотрены литературные источники в области разработок новейшего оборудования и технологий электрических сетей.

Одним из главных показателей электроэнергетики любого субъекта государства является уровень технического состояния электрических сетей.

Постоянное увеличение электропотребления в совокупности с устареванием технической базы может привести к энергетической катастрофе. Поэтому развитие электросетевого хозяйства рассматривается как приоритетное направление инвестиционной политики, как электроэнергетических компаний, так и государства.

Научные статьи российских и зарубежных авторов позволили глубоко изучить возможности применения современного оборудования и технологий в электрических сетях нашей страны. Опубликованные результаты проведенных исследований и испытаний, освещение последних разработок в области электроэнергетики, электротехники и электромеханики, изучение проблемных вопросов и поиск путей для их разрешения, оценка существующей ситуации и прогнозирование ее развития – все это дало возможность проанализировать применение

инновационных технологий электрооборудования для модернизации электрических сетей нашей страны.

В научной статье «Инновации в энергетике» Голубцова Н.В. рассмотрены проблемы инновационного развития энергетики с позиции ее решающего значения для прогресса цивилизации [1]. Дан обзор путей технологического развития энергетики, показано ее современное состояние и перспективы инновационного преобразования. Проанализированы требования законодательных и нормативных документов к инновационному развитию энергетики России, приведены ее показатели, характеризующие актуальный и перспективный до 2030 года технический уровень. Особое внимание в статье уделено вопросам использования возобновляемых энергетических ресурсов, малой энергетике и энергосбережению.

В опубликованном материале «Повышение пропускной способности ВЛ: анализ технических решений» соавторов Колосова С.В. и Рыжова С.В., состоящих в рабочем коллективе научно-технического центра «Электросети», рассмотрены провода для воздушных линий электропередачи, которые обладают повышенной пропускной способностью [2].

В основу анализа легли результаты исследований зарубежных производителей и экспериментальный опыт эксплуатации трех марок проводов, обладающих определенными преимуществами по отношению к традиционным проводам для воздушных линий: высокотемпературные провода классической конструкции австрийской компании Lumpi-Berndorf; компактные провода AERO-Z бельгийской фирмы Nexans и высокотемпературные провода с зазором производства J-Power Systems, Япония. В последующей публикации авторами совместно с Сюксиным В.Е. были добавлены к анализу высокотемпературные провода с композитным сердечником американской фирмы 3M.

В ходе анализа были приведены специфические особенности каждого типа проводов, представлено сравнение технических и экономических характеристик этих проводников между собой и сталеалюминевым проводом марки АС, выявлены их достоинства и недостатки.

В заключение статьи авторами было отмечено, что пропускная способность воздушных линий электропередачи может быть увеличена от нескольких десятков до нескольких сот процентов по отношению к традиционным сталеалюминевым проводам. Некоторые производители вышли на российский рынок, что упрощает возможность внедрения современных проводов.

В статье Курьянова В.Н., Султанова М.М., Фокина В.А. и Тимашовой Л.В. на тему «Инновационные высокоэффективные провода для линий электропередачи» [3]. Данная публикация является результатом сотрудничества НИУ «Московский энергетический институт» и ООО «Энергосервис», занимающейся разработкой инновационных продуктов.

В этой статье представлена информация об инновационных проводах для воздушных линий, экспериментальные результаты испытаний. По своей сути, этот материал содержит ту же информацию о современных проводах, что и предшествующая статья Колосова и Рыжова, но только в этой статье можно найти сравнение этих проводов с проводниками российского производства, которые были созданы как альтернатива дорогостоящим зарубежным.

Научно-технический журнал «Электро», имеет в своем издании публикацию Вариводова В.Н., Казакова С.Е., Кулик В.В., Ударова В.М. на тему «Стальные многогранные опоры для распределительных сетей: возможности и перспективы» [4].

В этой публикации собраны описание традиционных опор для линий электропередачи, которые повсеместно используются в нашей стране, расчеты, освещение процесса производства, особенности конструкций, принципы монтажа и эксплуатации, достоинства и экспертная оценка стальных многогранных опор (СМО).

Авторы публикации сделали выводы о том, что СМО превосходят привычные для нас железобетонные и стальные решетчатые опоры по большинству частных критериев. Дана оценка российскому рынку многогранных опор и рекомендации по объективной методике альтернативных вариантов сооружения воздушных линий на базе всех типов опор, включая стальные многогранные.

Перспективы применения вакуумных выключателей на напряжение 110-220 кВ широко рассмотрены в статье Назарычева А., Суурова А. и Таджикибаева А [5]. Совместная работа авторов включает в себя определение общего количества парка высоковольтных выключателей по классам напряжения, оценку текущего состояния воздушных и масляных выключателей, находящихся в текущей эксплуатации на электрических подстанциях нашей страны, описание конструктива и принципа работы вакуумных и элегазовых выключателей, выявление экологически опасных аспектов применения элегазового оборудования, историю развития вакуумной коммутационной техники, также были отмечены достоинства вакуумных выключателей и освещены разработки этого оборудования в настоящее время.

Кроме того, в 21-ом номере газеты «Энергетика и промышленность России» появилась публикация на тему «Вакуумный выключатель напряжением 110 кВ – шаг в будущее в производстве электротехнического оборудования» [6]. На страницах газеты под этим заголовком описано новое коммутационное оборудование отечественного производства, а именно первый высоковольтный вакуумный выключатель на напряжение 110 кВ с одним разрывом на фазу серии ВРС-110 производства российского концерна «Высоковольтный союз». В описание включены история создания и основные технические характеристики данного оборудования, его достоинства и отзывы крупных заказчиков.

О современных устройствах защиты электрооборудования подстанций от атмосферных и коммутационных перенапряжений повествует в своей статье «Ограничители перенапряжения ОПН-РВ и ОПН-РК обладают всеми достоинствами существующих современных средств защиты от перенапряжений и не имеют ни одного их недостатка» Сергей Александрович Карусенко – ведущий инженер технико-коммерческого отдела ООО «Таврида Электрик Новосибирск» [7]. Он описал особенности производства электрооборудования своей компании, при котором тщательно изучается и анализируется опыт ведущих мировых производителей, поделился историей реализации нового проекта по продвижению ограничителей перенапряжения новой серии,

дал технические характеристики аппаратов, подметил отличительные особенности и написал о результатах опытной эксплуатации данного оборудования в электрических сетях ПАО «МРСК Сибири».

Для связи вышеперечисленного оборудования на электрических подстанциях используется ошиновка, которая может быть либо гибкой, либо жесткой. Как раз о современном достижении российских производителей в этой области в рекламно-информационном журнале «Электротехнический рынок» пишет Денис Савохин – руководитель отдела разработок группы компаний «ЭнТерра» [8]. В своей публикации «Жесткая ошиновка с литыми шинодержателями – уникальное решение, обеспечивающее высокую скорость и простоту монтажа, возможность быстрого расширения распределительного устройства на подстанциях» автор дает информацию о преимуществах жесткой ошиновки с литыми шинодержателями, которая является современной разработкой по достижениям российской отраслевой науки. Автор подробно описывает особенности конструкции, характеристики материалов, из которых изготовлены новые жесткие шины, дает оценку качества продукции, которое подтверждено соответствующими испытаниями и расчетами в научно-исследовательских центрах нашей страны.

В ходе написания данной обзорной статьи немаловажной значимостью и востребованностью обладали официальные веб-сайты компаний-производителей. На своих интернет-сайтах заводы-изготовители и фирмы-поставщики размещают самую актуальную информацию по современному оборудованию, которое планируется изготавливаться либо уже выпускается на отечественный рынок.

Таковыми источниками информации явились веб-ресурсы компаний ООО «Энергосервис», АО «Уралэлектротяжмаш», ООО «Инкаб», АО «Метако», АО «Высоковольтный союз», АО «ЭнТерра», АО «Таврида Электрик» и другие.

В труде автора Конюхова Е.А. «Электроснабжение» [9] рассмотрены вопросы управления качеством электроэнергии, повышения эффективности и надежности функционирования

систем электроснабжения, а так же вопросы модернизации действующих электрических сетей.

В книге автора Матюниной Ю.В. «Электроснабжение потребителей и режимы» [10] рассмотрены основные принципы модернизации систем электроснабжения потребителей с учетом современных подходов. Освещены методы расчета и реконструкции электрических нагрузок, выбора электрооборудования, вопросы обеспечения электробезопасности, надежности электроснабжения, качества электрической энергии. Рассмотрены вопросы организации электропотребления, энергосбережения и договорных отношений потребителей электроэнергии с субъектами электроэнергетики.

Список литературы

1. Голубцов, Н.В. Инновации в энергетике / Н.В. Голубцов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – М., 2011. – С. 90-91.
2. Колосов, С.В. Повышение пропускной способности ВЛ: анализ технических решений / Н.В. Колосов, С.В. Рыжов // ЗАО НТЦ «Электросети». Электроэнергия. Передача и распределение. – М., 2009. – 8 с.
3. Курьянов, В.Н. Инновационные высокоэффективные провода для линий электропередачи / В.Н. Курьянов, М.М. Султанов, В.А. Фокин, Л.В. Тимашова // Энергия единой сети. – М., 2016. – 9 с.
4. Вариводов, В.Н. Стальные многогранные опоры для распределительных электрических сетей: возможности и перспективы / В.Н. Вариводов, В.В. Кулик, В.М. Ударов // Электро. – М., 2005. – 6 с.
5. Назарычев, А. Перспективы применения вакуумных выключателей напряжением 110-220 кВ / А. Назарычев, А. Суровов, В. Чайка, А. Таджикибаев // ЗАО НТЦ «Электросети». Электроэнергия. Передача и распределение. – М., 2010. – С. 58-63.
6. Ужанов, А.Е. Вакуумный выключатель напряжением 110 кВ – шаг в будущее в производстве электротехнического оборудования / А.Е. Ужанов // Энергетика и промышленность России. – М., 2012. – 5 с.
7. Карусенко, С.А. Ограничители перенапряжения ОПН-РВ и ОПН-РК обладают всеми достоинствами существующих современных средств защиты от перенапряжений и не имеют ни одного их недостатка / С.А. Карусенко // Росэнергоресурс. – Новосибирск, 2016. – С. 7-9.
8. Савохин, Д. Жесткая ошиновка с литыми шинодержателями – уникальное решение, обеспечивающее высокую скорость и простоту монтажа, возможность быстрого расширения распределительного

устройства на подстанциях / Д. Савохин // Электротехнический рынок. – Великие Луки, 2012. – С. 4-10.

9. Конюхова Е.А. Электроснабжение [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Конюхова Е.А.– Электрон. текстовые данные.– М.: Издательский дом МЭИ, 2014.– 510 с.

10. Матюнина Ю.В. Электроснабжение потребителей и режимы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Матюнина Ю.В., Кудрин Б.И., Жилин Б.В.– Электрон. текстовые данные.– М.: Издательский дом МЭИ, 2013.– 412 с.

УДК 621.31

ГРНТИ 44.35.29

ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

**Геграев А.М., Лобжанидзе Г.В., магистранты 1 курса,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия**

Перспективным направлением разработки и внедрения в предгорные и горные районы Кабардино-Балкарской Республики является разработка мини - и микрогидроэлектростанций позволяющий обеспечить электроэнергией отдаленные хозяйства.

Степень изученности вопроса о строительстве отдельных каскадов ГЭС в настоящее время различна: в основном, определены возможные параметры ГЭС; произведена оценка эффективности строительства гидроузла; инженерные условия строительства ГЭС.

Водноэнергетические расчеты выполнены для широкого спектра значений пропускной способности деривации и вариантов режима использования стока на участке деривации.

Оптимальная пропускная способность деривации устанавливается с учетом ряда дополнительных факторов, а именно:

- характеристик принятого к установке на ГЭС гидросилового оборудования и, соответственно, числа гидроагрегатов принятого типа;

- результатов технико-экономических сопоставлений вариантов ГЭС с разным числом агрегатов, что соответствует дискретным значениям пропускной способности [1,2].

Для получения электрической энергии для бытовых нужд и питания системы автоматического управления работой дождевальные установки к дополнительному выходу демпферной ёмкости подсоединяют микрогэс, состоящую из гидротурбины диаметром 100 мм, повышающего редуктора, автомобильного электрогенератора, реле-регулятора и блока коммутации. Микрогэс при рабочем напоре 7м и расходе 2,5 л/с обеспечивает напряжение 28В и мощность 0,6 кВт.

В нашей стране созданы и испытаны рукавные переносные микроГЭС (РПМГЭС) мощностью 0,25; 0,6, 1,5 и 2,8 кВт с активной турбиной (рис.). Микрогэс просты в изготовлении и эксплуатации, качество электроэнергии обеспечивает нормальную работу всего комплекса электрооборудования. Применительно к условиям передвижных потребителей энергии созданы модификации РПМГЭС.

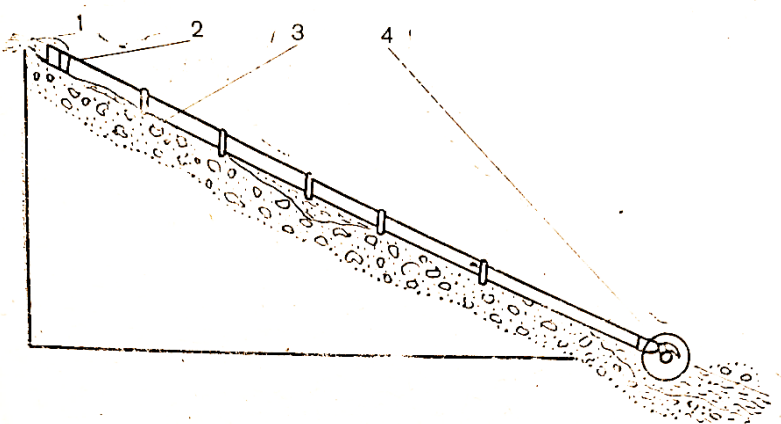


Рис. Схема микроГЭС:

1 – водоток; 2 – водозаборник; 3 – напорный водовод; 4 – энергоблок.

В комплекте микрогэс входят водозаборное устройство, напорный рукав, генератор, устройство возбуждения, гидротурбина, устройство регулирования, кабель. Напорный рукав составляет основную часть капиталовложений станции. Трёхфазный асинхронный электродвигатель, работающий в генераторном режиме, имеет конденсаторное устройство возбуждения. Эксплуатация РПМГЭС-1,5 в течение трёх лет обеспечила наработку 18000 ч. Выработка составила 22348 кВт·ч при $H = 6$ м, $Q = 50$ л/с, $N = 1,6$ кВт, $\eta = 0,55$; 21% потерянный энергии – гидравлическая в напорном рукаве; механическая – в турбине и подшипниках; 16% – механическая и электрическая в генераторе; 4% – в передаче редуктора, кабеле и т. д. Затраты на обслуживание составляет 8 мин. в сутки. Одна микрогэс мощностью 1,5 кВт экономит 1 т нефти в год.

Помимо микрогэс рукавного типа определённое применение находит гиляндрные микрогэс, подвешиваемые на тросе [3,4]. Для использования энергии волн применяют различные колебательные энергогенераторы, которые благодаря настройке на резонансный режим повышают мощность устройства даже при незначительных перепадах напоров или волнах. Микрогэс применяют не только на открытых водотоках, но и на фонтанирующих скважинах и на напорных водоводах систем водоснабжения [5,6].

Для снижения затрат на капиталовложения и эксплуатацию электрической части мини-ГЭС в системах стабилизации напряжения и частоты целесообразно применять нетрадиционные технические решения гидроагрегатов. В частности, экологически выгодно является применение мультипликаторов для увеличения частоты вращения турбины с одновременным повышением числа пар полюсов генератора. Это позволяет исключить из конструкции балластную нагрузку и применять непосредственные преобразователи частоты, способных одновременно стабилизировать напряжение и частоту тока независимо от изменения частоты вращения гидротурбины, величины и характера нагрузки.

Таким образом, перспективным является направление разработки и внедрения в предгорные и горные районы Кабардино-Балкарской Республики мини - и микро-ГЭС, что

позволит не нарушая экологической обстановки в крае уменьшить дефицит электроэнергии.

Список литературы

1. Темукуев Т.Б., Фиापшев, А.Г. Экономические и технические механизмы стимулирования энергосбережения. // Нальчик. Полиграфсервис и Т. 2009. С. 84.

2. Фиапшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х. Разработка альтернативных источников энергосбережения фермерских хозяйств // Журнал «Владимирский земледелец» №2, 2012. - с. 35-36.

3. Патент на изобретение RU2520775C1. Теплообменная панель и способ ее сборки. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Патент на изобретение RU2520775C1, 27.06.2014. Заявка №2013103957/06 от 29.01.2013.

4. Юров А.И., Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х. Ресурсосбережение и экология - стимул экономического роста и основа безопасности жизнедеятельности региона. // Научно-практический журнал «Вестник АПК Ставрополя». – Ставрополь, 2014г. №3(15). стр. 81-86.

5. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Юров А.И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе. // М.: ГНУ ВИЭСХ. Вестник ВИЭСХ. 2014. №4 (17). С. 16-19.

6. Хажметова А.Л., Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М., Фиапшев А.Г. Технологическое и техническое обеспечение повышения эффективности интенсивного горного и предгорного садоводства / Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 23-28.

УДК 621.311
ГРНТИ 44.29.37

**ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,38 кВ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХФАЗНОГО
АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

**Наумов И.В., д-р техн. наук, проф.,
профессор кафедры электроснабжения;
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
г. Иркутск, Иркутская область, Россия;**
**Шевченко М.В., канд.с.-х.наук, доц.,
завкафедрой электроэнергетики и электротехники;
Воякин С.Н., канд.техн.наук, доц.,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

Исследования направлены на выявления негативного влияния несимметрии напряжений на работу двигателя и выявления степени этого влияния. Ведущим методом к исследованию данной проблемы является математическое моделирование реальных процессов, происходящих при работе асинхронного двигателя в условиях несимметрии напряжений. Основной результат заключается в наглядном отображении негативного влияния несимметрии напряжений на работу двигателя и выявление степени этого влияния, что указывает на необходимость применения специальных симметрирующих устройств для нормализации работы электрических сетей 0,38 кВ. Материалы статьи могут быть полезны научным работникам, докторантам и аспирантам, а также электротехническому персоналу электроэнергетических служб.

Введение. Сельские, пригородные и городские электрические сети 0,38 кВ с распределенной коммунально-бытовой нагрузкой имеют большую протяженность и достаточно сложную конфигурацию. Они питают большое количество однофазных электроприемников. Это же свойственно и отдельным внутрицеховым электрическим сетям, в которых

может наблюдаться как статистическая несимметрия токов, обусловленная неравномерным характером распределения однофазных электроприемников в 3-х фазной системе, так и вероятностная несимметрия, обусловленная случайным характером коммутаций этих приемников [3, 20, 21]. Возникающая несимметрия токов обуславливает появление несимметрии напряжений, что приводит к резкому ухудшению качества электрической энергии (КЭЭ), критерием оценки которого в данном случае служат коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям, значения которых регламентируются ГОСТ 32144-2013 [1, 16]. Как показали проведенные исследования [4, 5], математическое ожидание коэффициента нулевой последовательности напряжения, в среднем по пригородным электрическим сетям, составляет более 8%, причем вероятность появления этого показателя качества в нормируемом интервале близка к нулю (рис.1).

Значение коэффициента обратной последовательности напряжения несколько ниже, его математическое ожидание в этих же сетях колеблется в пределах от 2 до 5% и вероятность появления в нормируемом интервале составляет всего 5% (рис 2). В соответствие со стандартом ГОСТ 32144-2013 значения этих показателей в значительной степени противоречат требованиям стандарта, согласно которого значение этих показателей в 95% нормируемого интервала времени измерений в одну неделю не должно превышать 2%. Анализ построенных полигонов (рис 1,2) показал, что равномерного распределения коэффициентов обратной и нулевой последовательности напряжения не происходит и имеется явно выраженный максимум: для коэффициента по обратной последовательности, равный 0,127 и 0,253-для коэффициента по нулевой последовательности. Предположим, что заданная информация подчиняется нормальному закону распределения, а функции коэффициентов обратной и нулевой последовательности напряжения параметрические (регламентированы). Анализ распределения коэффициентов обратной и нулевой последовательности позволил определить их следующие статические характеристики (табл.1).

Полученные функции распределения позволяют определить значение необходимого показателя качества электрической энергии для любой точки

Таблица 1

Статистические характеристики коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности в пригородных электрических сетях 0,38кВ

Показатель	K_{2U}	K_{0U}
1.Мат. ожидание (%)	2,2	8,6
2.Дисперсия (%) ²	0,31	2,77
3.Ср. квадр. откл. (%)	0,55	1,66
4.Козф. корреляции	-3,2	-0,18
5.Функция нормального распределения	$0,723 \cdot e^{-1,64(K_{2U}-2,2)^2}$	$0,24 \cdot e^{-0,18(K_{0U}-8,6)^2}$

В производственных условиях более 65% всех электроприемников составляет электрический привод на основе изобретенного более ста лет назад М.О. Доливо-Добровольским трехфазного асинхронного двигателя. Он компактен, имеет малую массу на единицу мощности, прост в эксплуатации, удобен в обслуживании, а также отличается низкой стоимостью и высокой надежностью при работе. Этим обусловлен тот факт, что асинхронный электропривод средней мощности (класс напряжения 380 В) являлся и является наиболее массовым среди всех электроприемников.

Работа асинхронных электродвигателей в условиях несимметричной системы напряжений осложняется появлением симметричных составляющих тока и напряжения обратной последовательности. [8,9,13] Это обуславливает возникновение дополнительных потерь мощности в обмотках ротора и статора двигателя, что приводит к локальным перегревам последних и существенно влияет на продолжительность работы и устойчивость функционирования двигателя [19]. Сопротивление обратной последовательности АД примерно в 5 раз меньше сопротивления прямой последовательности. Поэтому даже небольшая несимметрия напряжений вызывает значительные токи обратной последовательности, что ведет к дополнительному

нагреву *статора* и *ротора*. Таким образом, на ротор АД действует результирующий вращающий момент

$$M = M_1 + M_2 = \left(m_1 \cdot I_{21}'^2 \cdot \frac{r_2'}{s} - m_1 \cdot I_{22}'^2 \cdot \frac{r_2'}{2-s} \right) \cdot \frac{p}{\omega_1}, \quad (1)$$

где M_1 – вращающий момент прямой последовательности;

M_2 – вращающий момент обратной последовательности;

m_1 – число фаз;

I_{21}' – ток прямой последовательности во вторичной обмотке;

I_{22}' – ток обратной последовательности во вторичной обмотке;

r_2' – приведённое активное сопротивление фазы обмотки ротора;

p – число пар полюсов;

ω_1 – угловая скорость; s – скольжение.

Необходимо отметить, что, кроме моментов M_1 и M_2 , в результате взаимодействия тока обратной последовательности ротора с прямым полем и взаимодействия тока прямой последовательности ротора с обратным полем, возникают добавочные составляющие вращающего момента. Эти добавочные моменты пульсируют с большой частотой и средняя величина их близка к нулю. Поэтому они практически не оказывают влияния на движение ротора. Вместе с тем, в результате взаимодействия прямых и обратных полей, возникают вибрационные радиальные силы, равные удвоенной частоте $2f_1$ [2].

Под влиянием токов обратной последовательности результирующий момент двигателя M снижается, скольжение, при том же моменте сопротивления на валу $M_{ст.}$, увеличивается и, следовательно, увеличиваются потери и нагрев машины, снижается к.п.д., увеличивается время пуска, вращающееся магнитное поле из кругового превращается в эллиптическое, что приводит к радиальным вибрациям и разрушениям подшипников и обмоток. Из сказанного следует, что наличие токов обратной последовательности ухудшает условия работы АД, поэтому искажение симметрии системы питающих напряжений нежелательно. Все это в итоге приводит к ускоренному старению изоляции и уменьшению располагаемой мощности двигателя. [10, 12, 14]

Материал и методы. В связи с этим возникает необходимость создания математической модели реальных процессов, происходящих при работе двигателя в условиях несимметрии напряжений. Математическое моделирование физических явлений, объектов, систем и различных устройств является одной из важнейших составляющих имитационных методов расчета надежности. В настоящее время, благодаря стремительному росту вычислительных мощностей персональных компьютеров математическое моделирование многих процессов стало доступным для рядовых пользователей [6].

Для моделирования динамических систем и устройств, таких как асинхронные двигатели, желательно использовать мощную и гибкую систему моделирования. Для моделирования динамических систем и устройств приходится составлять и решать системы дифференциальных уравнений, чаще всего нелинейных. Система *MATLAB* (*MA*Trix *LAB*oratory) с расширением *Simulink* – идеальное средство для реализации такого моделирования. Расширение *Simulink* позволяет реализовать по существу визуально-ориентированное программирование задач автоматического составления графической модели системы или устройства, составления и решения ее уравнений состояния и наглядного представления результатов моделирования [17]. При моделировании пользователь может выбирать метод решения дифференциальных уравнений, а также способ изменения модельного времени (с фиксированным или переменным шагом). В ходе моделирования имеется возможность следить за процессами, происходящими в системе. Для этого используются специальные устройства наблюдения, входящие в состав библиотеки *Simulink*. Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц.

Имеются обширные библиотеки блоков для разных областей применения. При работе с *Simulink* пользователь имеет возможность модернизировать библиотечные блоки, создавать свои собственные, а также составлять новые библиотеки блоков.

Для решения задачи имитационного моделирования работы 3-х фазного асинхронного двигателя в условиях несимметрии

напряжений питающей сети была выбрана система MATLAB 6.5 с надстройкой Simulink 5.0 [15]. Для создания модели работы 3-х фазного асинхронного двигателя в условиях несимметрии напряжений питающей сети использовалась библиотека блока расширений *SimPowerSystems*, раздел *Machines*. Компонент *Asynchronous Machine SI Units* моделирует асинхронную электрическую машину в двигательном или генераторном режимах. Режим работы определяется знаком электромагнитного момента машины. При построении моделей энергетических устройств используется метод «Click and Drag» («щелкни и тяни»), позволяющий легко создавать графические представления моделей в виде привычных для энергетиков блок – схем. Они создаются в окнах моделей Simulink и затем запускаются на исполнение [7].

Математическая модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (АКЗ) для исследования электромагнитных процессов получается из обобщенной схемы (рис.1), если обмотку ротора замкнуть накоротко. При этом в общих математических уравнениях асинхронной машины следует принять $\bar{u}_R = 0$.

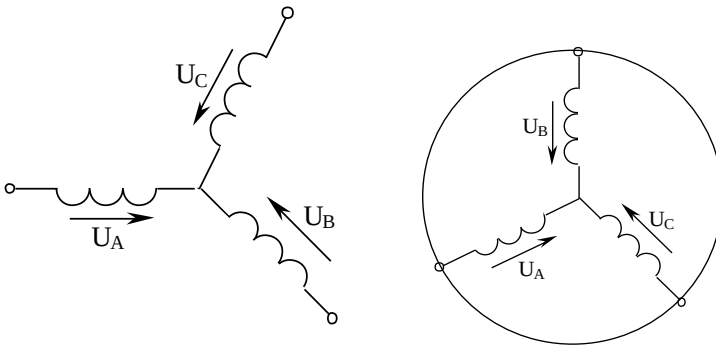


Рис. 1. Обобщенная асинхронная машина

Тогда общие уравнения для машин переменного тока запишутся (2)

$$\left. \begin{aligned}
 \bar{u}_S &= r_S \cdot \bar{i}_S + \frac{d\bar{\psi}_S}{dt} + j \cdot \alpha_K \cdot \bar{\psi}_S, \\
 0 &= r_R \cdot \bar{i}_R + \frac{d\bar{\psi}_R}{dt} + j \cdot (\alpha_K - p \cdot v) \cdot \bar{\psi}_R, \\
 \bar{\psi}_S &= x_S \cdot \bar{i}_S + x_m \cdot \bar{i}_R, \\
 \bar{\psi}_R &= x_m \cdot \bar{i}_S + x_R \cdot \bar{i}_R, \\
 m &= k \cdot \text{Mod}(\bar{\psi}_i \cdot \bar{i}_k), \\
 \bar{T}_m \cdot \frac{dv}{dt} &= m - m_n.
 \end{aligned} \right\} (2)$$

где $\bar{u}_S, \bar{i}_S, \bar{i}_R, \bar{\psi}_S, \bar{\psi}_R$ - мгновенные значения векторных переменных напряжения, тока, потокосцепления;

$$r_S = \frac{R_S}{R_b}, \quad r_R = \frac{R_R}{R_b}, \quad x_S = \frac{\omega_b L_S}{R_b}, \quad x_R = \frac{\omega_b L_R}{R_b}, \quad x_m = \frac{\omega_b L_m}{R_b},$$

$$T_m = \frac{J \omega_b^2}{M_b} - \text{относительные параметры};$$

$$\alpha_k = \frac{\omega_k}{\omega_b}, \quad v = \frac{\omega_m}{\omega_b} - \text{относительная частота статора и}$$

относительная скорость ротора;

$$m = \frac{M}{M_b} - \text{относительный момент на валу машины.}$$

На основании уравнений (2) для машин переменного тока в Toolbox Power System Blockset смоделирована виртуальная модель асинхронного двигателя (ВАД), которую можно подключить к трехфазному синусоидальному напряжению или к преобразователю (рис.2).

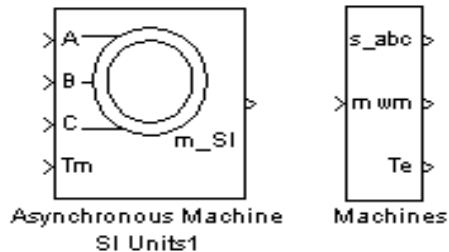


**Рис. 2 -Виртуальная модель асинхронного двигателя
и блок измерения**

Блок машины имеет три входных зажима (A, B, C) статорных обмоток, один вход (T_m) для подключения момента нагрузки и выход (m_SI) для подключения блока измерения. В поле окна настройки ВАД вводятся исходные параметры (рис. 3):

- тип ротора (*Rotor Type*), в выпадающем меню этого поля можно задать либо короткозамкнутый, либо фазный ротор;
- система координат, в которой описывается машина;
- номинальная мощность, номинальное линейное действующее напряжение и номинальная частота;
- активное сопротивление и индуктивность рассеяния статора;
- активное сопротивление и индуктивность рассеяния ротора;
- индуктивность взаимоиндукции;
- момент инерции, момент сухого трения и число пар полюсов;
- начальные условия для моделирования (скольжение, положение ротора, токи статора и их начальные фазы).

Block Parameters: Asynchronous Machine

Asynchronous Machine (mask) (link)

Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor or squirrel cage) modeled in the dq rotor reference frame. Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point. Press help for inputs and outputs description.

You can specify initial values for stator and rotor currents. In the Initial conditions parameter you have the possibility to specify the stator current only:

[sI th(deg) is,isb,isc(p.u.) pha,phb,phc(deg)]:

Or you can choose to enter the stator and the rotor initial currents:

[sI th(deg) is,isb,isc(p.u.) pha,phb,phc(deg) ira,irb,irc(pu) pha,phb,phc]:

Параметры

Rotor type: Squirrel-cage

Reference frame: Stationary

Nom. power,L-L, volt. and freq. [Pn(VA),Vn(Vrms),fn(Hz)]:

[2e3, 380 50]

Stator [Rs(ohm) Lls(H)]:

[0.435 2.0e-3]

Rotor [Rr(ohm) Llr(H)]:

[0.816 2.0e-3]

Mutual inductance Lm (H):

[69.31e-3]

Inertia,friction factor and pairs of poles [J(kg.m^2) F(N.m.s) p[]]:

[0.089 0 2]

Initial conditions: (read the details in the description above)

[1.0 0.0,0 0.0,0]

OK Cancel Help Apply

Рис. 3. Окно настройки параметров асинхронной машины

Электрические параметры машины являются параметрами классической схемы замещения.

Блок измерения позволяет измерить любые электромагнитные и электромеханические переменные состояния машины. Необходимые для измерения переменные состояния машины устанавливаются в соответствующих окнах панели настройки блока измерения. Окно настройки параметров универсального блока измерения переменных машины показано на рисунке 4. В выпадающем меню поля *Machine type* задается тип машины. Флажками выбираются переменные для измерения.

Исследуемая имитационная модель представлена на рисунке 5.

Порты модели *A*, *B* и *C* являются выводами статорной обмотки машины. Порт *Tm* предназначен для подачи момента сопротивления движению. На выходном порту *m* формируется векторный сигнал, состоящий из 21 элемента: токов, потоков и напряжений ротора и статора в неподвижной и вращающейся системах координат, электромагнитного момента, скорости вращения вала, а также его углового положения. Для удобства извлечения переменных машины из вектора в библиотеке *SimPowerSystems* предусмотрен блок *Machines Measurement Demux* [18].

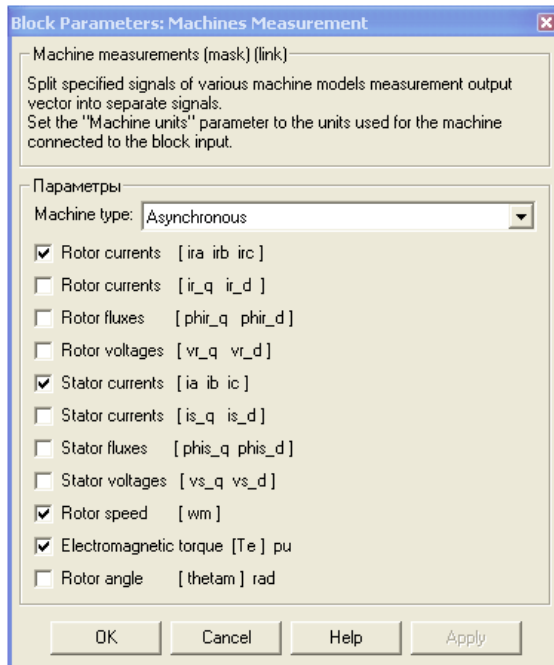


Рис.4. Окно настройки параметров блока измерения

Модель асинхронной машины включает в себя модель электрической части, представленной моделью пространства состояний четвертого порядка и модель механической части в виде системы второго порядка. Все электрические переменные и параметры машины приведены к статору [11, 12].

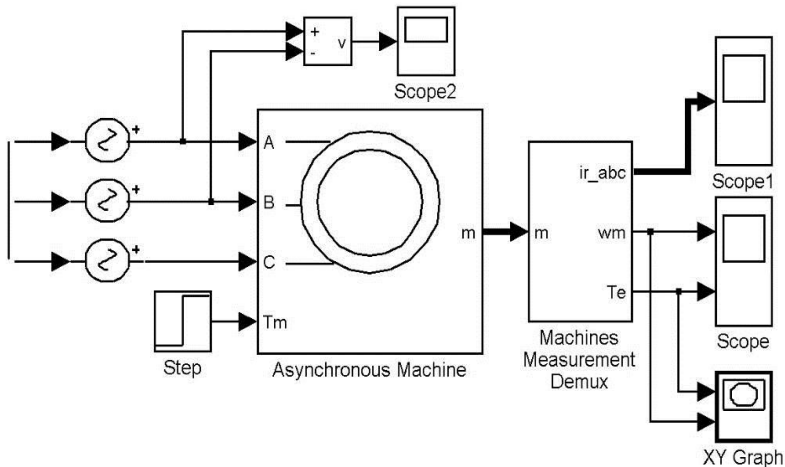


Рис. 5. Имитационная модель асинхронного электродвигателя в системе MATLAB

Мощность моделируемого двигателя составила 4 кВт, номинальная частота вращения 950 об/мин, напряжение питающей 3-х фазной сети составляло 0,38 кВ с частотой 50 Гц. Рабочие характеристики снимались с момента пуска двигателя при номинальной нагрузке. Параметры исследуемого двигателя задавались в блоке ввода параметров. На основании показаний с портов *ir_abc*, *wm*, *Te* блока *Machines Measurement Demux* строились графики токов в роторе, угловой скорости вала и электромагнитного момента, а также динамическая механическая характеристика двигателя.

Результаты. Была проведена серия опытов с заданием различных режимов напряжений на блоке источника питания. Целью проводимых опытов было наглядное рассмотрение и выявление степени влияния несимметрии напряжений питающей сети на работу двигателя. После каждого опыта анализировались графики угловой скорости вала, электромагнитного момента и динамическая механическая характеристика двигателя.

Первый опыт проводился при номинальных параметрах питающей сети. На рисунке 8 показана динамическая механическая характеристика двигателя. Приведенная

характеристика отличается от статической механической характеристики (рис. 7) того же двигателя, полученной с помощью моделирования в системе MATLAB. Различие между этими характеристиками определяется протеканием переходных электромагнитных процессов в двигателе.

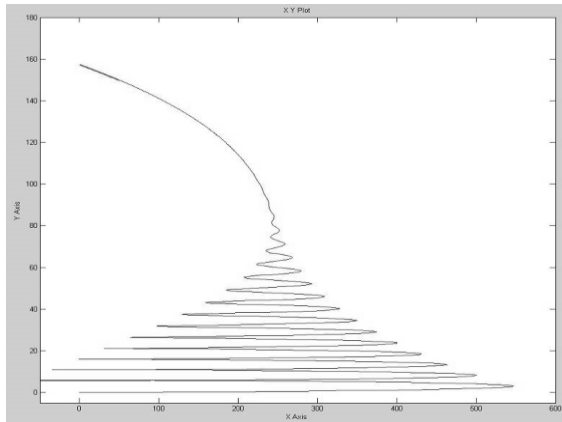


Рис. 6. Динамическая механическая характеристика двигателя при номинальных параметрах питающей сети

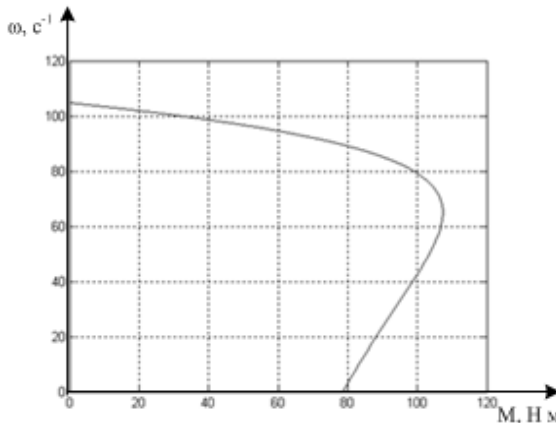


Рис. 7. Статическая механическая характеристика при номинальных параметрах питающей сети

Момент двигателя в динамических (переходных) режимах может в несколько раз превосходить момент в статическом режиме из-за того, что переходные токи статора и ротора могут значительно превосходить значения, рассчитанные по формулам статического режима. Магнитные поля, образуемые переходными составляющими токов, могут либо усиливать, либо ослаблять основное поле, создаваемое принужденными (усиливающимися) составляющими токов, вызывая соответствующее усиление или ослабление переходного электромагнитного момента. Иногда момент может стать даже отрицательным (тормозным), что можно увидеть на начальном участке кривой (рис. 8).

Другое существенное различие состоит в том, что вид динамической характеристики двигателя определяется не только параметрами его обмоток, но и моментом нагрузки и моментом инерции электропривода. Кроме того, характер переходного электромагнитного момента двигателя зависит от вида переходного процесса (пуск, реверс, торможение), а также от начального уровня магнитного поля двигателя.

Анализ этих зависимостей позволяет отметить, что при большом суммарном моменте инерции и моменте нагрузки кривая момента двигателя в начале переходного процесса имеет много пиков, затухание которых происходит медленно. При малых моментах инерции и нагрузки наблюдается обратная картина.

Большое влияние на характер переходных процессов при реверсе и торможении двигателя оказывает оставшееся магнитное поле, так как при отключении двигателя от сети его магнитный поток не может мгновенно снизиться до нуля. Наличие этого потока оказывает неблагоприятное воздействие на переходные процессы и вызывает увеличение максимальных переходных моментов двигателя при реверсе и торможении. Пики переходных электромагнитных моментов двигателя при пуске в 3 – 5, а при реверсе в 12 – 18 раз превышают номинальный момент двигателя.

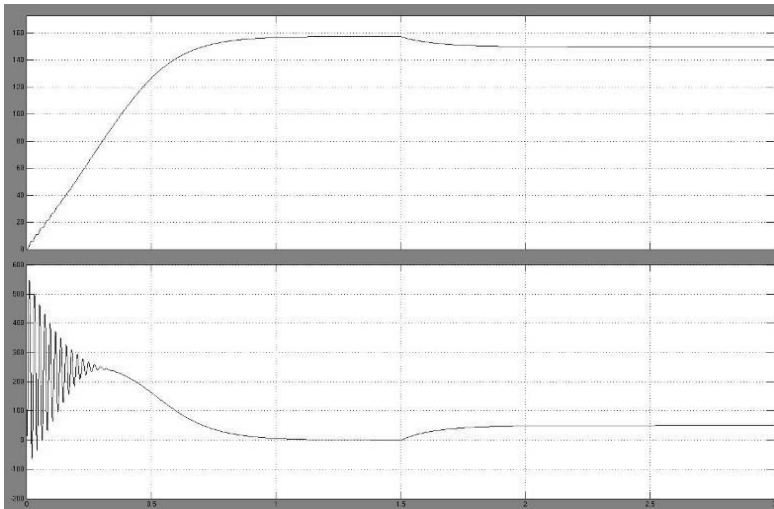


Рис. 8. Графики угловой скорости вала и электромагнитного момента при номинальных параметрах питающей сети

На рисунке 9 показаны графики угловой скорости и электромагнитного момента для данного режима. Колебания на графиках характеризуют момент пуска двигателя, затем с набором оборотов и выходом на рабочий режим работа двигателя стабилизируется, о чем свидетельствует плавные участки характеристик. Это наблюдается при отсутствии несимметрии напряжений в питающей сети, т.е. когда напряжение во всех питающих фазах одинаково. Электромагнитное поле двигателя, генерируемое таким напряжением, имеет правильную форму, и работа двигателя при его загрузке ниже или равной номинальной происходит плавно и без сбоев.

При возникновении несимметрии напряжений (опыт 2) картина работы двигателя меняется. Проведена серия опытов создания несимметрии напряжений питающей сети. На рисунке 11 показан эксперимент, в котором снижалось напряжение на 10% по фазам U и V при номинальном значении на фазе W.

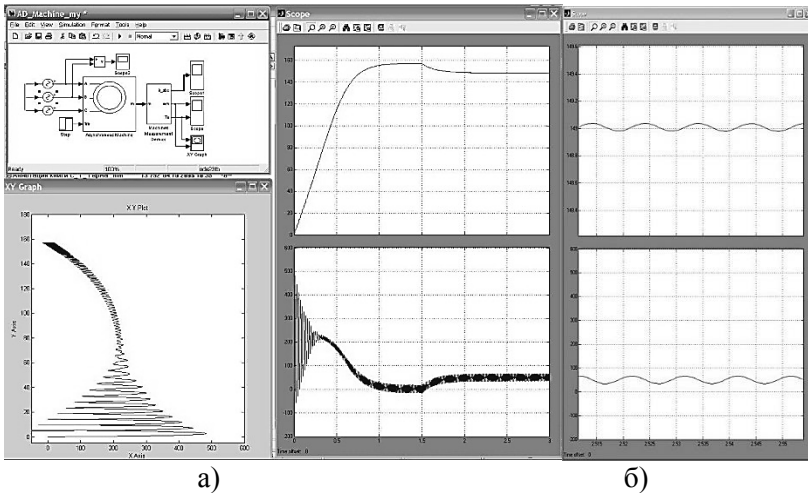


Рис. 9. Моделирование работы асинхронного двигателя при снижении напряжения на 10% по фазам U и V при номинальном значении на фазе W (а) и фрагмент графиков скорости и электромагнитного момента при несимметрии напряжений (б)

На основе анализа полученных результатов можно сказать, что при возникновении несимметрии напряжений в питающей сети ухудшаются рабочие параметры асинхронного двигателя. Увеличивается время набора угловой скорости, уменьшается выдаваемая мощность, работа становится не стабильной – постоянно наблюдаются небольшие перепады скорости и электромагнитного момента.

Например, при снижении напряжения по одной фазе на 10% наблюдалось увеличение времени разгона на 7%, рабочая скорость снизилась примерно на 0,5%, наблюдалось непостоянство электромагнитного момента и скорости двигателя (см. рис. 11,б). При колебаниях напряжения более 15% может быть нарушена номинальная работа электродвигателя с возможным отключением от сети. Это обусловлено изменением формы магнитных полей статора и ротора под воздействием токов обратной последовательности, что приводит к возникновению противодействующего момента и снижению располагаемой мощности двигателя.

Обсуждение. Исследованиям проблемы симметрирования токов и напряжений посвящены работы И.А. Будзко, В.Э. Воротницкого, Н.Д. Григорьева, И.В. Жежеленко, Ю.С. Железко, Ф.Д. Косоухова, А.В. Крюкова, В.Г. Кузнецова, М.С. Левитина, Т.Б. Лещинской, В.А. Скороходова и др.

Анализ исследований показал, что для рассмотрения несимметрии напряжений на работу двигателя с применением модели в системе MATLAB не применялся.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования в Пригородных электрических сетях, а также использование имитационной модели в системе MATLAB позволило за достаточно короткий промежуток времени рассмотреть и проанализировать работу двигателя при образовании несимметрии напряжений питающей сети. Итогом данного исследования стало наглядное отображение негативного влияния несимметрии напряжений на работу двигателя и выявление степени этого влияния, что указывает на необходимость применения специальных симметрирующих устройств для нормализации работы электрических сетей 0,38 кВ.

Рекомендации. Материалы статьи могут быть полезны научным работникам, докторантам и аспирантам, а также электротехническому персоналу электроэнергетических служб.

Список литературы

1. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / ГОСТ 32144-2013, Национальный стандарт Российской Федерации, М., Стандартиформ 2013.-30 С.
2. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек // Учебник для студентов высших техн. заведений. – 3-е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.
3. Косоухов Ф.Д. Несимметрия напряжений и токов в сельских распределительных сетях / Ф.Д. Косоухов, И.В. Наумов – Иркутск, 2003. – 260 с.
4. Наумов И.В. Оптимизация несимметричных режимов системы сельского электроснабжения. – Иркутск, 2001 г. – 217 с.
5. Наумов И.В. Управление качеством электрической энергии Учебное пособие. Издательство Амурского ГУ, Благовещенск, 2014 г.- 110 С.

6. Наумов И.В., Иванов Д.А., Шпак Д.А., Матвеев А.А., Подъячих С.В., Сукьясов С.В. Симметрирующее устройство для трёхфазной четырёхпроводной сети с регулируемыми параметрами Патент на полезную модель № 61063 – Опубликовано 10.02.2007 Бюл. № 4.

7. Наумов И.В., Васильев Н.В., Ланин А.В., Шевченко М.В. Программное обеспечение расчетов отказов элементов электрических сетей при перспективной оценке уровня надежности электроснабжения Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Спецвыпуск к 110 летию Н.С. Ждановского, 2017. С. 315-319.

8. Наумов И.В., Шевченко М.В. Использование симметрирующих устройств для повышения качества и снижения потерь электрической энергии при несимметрии фазных токов в низковольтных электрических сетях Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 3. С. 182-187.

9. Наумов И.В., Подъячих С.В., Иванов Д.А., Дамдинсүрэн Г., Шевченко М.В. Исследование несимметричных режимов работы в сельских распределительных электрических сетях 0,38 кВ в Монголии Вестник Крас ГАУ. - 2015.- №7.- С. 78-83.

10. Наумов И.В., Иванов Д.А. Симметрирующее устройство для трёхфазных сетей с нулевым проводом В сб.: «Актуальные вопросы технического, технологического и кадрового обеспечения АПК». Материалы Междунар. Научн.-практ. конф. и V-го регионального научн. произв. семинара «Чтения И.П. Терских».- Иркутск: изд. ИрГСХА, 2012. с. 263-267

11. Наумов И.В., Васильев Н.В., Шпак Д.А. Моделирование режимов работы асинхронных электрических двигателей в условиях низкого качества электрической энергии Журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» №27. май 2012. СПбГАУ. СПб., стр. 300-304.

12. Наумов И.В., Шпак Д.А. Управление режимами работы асинхронного двигателя в условиях несимметрии напряжений питающей сети «Вестник ИрГСХА» Научно-практический журнал, вып. 30, 2008 – с. 90-96

13. Davis M.W., Broadwater R., Hambrick J. Modeling and Testing of Unbalanced Loading and Voltage / M.W. Davis, R. Broadwater, J. Hambrick // National Renewable Energy Laboratory, July 2007.

14. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод. / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков. – М.: Академия, 2004, – 250 с.

15. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6R в математике и моделировании / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005 – 576с.
16. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. / И.В. Жежеленко, Ю.Л.Саенко. – М.: Энергоатомиздат, 2000 – 252 с.
17. Терехин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink. /В.Б.Терехин. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 320 с.
18. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.5: Учебное пособие. / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
19. Faiz, J., Ebrahimpour, H. and Pillay, P. 2004. Influence of unbalanced stress in steady-state mode nce of a three-phase squirrel cage induction motor, IEEE Trans. Energy conversion 19 (4), 657-662.
20. Kim, JG, Lee, EW, Lee, DJ and Lee, JH 2005. Comparison of the unbalance factor of the voltage across the lines and the phase voltage. Proc. The 8th International. Conf. Electric machines and systems 3, 1998-2001.
21. Ezer, D., Hanna, RA and Penny, J. 2002. Active voltage correction for industrial enterprises ", IEEE Trans. Industry Applications. 38 (6), 1641-1646.
22. Bollen, MHJ 2000. Understanding the quality of electricity Problems. IEEE Press, New York, USA.

УДК 621.311.49:004
ГРНТИ 44.29.33

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ
ТЕРМИНАЛОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ
ПО МЭК 61850**

**Воробьев Е.С., инженер 3 категории;
Глазырин А.В. техник,
ООО НПП «ЭКРА»,
г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия**

В статье описаны протоколы стандарта МЭК 61850 и программные комплексы для их тестирования.

Объединения различного оборудования подстанции в ее единую информационную систему происходит благодаря протоколам MMS (МЭК 61850-8-1) – для интеграции оборудования в систему АСУ ТП, GOOSE (МЭК 61850-8-1) – для передачи дискретной информации между терминалами РЗА и первичным оборудованием, SV (МЭК 61850-9-2) – для передачи оцифрованных аналоговых измерений [1]. Учитывая необходимость обеспечения информационной безопасности, MMS-сообщения предпочтительнее передавать по шине подстанции, а GOOSE-сообщения и SV-потoki – по шине процесса [2] микропроцессорного терминала.

Для проверки информационного трафика через шину подстанции процесса может быть использовано программное обеспечение (ПО) IED Scout, WhireShark, другие. Из-за большого разнообразия ПО в работе рассмотрено вышеперечисленное.

IEDScout представляет собой инструмент, работающий непосредственно с устройствами МЭК 61850. Он обеспечивает доступ к интеллектуальным электронным устройствам (ИЭУ) и реализует разнообразные функции при проверке таких устройств. Это программное обеспечение может имитировать работу устройств МЭК 61850 и также позволяет выполнять всесторонние испытания ИЭУ (например, MMS и GOOSE). Особенностью IEDScout

является возможность работы с ИЭУ по МЭК 61850 любых производителей, одновременная работа с несколькими устройствами, подробный анализ трафика данных.

Программа-анализатор трафика WhireShark позволяет проводить исследования сетевых приложений и протоколов, а также находить проблемы в работе сети (если такие имеются). ПО предоставляет возможность разобрать сетевой пакет и посмотреть значения каждого поля протокола любого уровня (MMS, GOOSE, SV).

Проверка реализации протокола MMS (МЭК 61850-8-1)

С помощью MMS-анализатора (например, IEDScout) необходимо выборочно (по данным из SCD) произвести подключение к устройствам нижнего уровня, произвести имитацию сигналов на входе данного устройства (изменение положение коммутационных аппаратов).

При этом следует контролировать: соответствие считанной из устройства конфигурации SCD файлу в части: логических узлов, отчетов; соответствие положения модели коммутационного аппарата данным, считанным с помощью MMS-анализатора из соответствующего логического узла, изменения положения КА, передаваемого по MMS, в соответствии с изменением физической модели.

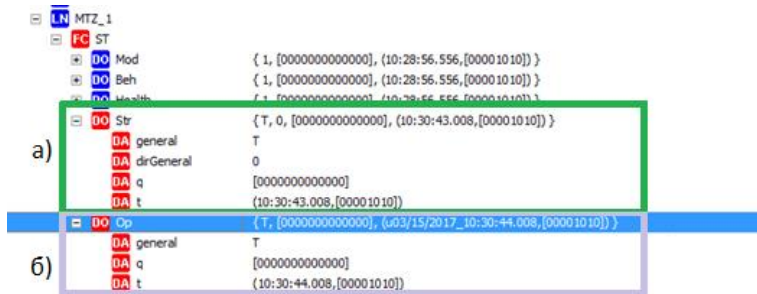


Рис. 1. Проверка МТЗ в IEDScout

В программе IEDScout проводилась проверка работы МТЗ: был подан режим для пуска и срабатывания МТЗ. В программе сравнивались метки времени параметра Str – пуск (рис. 1а) и Op – срабатывание (рис. 1б) и сравнивались с уставками терминала – параметр Тсраб (рис. 2).

	Уставка	Группа уставок 1 (активная)
	Защита введена	☒
	Сп. изм.	0
	Ипуск	1,00
	Квоз	0,90
	Тип ВВС	1. Незав.
	Тсраб	1,00

Рис. 2 Уставки терминала

Проверка реализации протокола GOOSE (МЭК 61850-8-1)

С помощью программы-анализатора для просмотра и анализа трафика в сети Ethernet (например, WireShark) необходимо выборочно (по данным из SCD) произвести проверку передаваемых GOOSE сообщений. С помощью программного обеспечения для конфигурирования настроить прием GOOSE-сообщений в соответствии с протоколом МЭК 61850 [3] (рис.3).



Рис. 3. Время передачи GOOSE-сообщения

Требования к настройкам передачи GOOSE: время T0 - не более 5 с; время T1 - не более 50 мс; отношение времен $T2/T1 \approx T3/T2 \approx T4/T3 \approx 2$.

При этом программой необходимо контролировать периодичность передаваемых GOOSE сообщений; состав GOOSE сообщений (в соответствии с SCD); ускорение передачи при возникновении события и восстановление стандартного цикла передачи.

Производилась настройка отправки GOOSE-сообщения при срабатывании МТЗ с $T1=5$ мс, $T0=100$ мс. В программе WireShark проводился анализ трафика сети – проверка меток времени GOOSE-сообщений при срабатывании МТЗ (рис. 4).

1	08:45:11.819	GOOSE 01
2	08:45:11.824	GOOSE 01
3	08:45:11.829	GOOSE 01
4	08:45:11.839	GOOSE 01
5	08:45:11.859	GOOSE 01
6	08:45:11.899	GOOSE 01
7	08:45:11.979	GOOSE 01
8	08:45:12.079	GOOSE 01

Рис. 4. Проверка прихода GOOSE-сообщений в WireShark

Проверка получения SV-потоков (МЭК 61850-9-2)

С помощью испытательного комплекса (например, РЕТОМ-61850, OMICRON) необходимо подать на терминал SV-поток в соответствии с параметрами потока (которые настраиваются в программе-конфигураторе терминала). Производилась настройка параметров SV-потока (рисунок 5) в программе РЕТОМ. Исходя из установленных уставок МТЗ (рисунок 2) был подан режим для пуска и срабатывания защиты.

Id	SV1
MAC	01 - 0C - CD - 04 - 00 - 01
Appld(Hex)	4000
VlanId(Hex)	0
VlanPr	4
☒ Флаг синхронизации	2
☒ Общее Quality(Hex)	0
Выборка на период	80

Рис. 5. Параметры SV-потока

В программе анализаторе (например, WireShark) производится наблюдение за SV-потоками (их присутствие в испытательной сети или отсутствие). При необходимости возможно посмотреть структуру SV-пакетов, их параметры, которые были заданы ранее.

Список литературы

1. Воробьев Е.С. Цифровизация энергообъектов: задачи и их решения / Е.С. Воробьев и др. // Сборник материалов III Международной научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности» / Чуваш. Университет. - Чебоксары. – 2019. – С.267-271.
2. Воробьев Е.С. Функциональная совместимость устройств РЗА мультивендорных цифровых подстанций / Е.С. Воробьев и др. // Релейная защита и автоматизация. – 2019. – №2. – С. 42-45.
3. IEC 61850-8-1 TR Ed.2 Communication networks and systems for power utility automation – Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3. – Germany. – 2012. – 133 с.

УДК: 621.3

ГРНТИ 44.29.33

ТРЕБОВАНИЯ К ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ВОЗМОЖНОСТЯМ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ТП 6...20/0,4 кВ В СТРУКТУРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Виноградов А.В., канд.техн.наук, доц., заведующий
лабораторией электроснабжения и теплообеспечения,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
г. Москва, Россия;**

**Сорокин Н.С., старший преподаватель,
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ,
г. Орёл, Орловская область, Россия**

В статье дана характеристика систем электроснабжения сельских потребителей и описаны функциональные возможности, которые необходимо обеспечивать трансформаторным подстанциям 6-20/0,4 кВ в структуре интеллектуальных электрических сетей.

Для реализации планов по повышению надежности и экономической эффективности электроснабжения сельских территорий России на сегодняшний день одной из основных задач является модернизация систем электроснабжения сельских

потребителей, в том числе построение интеллектуальных электрических сетей. Эта задача должна быть решена и в сельских электрических сетях напряжением 04...10 кВ.

Сельские электрические сети питают подключенных к ним сельских потребителей, к которым, согласно [1] относятся: жилые дома рабочих и служащих в населенных пунктах; фермерские хозяйства; больницы, школы, клубы, магазины, пекарни, предприятия агропромышленного комплекса и целый ряд прочих потребителей.

Основные особенности систем электроснабжения сельских потребителей подробно указаны в [2, 3]. Главные среди них - это необходимость питания электроэнергией большого количества сравнительно маломощных рассредоточенных потребителей; малая плотность электрических нагрузок - от 5 до 15 кВт/км² и другие. Эти особенности приводят к тому, что сельские электрические сети являются сетями с большой частотой отказов, но в то же время с минимальной оснащённостью средствами автоматики. [2].

Составными частями систем электроснабжения сельских территорий являются: питающие сети напряжением 35-110 кВ, выполненные воздушными линиями; распределительные сети напряжением 0,38-20 кВ, выполненные воздушными и кабельными линиями; трансформаторные подстанции 110/35/10 кВ, 110/10 кВ, 35/10 кВ, 35/0,4 кВ, 6-20/0,4 кВ. По данным [4] общая протяженность линий электропередачи (ЛЭП) 6...20 кВ, относящейся к ПАО «Россети» составляет 962 933,5 км, ЛЭП 0,4 кВ - 771 013,9 км, ЛЭП 35 кВ - 145 055,0 км и ЛЭП 110 кВ - 189 856,6 км. Таким образом, наиболее протяжёнными сетями являются именно сети 04...20 кВ.

Питающие сети в системах электроснабжения сельских территорий могут выполняться по конфигурации радиальной сети, когда к линии от одного источника питания подключается несколько подстанций, также они выполняются в виде кольцевых сетей и линиями с двухсторонним питанием. Распределительные сети выполняются в зависимости от требуемой категории надежности электроснабжения и могут быть одноцепными радиальными с питанием от одного центра питания и одноцепными с питанием от двух и более центров питания.

[1,2,3]. При этом, как показывает ряд статистических исследований, радиальными выполняются до 95% ЛЭП 0,4 кВ и более, что не позволяет реализовывать в них принципы интеллектуальных сетей, так как нет возможности резервирования питания потребителей [5...7]. При проведении массовой электрификации села в 60-е – 80-е годы 20-го века, нагрузки сельских сетей были малыми, а их требования к надёжности и качеству электроэнергии небольшими. В настоящее время картина изменилась и ненадёжное электроснабжение, недостаточное качество электроэнергии, недостаточная пропускная способность сетей приводит к задержке ввода новых сельскохозяйственных объектов, снижению комфортности проживания жителей, недовыпуску продукции сельхозпредприятиями.

Эффективность системы электроснабжения зависит от всех её элементов. И важным звеном сельских электрических сетей являются трансформаторные подстанции 6-20/0,4 кВ (ТП). Традиционно ТП состоят из следующих основных элементов: распределительного устройства (РУ) высокого напряжения; распределительного устройства низкого напряжения; силового трансформатора; различного дополнительного оборудования. Основной функцией ТП 6-20/0,4 кВ является преобразование и распределения электрической энергии потребителям, находящимся в зоне их действия. При этом для ТП, применяемых в сельской местности характерно использование, в качестве коммутационных аппаратов на высокой стороне разъединителей, а на низкой стороне – автоматических выключателей и рубильников, а в качестве средств защиты от аварийных режимов – предохранителей и автоматических выключателей. Это также затрудняет автоматизацию данных ТП, так как все указанные коммутационные аппараты не предполагают, как правило, дистанционного управления, оснащения функциями АПВ и другими средствами автоматизации. Тем не менее, наблюдается тенденция к повышению уровня автоматизации и информатизации ТП 6...10/0,4 кВ. В частности, этим направлением широко занимаются компании ОВЕН [8], Феникс – контакт [9] и другие. Для этого их предполагается оснастить ТП современными системами телесигнализации и телеуправления,

которые позволят повысить информативность, надежность и экономичность систем электроснабжения сельских потребителей, что, безусловно, позволит построить современные цифровые сельские электрические сети.

Более широкое оснащение ТП средствами не только контроля, но и управления режимами работы электрической сети предполагается в работе [10], причём предполагается оснащение средствами контроля, мониторинга, учёта и управления не только ТП, но и всей сети 0,4...20 кВ. Это, вместе с оснащением сети 0,4 кВ мультиконтактными коммутационными системами позволяет реализовывать концепции интеллектуальных электрических сетей.

В структуре таких сетей ТП 6...20/0,4 кВ должны обеспечивать следующие возможности: дистанционное и автоматическое управление коммутационными аппаратами, установленными на ТП; дистанционный контроль режимов работы оборудования ТП, отходящих ЛЭП; контроль показателей качества электроэнергии на высокой и низкой стороне ТП, в отходящих ЛЭП; адаптивное автоматическое регулирование напряжения в сети 0,4 кВ [11]; автоматическое адаптивное регулирование реактивной мощности в сети; определение мест повреждений в отходящих ЛЭП; контроль надёжности электроснабжения потребителей с помощью оснащения ТП системами мониторинга надёжности и качества электроэнергии [12]; контроль загрузки силовых трансформаторов и оценка потерь электроэнергии в них с ранжированием на потери в меди и в стали в процессе функционирования ТП; предотвращение несанкционированной подачи в сеть 10 кВ напряжения от сети 0,4 кВ посредством обратной трансформации [13]; осуществление алгоритмов АПВ и АВР на ТП и отходящих ЛЭП с учётом возможности запрета их работы на аварийный участок и другие функции, позволяющие повысить интеллектуализации. сети 0,4...20 кВ.

Реализация такого широкого ряда функциональных возможностей на ТП 6...20/0,4 кВ потребует пересмотра структуры ТП, разработки новых типов оборудования и систем для их оснащения, что, кроме повышения эффективности систем электроснабжения сельских потребителей, позволит также

создать новые рабочие места и способствовать развитию отечественной промышленности в части производства электрических аппаратов и электронных устройств, микроконтроллерной техники.

Список литературы

1. Лещинская Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений / Т.Б.Лещинская, И.В. Наумов. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.: ил.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.
3. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – 3-е изд., испр. и доп. – Красноярск, 2016. – 264 с.
4. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» Утверждено Советом Директоров ПАО «Россети» (протокол от 22.02.2017 № 252)
5. Виноградов А.В. Повышение надежности электроснабжения сельских потребителей посредством секционирования и резервирования линий электропередачи 0,38 кВ: монография / А.В. Виноградов, А.В. Виноградова. – Орел: Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2016. – 224 с.
6. Виноградова А.В. Статистическая характеристика сельских электрических сетей / А.В. Виноградова // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – №1(1). – с. 419-423.
7. Виноградов А.В. Некоторые статистические данные о составе распределительных электрических сетей на примере Кондровского РЭС/Виноградов А.В., Шабаетов М.М., Юдкин Р.С.// В сборнике: Энерго-и ресурсосбережение – XXI век Материалы XVII международной научно-практической конференции. Орёл, 2019. С. 196-201.
8. ОВЕН: оборудование для автоматизации. Электронный ресурс. Заголовок с экрана. Режим доступа: <https://owen.ru/> Дата обращения 6.02.2020г
9. Phoenix Contact в России Электронный ресурс. Заголовок с экрана. Режим доступа: <http://www.phoenixcontact-online.ru/> Дата обращения 6.02.2020г
10. Виноградов А.В. Новые мультиконтактные коммутационные системы и построение на их базе структуры интеллектуальных распределительных электрических сетей. - Агротехника и энергообеспечение. - №3 (20). – 2018. – С. 7-20.
11. Голиков, И.О. АДАПТИВНОЕ АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 КВ:/Монография/ Голиков И.О., Виноградов А.В. – Орел; Изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2017. – 166 с/

12. Vinogradov A., Bolshev V., Vinogradova A., Kudinova T., Borodin M., Selesneva A. & Sorokin N. (2019) A System for Monitoring the Number and Duration of Power Outages and Power Quality in 0.38 kV Electrical Networks. In: Vasant P., Zelinka I., Weber GW. (eds) Intelligent Computing & Optimization. ICO 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 866: 1-10. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-00979-3_1.

13. Патент № 2710938 Российская Федерация, МПК H02J 9/06, H 02 J 13/00. Способ блокировки обратной трансформации посредством отключения коммутационных аппаратов в отходящих от трансформаторной подстанции линиях электропередачи низкого напряжения и вводного коммутационного аппарата на низкой стороне трансформаторной подстанции и осуществления сигнализации и информирования персонала электросетевой организации при несанкционированной подаче напряжения в отходящие от трансформаторной подстанции линии электропередачи низкого напряжения со стороны потребителей или на шины низкого напряжения трансформаторной подстанции /Виноградов А.В., Виноградова А.В., Панфилов А.А, Большев В.Е.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – Заявка 2019133614; заявлено 23.10.2019; опубл. 14.01.2020 Бюл. № 2.

УДК 621.316.1.05:621.316.53.064.26
ГРНТИ 44.29.37

**ОПИСАНИЕ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ
ДЕМОНСТРАЦИОННО-ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ
НА ОСНОВЕ МУЛЬТИКОНТАКТНЫХ
КОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМ» ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ
МЕЖДУ КОММУТАЦИОННЫМИ АППАРАТАМИ
АВР-П, СПАВР, 1МКССМ-8-4В**

**Виноградов А.В., канд.техн.наук, доц.,
заведующий лабораторией электроснабжения
и теплообеспечения,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
г. Москва, Россия;**

**Лансберг А.А., бакалавр 2 курса направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ,
г. Орёл, Орловская область, Россия;**

**Панфилов А.А., начальник отдела «Автоматизированные
системы диспетчерского управления»,
ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго»,
г. Орёл, Орловская область, Россия**

В работе приведено описание одного из аварийных режимов работы демонстрационно-лабораторного стенда «Интеллектуальные электрические сети на основе МКС».

Повышение эффективности предприятий, обеспечение надежного и бесперебойного снабжения потребителей – основная цель текущих реформ российской электроэнергетики. Распределительные сети являются завершающим звеном в системе обеспечения электрической энергией. В настоящее время на этом сегменте системы электроснабжения возросли риски экономической ответственности за качество работы с конкретным потребителем. При сегодняшнем состоянии

энергетики требуются существенные изменения в технологической деятельности [1].

Одним из таких изменений может быть концепция построения интеллектуальных электрических сетей 0,38 кВ с внедрением мультиконтактных коммутационных систем (МКС) [2]. МКС – это новое электросетевое оборудование, позволяющее осуществлять резервирование и секционирование линии электропередачи за счет оснащения несколькими силовыми контактами, которые позволяют реализовывать в данных устройствах разные средства автоматики.

Для демонстрации возможности повышения надежности электроснабжения потребителей сельских электрических сетей 0,38 кВ за счет внедрения МКС был разработан лабораторный стенд в виде системы электроснабжения потребителей, описанной в [3]. Демонстрационно-лабораторный стенд содержит разные типы МКС и выполнен в виде электрической цепи, состоящей из электронных приборов и микроконтроллерных блоков управления (МБУ), образующих электрические схемы МКС [4]. Он позволяет моделировать различные режимы работы электрической сети.

Отдельные узлы электрической схемы образуют модели МКС с микроконтроллерными блоками управления, которые осуществляют анализ состояния сети и переключения контактов в зависимости от поступающих сигналов с датчиков мониторинга напряжения. Для реализации моделей МКС было использовано 7 ведомых (Slave) микроконтроллеров Arduino Nano и 1 ведущий (Master) микроконтроллер Arduino Uno. Полная собранная электрическая схема стенда представлена на рисунке 1.

Для имитации аварийных режимов работы в электрическую цепь стенды встроены тумблеры. Ведомые МБУ Arduino Nano выполняют анализ режима работы сети, обработку информации и ее отправку на ведущий контроллер Arduino Uno, который выполняет задачи включения стенда и изменения конфигурации электрической сети при аварийных режимах работы. Полное описание работы алгоритмов ведомых и ведущего микроконтроллеров представлено в [5, 6].

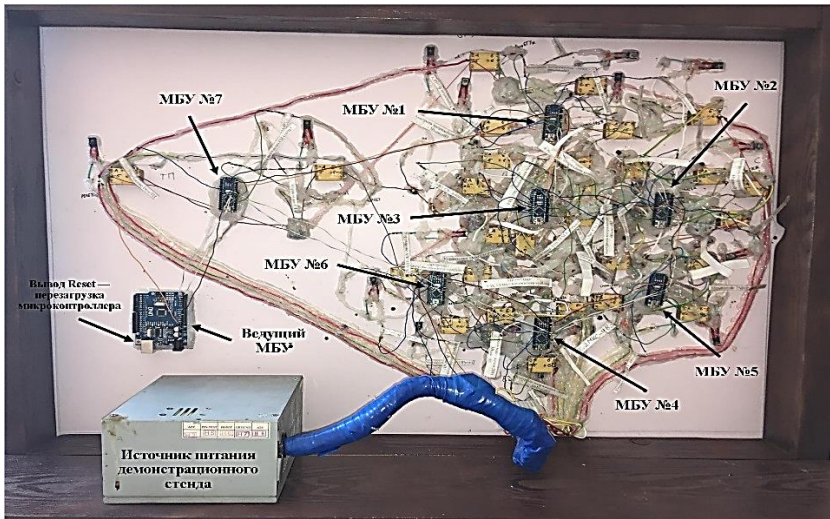


Рис. 1. Спаянная электрическая схема демонстрационно-лабораторного стенда «Интеллектуальные сети на основе МКС»

Включение стенда производится пошагово для того, чтобы на видимой части стенда все действия происходили последовательно и облегчали визуальное восприятие. С этой целью в ведущем микроконтроллере использована функция времени, позволяющая ввести необходимую задержку. После того, как устанавливается нормальный режим работы электрической сети демонстрационно-лабораторного стенда процесс изменения положения контактов при имитации аварийных ситуациях заключается в перевождении тумблера в положение, разрывающее электрическую цепь, в результате которого пропадает напряжения в контрольной точке. Информация об отсутствии напряжения в контрольной точке поступает с ведомых контроллеров Arduino Nano на главный контроллер Arduino Uno, который при отсутствии напряжения в контрольной точке начинает осуществлять последовательный цикл переключений, которые необходимо произвести в текущей ситуации. В качестве примера приведена аварийная ситуация №2 в работе стенда, согласно которой при отсутствии напряжения в контрольной точке на выводе В3 коммутационного устройства

1МКССМ-8-4В переключения производятся в соответствии со следующим описанием:

Ситуация 2 – Авария между СПАВР, 1МКССМ-8-4В и АВР-П. Система дистанционного мониторинга технического состояния ЛЭП выявила повреждение на линии между коммутационными аппаратами АВР-П, 1МКССМ-8-4В и СПАВР, возле потребителя 1. В первую очередь необходимо изолировать поврежденный участок с помощью переключений контактов коммутационных устройств. При этом питание потребителей 2 и 6 будет осуществлять ТП; СЭС, БГУ и накопитель будут снабжать электроэнергией потребителей 3 и 4; а ВЭС – потребителя 5. Внешний вид демонстрационно-лабораторного стенда в данном режиме работы представлен на рисунке 2. Положение контактов коммутационных устройств в соответствии с разработанным способом кодирования ситуаций в электрических сетях [7] представлено в таблице:

Таблица

Кодирование ситуации 2 в системе электроснабжения.

Код в буквенной форме								
1МК С-4	2МК С-4	1МК С-3	2- МК С3	АВ Р-П	СПА ВР	1МКСС М-8-4В	БГ У	СЭ С
N	N	G	F	B	A	D2	B	B
Двоичный код								
1111	1111	011	101	101	0	1101100 1	1	1
Код в буквенной форме								
П1	П2	П3	П4	П5	П6	ТП	Н	ВЭ С
A	B	B	B	B	B	B	A	B
Двоичный код								
0	1	1	1	1	1	1	0	1



**Рис. 2. Ситуация 2 – Авария между коммутационными устройствами
СПАВР, АВР-П, 1МКССМ-8-4В.**

После того, как производится цикл переключений при аварии и в электрической сети устанавливается новая конфигурация возвращение к нормальному режиму работы демонстрационно-лабораторного стенда можно осуществить двумя способами. Первый заключается в перезагрузке стенда путем использования ПК с ПО Arduino IDE, в котором есть функции монитора порта, позволяющая перезагружать ведущий МБУ, и подключением к ведущему микроконтроллеру по последовательному интерфейсу UART. Второй способ заключается в нажатии кнопки перезагрузки - вывода Reset на ведущей плате Arduino Uno, что также приведет к перезагрузке микроконтроллера.

Выводы: благодаря использованию вышеуказанных способов возможно демонстрировать все ситуации, заложенные в главном МБУ, без отключения источника питания стенда. Спроектированные электрические схемы управления моделями МКС и других коммутационных аппаратов позволили реализовать демонстрационно-лабораторный стенд «Интеллектуальные сети на основе МКС», в результате работы которого представляется широкая вариативность конфигурации

сети. Проработана логика работы микроконтроллерных блоков управления и запрограммированы соответствующие алгоритмы.

Список литературы

1. Арцишевский, Вострокнутов, Земцов. Обеспечение надежности и качества электроснабжения. Электроэнергия. Передача и распределение. 2010. № 3 (3). С. 14-18.

2. Лансберг А.А. Повышение надежности электроснабжения поселка КОРСУНЬ посредством применения мультиконтактных коммутационных систем. - Научный журнал молодых ученых. - № 1(14). - март 2019. - с.51-60.

3. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Семенов А.Е. Выбор системы электроснабжения демонстрационного стенда «Интеллектуальные сети на основе мультиконтактных коммутационных систем» и кодирование возникающих ситуаций с помощью двоичного кода. В сборнике: Инновации в образовании. Материалы XI научно-практической конференции: в 2-х частях. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина». 2019. С. 14-18.

4. Лансберг А.А., Панфилов А.А. Электрическая принципиальная схема управления мультиконтактной коммутационной системой с 4 контактами и микроконтроллерным блоком управления Arduino Nano V3.0 CH340 для демонстрационного стенда. – Научный журнал молодых ученых - № 2(15). – июнь 2019. – с.69-75.

5. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Панфилов А.А., Псарев А.И., Семенов А.Е. Алгоритмы ведомых микроконтроллерных блоков управления Arduino nano V3.0 CH340 демонстрационного стенда «Интеллектуальные сети на основе МКС». – Научный журнал молодых ученых - № 3(16). – сентябрь 2019. – с.39-48.

6. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Панфилов А.А., Псарев А.И., Виноградова А.В. Алгоритм работы ведущего микроконтроллерного блока управления ARDUINO NANO UNO R3 демонстрационно-лабораторного стенда «Интеллектуальные сети на основе МКС». - Научный журнал молодых ученых - № 4(17). – декабрь 2019. С. 52-66.

7. Виноградов А.В., Виноградова А.В., Большев В.Е., Лансберг А.А. Способ кодирования ситуаций в сети, содержащей мультиконтактные коммутационные системы и возобновляемые источники энергии. - Вестник аграрной науки Дона. - 2019. - №2 (46). с.68-76.

УДК 620.97
ГРНТИ 44.09.35

**РАСЧЁТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
И УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬ-
НЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ
ПРИ ПОДОГРЕВЕ СЫРЬЯ
В БИОГАЗОВОМ РЕАКТОРЕ**

**Вендин С.В., д-р техн.наук, профессор;
Мамонтов А.Ю., аспирант,
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ,
г. Белгород, Белгородская область, Россия**

В статье рассмотрен расчет температурных полей и мощности источников теплоты для подогрева сырья в биогазовом реакторе.

Разработка вопросов применения и эффективного использования альтернативных и возобновляемых источников энергии является актуальной, т.к. наблюдается тенденция возрастающего роста энергопотребления во всех сферах жизни человека – в промышленности, в сельском хозяйстве и в быту. Любое энергетическое дополнение к углеводородным энергоресурсам на основе использования энергии ветра, солнца, производства биогаза из органических отходов и др. имеет право на развитие и эффективное применение [1-4].

При производстве биогаза из органического сырья важно учитывать его состав и особенности технологических режимов процесса брожения. На настоящее время выделяют три основных температурных режима сбраживания: психрофильный, мезофильный и термофильный. При этом рекомендуется, кроме поддержания средних температур, обеспечивать также ограничения по допустимым колебаниям температуры в течение определенного времени [2, 3]. При недостатке теплоты для обеспечения температурного режима используют подогрев массы с помощью дополнительных (сторонних) источников теплоты [4]. Поэтому задача состоит в оптимальном выборе установленной мощности дополнительных источников теплоты.

Для анализа температурных полей внутри объекта и расчета установленной мощности дополнительных источников теплоты и можно использовать решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах, представленные в следующих работах [5, 6]. Физическую модель биореактора можно определить в виде сплошного цилиндра радиусом R_1 (рабочий объем реактора) и высотой H , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной Δ . При этом наружный радиус конструкции будет равен $R_2 = R_1 + \Delta$.

Возможно-допустимый технологический диапазон изменения температуры при сбраживании можно определить, как разницу значений температурного поля между центром биореактора $T_1(0)$ и у внутренней стенки биореактора $T_1(R)$

$$\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R), \quad (1)$$

или как разницу значений температурного поля между температурой на оси биореактора $T_{кр} = T_1(0)$ и температурой снаружи (окружающей среды) T_c :

$$\Delta T = T_1(0) - T_c. \quad (2)$$

На основе теоретических исследований были получены расчетные соотношения для оценки распределения температурных полей в реакторе, а также для оценки установленной мощности дополнительных источников теплоты при подогреве сырья в процессе брожения.

На рисунке 1 представлена характерная поверхность распределения температурного поля внутри биореактора при изменении толщины кирпичной стенки Δ .

Анализ поверхностей температуры внутри реактора показал, что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора практически не зависит от толщины стенки биореактора Δ . Однако с увеличением толщины стенки биореактора Δ абсолютная температура внутри него, хотя и несущественно, но повышается.

На рисунке 2 представлена поверхность величины установленной мощности дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении толщины кирпичной стенки Δ и наружной температуры воздуха T_c

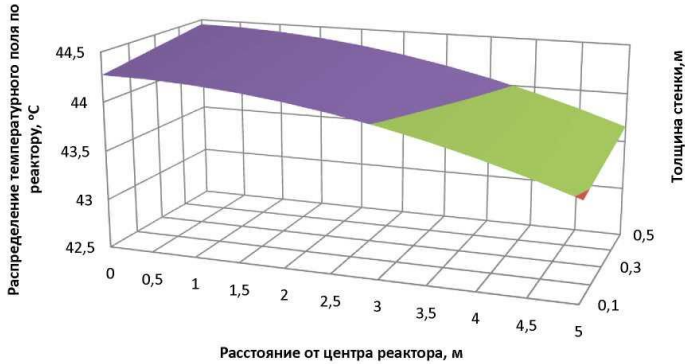


Рис. 1. Распределение температурного поля внутри биореактора при изменении толщины кирпичной стенки Δ

Было установлено, что необходимая для обеспечения разницы температур между центром и внутренней стенкой реактора ΔT_1 установленная мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты не зависит от радиуса цилиндрического биореактора R_1 и определяется такими параметрами, как теплопроводность биомассы λ_1 и высота биореактора H .

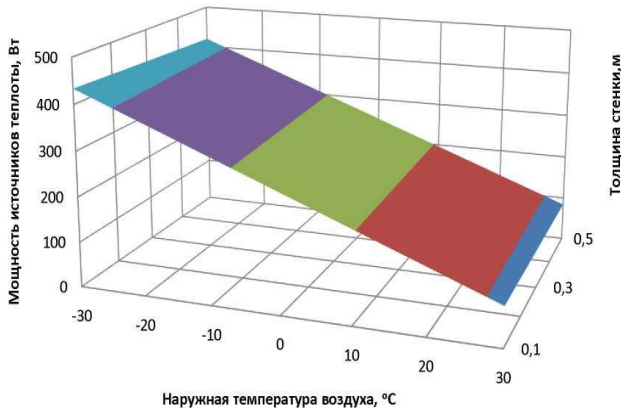


Рис. 2. Установленная мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении толщины кирпичной стенки Δ и наружной температуры воздуха T_c

Установлено также, что для поддержания разницы температур между центром реактора и окружающей средой ΔT требуемая установленная мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты существенно зависит от температуры наружной среды вне реактора T_c и практически не зависит от толщины стенки реактора Δ .

Список литературы

1. Шопинский С.Н. Проблемы и перспективы использования ветроэлектрических установок в зонах со слабыми ветрами / С.Н. Шопинский, С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. –2016. – №1(9). – С. 16-20.

2. Садчиков А.В. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках / А.В. Садчиков, Н.Ф. Кокарев // Фундаментальные исследования.- 2016. - № 2-1. - С. 90-93.

3. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Каплин А.В. Программа расчета геометрических и конструкционных параметров биогазового реактора / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, А.В. Каплин // Промышленная энергетика. –2017. -№3. - С. 51-55.

4. Вендин С.В. Электрооборудование биогазового реактора / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. - 2017. –№5. - С. 26-27.

5. Вендин С.В. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах / С.В. Вендин, И.А. Щербинин //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.- 2016.- №3.- С. 96-99.

6. Вендин С.В. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе / С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г. Шухова.- 2017.- №7. - С.97-99.

УДК 620.9
ГРНТИ 44.31.41

ИСТОЧНИКИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ

Балкаров Х.А., Коков М.С., магистранты 1 курса,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

Эффективным направлением внедрения технологий использования низкопотенциальной теплоты в практику отечественного строительства представляется широкое применение теплонасосных систем теплоснабжения, использующих в качестве доступного источника тепла низкого потенциала, грунт поверхностных слоев земли.

Перспективным направлением в снабжении энергетическими ресурсами различных объектов, является применение источников низкотемпературного потенциала от 4 до 30°C, к которым можно отнести атмосферный воздух, грунтовые слои земли, водоемные и грунтовые воды [1,2].

Энергия, заключённая в воздухе может использоваться в малых теплонасосных установках (ТС). Так как у воздуха низкая температура, теплоемкость и коэффициент теплоотдачи то крупные установки являются мало эффективными, и к их теплообменникам необходимо подводить больше теплоты.

Источником низкопотенциальной тепловой энергии используют подземные воды с незначительной температурой или же поверхностные слои земли, так как теплота грунта выше.

Теплота грунта складывается под воздействием поступающей на поверхность солнечной радиации и потока тепла из земных недр. Временные колебания интенсивности солнечной радиации и температуры наружного воздуха вызывают изменения температуры грунта. Суточные изменения температуры воздуха и солнечной радиации, зависят от конкретных климатических условий, и влияют на температуру грунта на глубине до полутора метров, а изменения температуры грунта на глубине ниже 10 метров не превышают 1-2°C, что даёт

возможность эффективно использовать теплоту грунта в тепловых насосах [3]. С возрастанием глубины температура грунта увеличивается примерно на 3°C на каждые 100 м. Теплообмен в грунте в основном зависит от климата местности и теплофизических свойств грунта: составом, влажностью, пористостью.

Используются системы низкопотенциальной тепловой энергии, не относятся ни к открытым ни к замкнутым. Одна и та же глубокая скважины, глубиной от 100 до 450 м, заполненная водой, может быть и нагнетательной, и эксплуатационной. Диаметр скважины обычно составляет 15 см. В нижнюю часть скважины помещается насос, который подает воду к испарителям теплового насоса. Обратная вода возвращается в верхнюю часть водяного столба в ту же скважину. Происходит постоянная подпитка скважины грунтовыми водами, и открытая система работает подобно замкнутой [4].

Одним из возобновляющихся источников тепловой энергии является внутриземное тепло, так как запасы горячих и перегретых вод в недрах земли равна половине Мирового океана по объему. Количество тепловой энергии в виде горячей воды и пароводяной смеси, сосредоточенной в верхнем пятикилометровом слое земной коры, во много раз превышает потенциальную энергию традиционных энергоносителей. Теплоносителем земли служат подземные воды, которые выходят на поверхность в виде гейзеров, ключей или искусственные скважины.

Геотермальные воды обладают такими достоинствами как возобновляемость, экологичность, экономия питьевой воды и невысокая себестоимость.

На технологию применения геотермальной воды оказывают её физико-химические свойства и состав растворённых в воде и сопутствующих газов.

При использовании термальной воды для горячего водоснабжения возможен запуск теплового потенциала. В системах теплоснабжения, использующих геотермальные воды низкой и средней температуры, они обеспечивают пиковый нагрев воды при низких температурах наружного воздуха.

Если геотермальная вода поступает непосредственно в систему теплоснабжения, необходимо принять меры для уменьшения коррозии и отладки солей. В системах с тепловыми насосами холодильные агрегаты служат тепловыми трансформаторами. Такие системы являются источниками тепла зимой и холода летом для создания микроклимата в жилых и производственных помещениях. Для низкотемпературных геотермальных вод нагрузки с более низкими температурами наружного воздуха впоследствии покрываются тепловым насосом и пиковой котельной. В сочетании с централизованным горячим водоснабжением эта схема использует от 80 до 85% тепла геотермальной скважины.

Сброс сточных геотермальных вод в некоторых случаях затрудняет их использование. Если невозможно разбавить воду до допустимой минерализации, организуются открытые хранилища, на которых вода сбрасывается в период значительных осадков. Перспективным является закачка сточных вод обратно в резервуар. Замкнутый контур с постоянно циркулирующим теплоносителем соответствует отбору тепла породы благодаря восстановлению пластового давления.

Определяющим фактором высокой коррозионной активности средне минерализованных геотермальных вод с температурой 50 ... 70 ° С является наличие в воде газов (сероводорода и свободного углекислого газа). Коррозия трубопроводов происходит из-за присутствия кислорода в воде, поступающей в систему при удалении сероводорода, углекислого газа и попутных газов (метана, азота и т. Д.) Из воды. Помимо очистки воды и снижения ее агрессивности, трубопроводы из термостойких пластиков используются для защиты трубопроводов от коррозии.

Термальные воды позволили комплексно использовать и экономить энергетические ресурсы на различных предприятиях сельскохозяйственного производства и быту сельского населения [5,6].

Одной из причин, сдерживающих широкое применение термальных вод, является минералообразование в скважинах и трубопроводах. Это явление целесообразно применять при добыче ряда элементов: бора, йода, брома, хлоридных солей и т.д.

Термальные воды, склонные к солесодержанию, очищают от взаимоосаждаемых компонентов после их выхода из скважин и до введения в теплофикационную сеть. Помимо глубинной тепла земли в последние годы, в связи с улучшением и повсеместным внедрением тепловых насосов, все больше внимания уделяется использованию низкосортного тепла, накопленного в почве, которое передается от солнца круглый год.

Принцип работы системы теплоснабжения с использованием температуры почвы аналогичен принципу работы холодильника. В грунте на глубине 0,6 ... 1,2 м проложен пластиковый трубопровод диаметром 40 мм. Хладагент циркулирует в трубопроводе, температура которого ниже температуры почвы, что способствует его нагреву. Нагретая охлаждающая жидкость поступает в испаритель теплового насоса. Хладагент - фреон течет через испаритель, который передает тепло в конденсатор-водонагреватель и отдает его в систему горячего водоснабжения и отопления. Потенциал тепла от охлаждающей жидкости к испарителю передается фреону, который испаряется. Компрессор теплового насоса всасывает фреоновый пар из испарителя, сжимает его и подает в конденсатор. В то же время его давление и температура увеличиваются. В конденсаторе при повышенном давлении пар фреона уменьшается при относительно высокой температуре, и тепловой потенциал передается воде для отопления и горячего водоснабжения. Из конденсаторов фреон подается в расширительный клапан, в котором его температура снижается, а затем снова поступает в испаритель.

Водонагреватель вместимостью 320 л обеспечивает потребность одной семьи тепле в любое время года. Габаритные размеры водонагревателя, соизмеримые с размерами холодильника (750×912×1925 мм), позволяют поместить его в любом месте жилого помещения. Регулирующие устройства поддерживают оптимальную температуру при минимальных затратах энергии. Система позволяет автоматически настраивать работу для определённых сезонов и часов суток [7,8].

Одной из особенностей сельскохозяйственного производства является неравномерность потребления энергии. Для кратковременного повышения нагрузок используют тепловое, пневматическое, гидравлическое и другие виды

аккумулирования. Применение подземных водоносных горизонтов для аккумулирования, а также сочетание аккумулирования теплоты в водоносных горизонтах с тепловыми насосами является наиболее перспективным.

Подземные воды можно извлекать практически в любом месте, при этом их качество мало изменяется в течение года. Они имеют постоянную температуру и содержание веществ. Тепловая энергия может аккумулироваться не только в воде, но и в породе независимо от условий на поверхности. Водоносные горизонты не изнашиваются в процессе эксплуатации.

Система аккумулирования осуществляется при помощи одиночной или нескольких скважин. Аккумулирующий объём водоносного горизонта ограничен сверху и снизу водонепроницаемыми породами, являющимися хорошими теплоизоляторами.

Теплоаккумулирующая способность водоносного горизонта зависит от его материала и изменения температуры. В системе прямого естественного охлаждения холодную воду с перепадом не более 10°C закачивают водоносный горизонт зимой, а извлекают для систем кондиционирования летом. При этом эксплуатационные затраты по сравнению с традиционным кондиционированием сокращаются в три-четыре раза.

Таким образом, применение низкопотенциальной энергии земли для теплоснабжения зданий представляет собой одно из наиболее эффективных и направлений в мире и имеется возможность создания полностью автономных систем теплоснабжения. Применение теплового насоса позволяет не только экономить энергоресурсы, но и снизить вредное воздействие на экологию и окружающую среду.

Список литературы

1. Фиापшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х. Разработка альтернативных источников энергосбережения фермерских хозяйств // Журнал «Владимирский земледелец» №2, 2012.- с. 35-36.
2. Юров А.И., Фиापшев А.Г., Кильчукова О.Х. Ресурсосбережение и экология - стимул экономического роста и основа безопасности жизнедеятельности региона. // Научно-практический журнал «Вестник АПК Ставрополья». – Ставрополь, 2014г. №3(15). стр. 81-86.

3. Хамоков М.М., Шекихачев Ю.А., Алоев В.З., Курасов В.С., Фиापшев А.Г., Кишев М.А. Теоретическое обоснование конструктивных и режимных параметров установки для переработки птичьего помета / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №75. – С. 397–406.

4. Хамоков М.М., Шекихачев Ю.А., Алоев В.З., Курасов В.С., Фиапшев А.Г., Кишев М.А. Оптимизация режимов работы установки для переработки птичьего помета / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 75. – С. 275–284.

5. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Юров А.И. Альтернативная энергетика на Северном Кавказе. // М.: ГНУ ВИЭСХ. Вестник ВИЭСХ. 2014. №4 (17). С. 16-19.

6. Темукуев Т.Б., Фиапшев, А.Г. Экономические и технические механизмы стимулирования энергосбережения. // Нальчик. Полиграфсервис и Т. 2009. С. 84.

7. Кильчукова О. Х. Энергетическая оценка биогазовой установки БГУ-М // Известия «Нижевожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование». – 2015. – № 3(39). – С.193–198.

8. Патент на изобретение RU2520775C1. Теплообменная панель и способ ее сборки. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Патент на изобретение RU2520775C1, 27.06.2014. Заявка №2013103957/06 от 29.01.2013.

УДК 620
ГРНТИ 44.29

НАДЁЖНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Байсултанов Р.С., Мальбахов М.Р., магистранты 2 курса,
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия**

Отмечается необходимость существенного повышения качества и надёжности сельскохозяйственной техники как одного из важных направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Надёжность технической системы - это комплексное свойство, которое включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость (рис.). О надёжности технической системы судят по наличию у нее этих свойств [1].

По ряду причин, в том числе и по причине высокой надёжности многих машин сельскохозяйственного назначения, государство расходует огромные средства на проведение ремонтов и поддержания сельскохозяйственной техники в исправном состоянии – более 4 млрд. рублей в год. Значительная часть этих средств расходуется на устранение отказов, возникающих вследствие износа деталей и пар трения. В связи с этим актуальными являются исследования различных видов разрушений и повреждений деталей машин, и прежде всего вследствие нарушения их трением, и разработка на этой основе мероприятий по повышению качества и надёжности машин [2].

Успехи ремонтного производства в сельском хозяйстве прямо связаны с созданием и освоением новых технологических процессов и материалов. Автор книги разработал принципиально новый способ низкотемпературного термомеханического упрочнения металлопокрытий при восстановлении деталей машин механизированной наплавкой в среде защитных газов, внедряет в ремонтное производство прогрессивные способы восстановления деталей.

Надёжность машин – многогранная проблема, отражающая все стороны «жизни» машин, постоянно находится в стадии своего становления по мере совершенствования знаний человека, его возможностей управления надёжностью технических объектов.

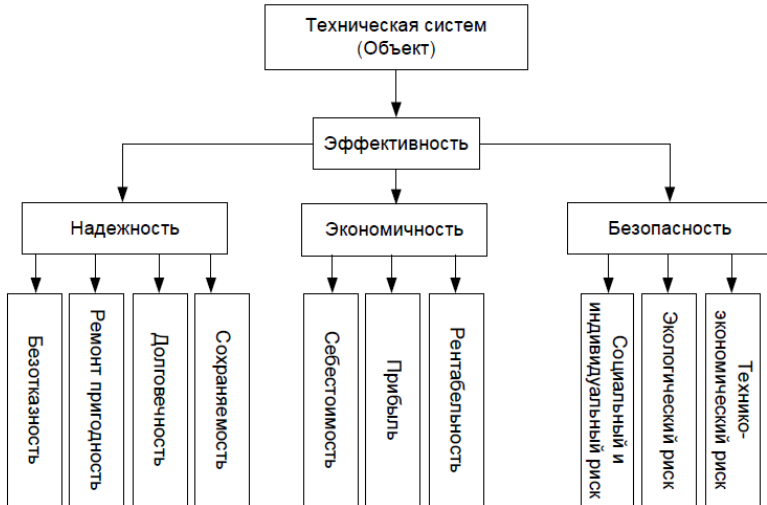


Рис. Свойства надежности технической системы

Самым совершенным продуктом природы, как известно, является сознание человека. Несмотря на совершенство человека, он ещё не может создать себе условия и прожить свою жизнь без болезней. Поэтому всё, что является творением рук человека в виде орудий труда и предметов быта, неизменно так же «болеет». Очевидно поэтому, ученые и инженеры наряду с другими решали задачу проведения ремонтов в космосе и спасательных работ [3].

Надёжность самых различных машин, в том числе и сельскохозяйственного назначения, создаётся на стадии исследования и проектирования, осуществляется на стадии производства и потребления (с обеспечением установленного уровня) на стадии использования (эксплуатации) путём проведения технического обслуживания и ремонта.

При создании высоконадежной техники, до сих пор в основном осуществлялся системный подход на отдельных из перечисленных трёх стадий. Тогда как необходимо, комплексный системный подход к проектированию, производству и использованию машин, что особенно важно для развертывания научно-технического прогресса, эффективности и качества [4].

Конкретное проявление надежности технической системы зависит от ее назначения и условий применения или от ее состояния: хранение, подготовка к применению, готовность к применению, функционирование (применение по назначению). Для систем, работающих непрерывно, таких, как, например, энергоблок электростанции, обзорный локатор аэродрома, магистральный трубопровод и т.п., наиболее важны первые три свойства, а для систем с циклическим режимом функционирования, например, с/х техника, существенным является и сохраняемость [5].

Важнейшей характеристикой надежности функционирования технических систем служит временной фактор, и прежде всего время безотказного функционирования систем T_0 . В силу того, что эта величина случайна, ее исчерпывающей характеристикой является закон распределения $F(t)$. Вид этого закона зависит от условий функционирования системы и периода эксплуатации. О свойствах закона распределения достаточно полно можно судить, проанализировав характер изменения такого показателя надежности, как интенсивность отказов $\lambda(t)$.

Всё это будет способствовать решению важной народнохозяйственной проблемы повышения надёжности сельскохозяйственной техники при её изготовлении и ремонте.

Список литературы

1. Хажметова А.Л., Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М., Фиапшев А.Г., Курасов В.С./ Теоретическое обоснование конструктивно-режимных параметров агрегата для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 151. С. 232-243.

2. Патент на изобретение RU2520775C1. Теплообменная панель и способ ее сборки. Копецкий С.Ю., Юров А.И., Жеруков Б.Х., Шахмурзов М.М., Кожоков М.К., Апажев А.К., Фиापшев А.Г. Патент на изобретение RU2520775C1, 27.06.2014. Заявка №2013103957/06 от 29.01.2013.

3. Апажев А.К., Шехикачев Ю.А., Фиапшев А.Г. Разработка и исследование биореактора для получения биоудобрения и биогаза / Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 2 (40). С. 60-63.

4. Хажметова А.Л., Апажев А.К., Шехикачев Ю.А., Хажметов Л.М., Фиапшев А.Г. Оптимизация параметров и режимов работы фрезерного рабочего органа агрегата для обработки междурядий и приствольных полос плодовых насаждений / АгроЭкоИнфо. 2019. № 3 (37). С. 37.

5. Фиапшев А.Г., Кильчукова О.Х., Хамоков М.М. Биогазовая установка для малых предприятий. Научно-производственный журнал «Сельский механизатор». №2, 2017 г., стр. 18-19.

УДК 697.33

ГРНТИ 67.53.21

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА НАДЕЖНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

**Артюшевская Е.Ю., ст. преподаватель кафедры энергетики,
ФГБОУ ВО Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия**

Проведен анализ результатов комплексных обследований теплоснабжающих предприятий. Наружная коррозия тепловых сетей является одним из основных факторов, определяющих надежность эксплуатации систем теплоснабжения.

Тепловые сети являются важным элементом составляющей системы теплоснабжения, который связывает источник энергии и потребителя. От качества транспортировки тепловой энергии зависит надежность передачи тепла, количество его потерь и как

следствие, экономическая рентабельность теплоснабжающей организации. Основные элементы тепловых сетей: трубопровод, состоящий из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки; изоляционная конструкция, которая выполняет функцию защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь; несущая конструкция, удерживающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

К трубопроводам для надежной эксплуатации предъявляется ряд требований: высокая прочность и герметичность при максимальных значениях давления и температуры теплоносителя; низкий коэффициент температурных деформаций; малая шероховатость внутренней поверхности; антикоррозионная стойкость; высокое термическое сопротивление для сохранения теплоты и температуры теплоносителя; устойчивость материала при длительном воздействии высоких температур и давлений; простота монтажа, надежность соединения труб и другие.

Анализ результатов комплексных обследований теплоснабжающих предприятий России показывает, что тепловые сети на сегодняшний день являются самым ненадежным элементом системы теплоснабжения городов. Значительной проблемой при эксплуатации трубопроводов тепловых сетей является коррозия. Уровень коррозии определяет надежность эксплуатации систем теплоснабжения. Причем трубопроводы подвергаются воздействию как наружной, так и внутренней коррозии.

Одна из основных причин повреждений тепловых сетей - локальная наружная коррозия атмосферного типа, выражающаяся в виде свищей и разрывов металла трубопроводов. Данные повреждения вызваны продолжительным сроком эксплуатации, и также состоянием стыков плит перекрытий каналов.

Атмосферная коррозия представляет собой коррозионное разрушение конструкций, оборудования, сооружений, эксплуатируемых в приземной части атмосферы. Скорость разрушений под воздействием атмосферной коррозии зависит от нескольких факторов: природы металла, окружающей атмосферы, влажности воздуха. При возрастании влажности до 55-65 %, скорость коррозии увеличивается. Основная причина

повреждения при атмосферной коррозии - наличие конденсата, возникающего на холодных перекрытиях, расположенных у поверхности. Также на процесс коррозии оказывает влияние и соль, попадающая на трубопроводы вместе с водой.

Еще один вид коррозии, почвенная коррозия металла трубопровода под слоем изоляции. Капли влаги с перекрытий попадают на поверхность изолированного трубопровода и возникают участки сети с разной влажностью по длине трубопровода. Влага в почве присутствует почти везде, где-то ее больше, а где-то меньше. Именно влажность грунта очень сильно влияет на скорость почвенной коррозии, превращая почву в электролит. Ежегодные потери металла вследствие протекания почвенной коррозии достигают 4%.

Трубопроводы тепловых сетей при эксплуатации испытывают влияние также электрической коррозии, возникающей при воздействии на них электрического тока, движущегося в грунте. Коррозия блуждающими токами, вызываемая блуждающими токами, исходящими от трамваев, метро, электрических железных дорог и различных электроустановок, работающих на постоянном токе. Они разрушают подземные металлические сооружения, трубопроводы.

В настоящее время протяженность тепловых сетей России составляет около 180 тыс. км (в двухтрубном исчислении). В системах теплоснабжения применяются трубопроводы диаметрами от 57 до 1400 мм. В связи с высоким износом всей системы теплоснабжения России значительно выросли потери в теплосетях: они составляют около 20%, в то время как нормируемый уровень потерь 5%. Как следствие – высокий рост повреждаемости тепловых сетей.

По данным статистических исследований, основная часть повреждений (до 70%) трубопроводов России связано с коррозией. Первые повреждения в 10% случаев проявляются впервые 10 лет эксплуатации, в то время как расчетный срок установлен до 30 лет. Известны случаи повреждений на ранних этапах работы, в первые два-три года эксплуатации.

Анализ повреждаемости трубопроводов городов по материальной характеристике (рис. 1) показал, что преобладают коррозионные разрушения.

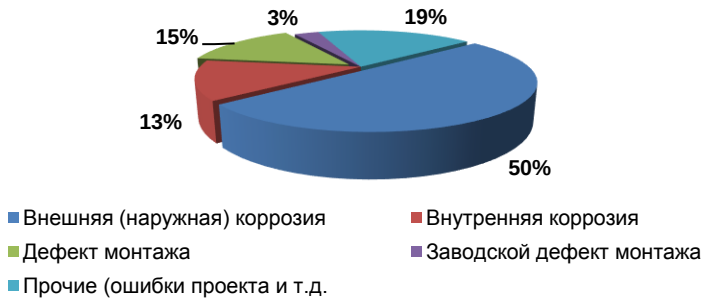


Рис. Распределение дефектов по причинам

В совокупности внешняя и внутренняя коррозия составляет 63% от возможных причин повреждения трубопроводов. Коррозия является основным фактором низкой надежности функционирования тепловых сетей. Проведенный анализ причин повреждений тепловых сетей показал, что системам теплоснабжения России присущи следующие проблемы: продолжительная работа трубопроводов тепловых сетей, сверх нормативного, изоляция невысокого качества, низкого качества монтажные работы. Основной причиной нарушения работы тепловых сетей является локальная наружная коррозия атмосферного типа, которая проявляется в виде свищей и разрывов металла. Локальная наружная коррозия определяется влиянием влаги и блуждающих токов при неудовлетворительном состоянии конструкций, низкого качества прокладки сетей и антикоррозионных покрытий.

Список литературы

1. Пантелей Н.В. Оценка состояния и анализ повреждаемости трубопроводов тепловых сетей / Н.В. Пантелей // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2018. №2. С. 179-188.
2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 472 с.

3. Рапопорт, Я. Тепловые сети: ждать нельзя модернизировать / Я. Рапопорт, А. Шмелев, М. Барановский // Полимерные трубы. 2011. № 2. С. 16.

4. Пащенко, Е. И. Анализ причин снижения ресурса тепловых сетей / Е. И. Пащенко // Новости теплоснабжения. 2002. № 12. С. 33-35.

5. Притула, В. В. Коррозионная ситуация на трассах городских трубопроводов / В. В. Притула // Новости теплоснабжения. 2014. № 6. С. 40-45.

УДК 637.1.026

ГРНТИ 65.63

ЭКОНОМИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ КОНДЕНСАТА НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА ПРИ СУШКЕ ПРОДУКТОВ

Раицкий Г.Е., канд.техн.нук, доцент;

Леонович И.С., ст. преподаватель

**УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь**

Экономия теплоэнергетических ресурсов может быть эффективной при полном использовании теплосодержания отработанного теплоносителя, в частности конденсата водяного пара.

Сушильные распылительные установки большой производительности в большинстве случаев в качестве теплоагента используют насыщенный водяной пар. Недостатком в данном случае следует считать капитальные затраты на строительство, монтаж и содержание специальных котельных.

Поэтому узкоспециализированные предприятия, с сушильными установками малой и средней производительности, нагрев воздуха-теплоносителя осуществляют теплогенераторами, в которых воздух нагревается теплопередачей через стенки топki, в которой сжигается топливо, чаще всего природный газ или нефтепродукты. При значительном сокращении капитальных

затрат на организацию процессов сушки, здесь имеются очевидные потери. Для нагревания больших объемов воздуха (10-46 тыс. м³/ч), с учетом низкого коэффициента теплопроводности нержавеющей стали, которая ухудшает этот показатель при контакте с открытым пламенем факела горения, удельный расход топлива (кг/м³), резко возрастает в сравнении с использованием дымогарных трубок паровых котлов, которые изготавливают из специальных жаропрочных сталей. Кроме того, поверхности камеры сгорания теплогенераторов достаточно быстро прогорают и их необходимо менять. Следует иметь в виду, что водяной пар незаменим при обеспечении работы оборудования, предваряющего сушку – теплообменников-пастеризаторов, вакуум-выпарных установок и других.

Таким образом исследования и предложения по использованию водяного пара и его конденсата актуальны и имеют практическую значимость.

Воздухонагреватели, при использовании в качестве теплоагента водяного пара, представляют собой калориферные батареи, работающие с использованием пара с давлением 10-16 МПа. На выходе из батареи пар должен быть сконденсирован. Теплосодержание пара и конденсата в зоне фазного превращения одинаково, равно как коэффициент теплоотдачи, достигающий 40000 кДж/(м²·ч·К). Для сравнения: коэффициент теплоотдачи топочных газов 60...120 кДж/(м²·ч·К).

Использование потенциала конденсата на предприятиях осуществляется путем захлаживания его в специальных конденсатных калориферах, монтируемых первыми на пути свежего воздуха. При этом важно чтобы из каждого калорифера батареи удалялся именно конденсат, но не пар. Обеспечивается контроль с использованием конденсатоотводчиков различных конструкций. Конструкция конденсатоотводчика реагирует на состояние теплоагента. Пропускает жидкость и препятствует выходу пара, не реагируя на степень захлаживания конденсата. Таким образом не в полной мере используется его теплота. Главным недостатком конденсатоотводчиков является невозможность контроля их работоспособности, которая из-за наличия *окалины*, солей и механического износа теряется

достаточно быстро и неконтролируема при наличии значительного их количества в батарее калориферов.

Нами разработана система рационального отвода конденсата из батарей калориферов-воздухоподогревателей. Получен патент на изобретение «Устройство для отвода конденсата из калориферов воздухоподогревателя распылительной сушилки».

Прототипом заявляемого устройства выбрана система конденсационного горшка, как наиболее близкая по технической сущности контроля состояния конденсата, удаляемого из теплообменника, например, из калорифера воздухоподогревателя. Система содержит центральный процессор, обрабатывающий показатели датчиков давления, температуры и движения конденсата. Он установлен для определения полного потока пара и полного потока конденсата с целью контроля работы конденсационного горшка, определения положения отказа горшка. При отказе в закрытом положении теплообменное устройство заполняется конденсатом и перестает выполнять функциональное назначение, а при отказе в открытом положении через теплообменник и конденсационный горшок транзитом выходит пар, что резко снижает энергоэффективность нагревания.

Недостатком системы следует считать то, что при значительном усложнении устройства решается только задача контроля работоспособности конденсационного горшка. При этом, введение в систему дополнительных измерительно-преобразующих устройств саму работоспособность только снижает. Кроме того, наличие датчиков температуры не использовано для решения такой важной задачи как использование теплосодержания конденсата. Таким образом, система работает как конструктивно усложненный конденсационный горшок с традиционными функциями – выпуск конденсата и передержка пара до его конденсации. Вместе с тем использование центрального процессора решает очень важную задачу при групповом использовании конденсатоотводчиков: определение неисправных.

Цель изобретения – повышение эффективности использования пара в качестве нагревающего агента в воздухонагревателях распылительных сушилок, путем

использования устройств контроля теплосодержания конденсата и регулируемого выпуска его из калориферов воздухоподогревателя по мере расчетного нагрева воздуха и, соответственно, достигнутого захлаживания конденсата, при одновременном повышении работоспособности системы отвода конденсата за счет отказа от использования локальных устройств в виде конденсационных горшков.

Поставленная цель достигается за счет того, что система отвода конденсата из калориферов воздухоподогревателя распылительной сушилки включает в себя центральный процессор, обрабатывающий информацию датчиков температуры воздуха, установленных на входе и выходе каждого парового калорифера воздухоподогревателя и подающий команду исполнительному механизму регулятора на открытие или закрытие выхода из соответствующего калорифера конденсата пара с учетом использования его теплосодержания для нагрева воздуха. Для введения контролируемых значений температуры после каждого калорифера, общий температурный напор, равный разности температур на выходе из воздухоподогревателя и на входе в него, процессор делит на количество ступеней регулирования, равный в общем случае числу калориферов. Конкретный алгоритм изменения перепада температур воздуха между входом и выходом каждого калорифера, с учетом различной теплоемкости и влагосодержания воздуха, поступающего в воздухоподогреватель, и изменения их последовательно по мере нагревания, следует разработать в процессе наладки системы в производственных условиях, с учетом расчетного захлаживания конденсата в каждом калорифере. При этом следует весь конденсат отводить на батареи калориферов предварительного подогрева свежего воздуха, поступающего в воздухоподогреватель из окружающей среды и первый датчик температуры устанавливать перед первым паровым калорифером. Таким образом каждый паровой калорифер оснащается двумя датчиками температуры, один из которых указывает температуру воздуха на входе в межтрубное ламинарное пространство калорифера, а второй – температуру конденсата на выходе из калорифера. Последний по ходу воздуха калорифер имеет дополнительный датчик температуры воздуха –

на выходе и показывает конечную температуру на выходе из воздухоподогревателя.

Наличие всех промежуточных датчиков температуры воздуха необходимо для оперативного контроля и наладки системы. Номинальная работа осуществляется путем контроля общего температурного напора воздухоподогревателя и регулированием температуры конденсата, выпускаемого из каждого калорифера. Кроме датчиков температуры каждый калорифер вместо конденсационного горшка оснащается пневмомеханическим клапанно-седельным регулятором в качестве исполнительного механизма, обеспечивающего выпуск конденсата по мере его, контролируемого процессором, захлаживания.

Работа системы осуществляется следующим образом (рис.).

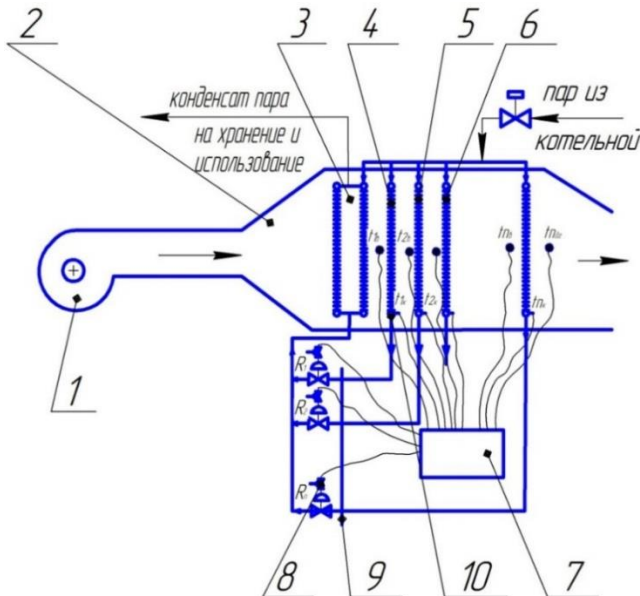


Рис. Система отвода конденсата из калориферов воздухоподогревателей

1 – вентилятор; 2 – воздухоподогреватель; 3 – конденсатная батарея калориферов; 4,5,6 – паровые калориферы; 7 – процессор; 8 – соленоидный вентиль; 9 – гребенка; 10 – конденсатные коллекторы

Воздух вентилятором 1 подается в воздухоподогреватель 2. После предварительного подогрева на конденсатной батарее калориферов 3 он поступает к первому паровому калориферу 4. Здесь температура воздуха замеряется терморезистором $t_{1в}$. Далее – последовательно $t_{2в}...$ $t_{пв}$ и $t_{пдг}$. Здесь $t_{пдг}$ – датчик температуры воздуха выходящего из подогревателя в сушильную башню. На выходе из каждого парового калорифера (4,5,6...n) замеряется температура конденсата, соответственно $t_{1к}$, $t_{2к}...$ $t_{пк}$. Все данные температур воздуха и конденсата поступают в процессор 7.

После обработки данных процессор выдает команду на соленоидные вентили 8 регуляторов R_1 , $R_2...R_n$ смонтированных на специальной гребенке 9 и соединенных трубопроводами с конденсатными коллекторами 10 паровых калориферов. Соленоидный клапан 8 при открытии-закрытии пневмомагистрали управляет работой регуляторов и соответственно выпуском конденсата в батарею 3 конденсатных калориферов при достижении им расчетной степени захлаживания, обеспечивающей расчетную последовательность нагрева воздуха между отдельными калориферами и достижения технологически заданной температуры его на выходе из воздухоподогревателя.

Список литературы

1. Леонович, И.С. Система отвода конденсата из калориферов воздухоподогревателей/ И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий // Современные технологии сельскохозяйственного производства: м-лы XVII международной научно-практической конференции/ УО «ГТАУ». Гродно, 2014. С. 95-97.

2. Леонович, И.С. Использование теплосодержания конденсата воздухоподогревателей распылительных сушилок / И. С. Леонович, Г. Е. Раицкий // Техническое кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы межд. научно-практ. конф. – Минск : БГАТУ, 2014. – С. 112-115.

3. Леонович, И.С. Повышение энергоэффективности работы воздухоподогревателей распылительных сушилок / И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО «ГТАУ». - Гродно, 2014. - Т. 26 : Зоотехния. – С. 158-163.

4. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств/ Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. – М.: КолосС, 2006. – 760 с.

5. Устройство для отвода конденсата из калориферов воздухоподогревателя распылительной сушилки. Патент РБ на изобретение № 20645., F 16T 1/00/ И.С. Леонович, Г.Е. Раицкий, О.В. Дымар; заявитель и патентообладатель УО Гродненский государственный аграрный университет. заявл. 09.07.2013; опубл. 30.12.2016.

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК

*Материалы
всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
(Благовещенск, 19 февраля 2020 г.)*

Статьи публикуются в авторской редакции

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.

Подписано к печати 25.03.2020 г.

Формат 60×90/16. Уч.-изд.л. – 6,7. Усл.-п.л. – 11,2.

Тираж 50 экз. Заказ 29.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства
Дальневосточного государственного аграрного университета
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86